

从织锦巴非蛤提取总类胡萝卜素的两种前处理方法效果比较

赵虹博, 邓素贞, 张 静, 蔡明夷, 刘贤德

(集美大学水产学院, 农业农村部东海海水健康养殖重点实验室, 福建 厦门 361021)

摘要: 以织锦巴非蛤(*Paphia textile*)为研究对象, 分别用湿法与干法(冷冻干燥法)两种前处理方法提取织锦巴非蛤斧足、外套膜、闭壳肌及鳃4种组织的总类胡萝卜素, 并比较两种前处理方法的提取效果。结果表明: 用两种前处理方法提取各组织中总类胡萝卜素的变异系数均较小, 干法的变异系数普遍小于湿法($P < 0.05$)。湿法处理后提取总类胡萝卜素含量从高到低依次为: 斧足、鳃、外套膜、闭壳肌, 干法处理后提取总类胡萝卜素的排序结果与湿法处理后提取的结果一致, 但干法的得率要显著高于湿法($P < 0.05$), 建议以后在对贝类中总类胡萝卜素进行提取时, 宜选用冷冻干燥法作为前处理方法。

关键词: 织锦巴非蛤(*Paphia textile*); 总类胡萝卜素; 冷冻干燥法; 湿法

中图分类号: S917.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2019)11-0062-06

DOI: 10.11759/hyxx/20190430001

织锦巴非蛤(*Paphia textile*), 俗称“油蛤”, 属于软体动物门(Mollusca)、瓣鳃纲(Lamellibranchia)、帘蛤目(Veneroida)、帘蛤科(Veneridae)、巴非蛤属(*Paphia*), 是一种典型的广盐性滩涂贝类, 生活于沿海潮间带^[1]。织锦巴非蛤壳纹精美光滑, 加上肉嫩多汁, 色泽鲜艳, 深受消费者的欢迎, 在中国东南沿海、马来西亚和台湾等地都有养殖^[2]。斧足是织锦巴非蛤主要食用部位, 本课题组在前期的研究中发现织锦巴非蛤斧足的颜色从白到黄, 深浅不一^[3]。颜色的差异会直接影响顾客的购买欲望, 与白色相比, 橘黄色的斧足色泽鲜艳, 具有更大的市场需求。

在虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)^[4]、华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*)^[5]、波纹巴非蛤(*Paphia undulata*)^[6]、织锦巴非蛤^[3]、三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)^[7]、马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)^[8]等研究中均显示测定的组织颜色深浅与其总类胡萝卜素含量有关, 一般来讲, 颜色越深, 其总类胡萝卜素含量也就越高。以上研究中波纹巴非蛤、织锦巴非蛤、三角帆蚌、马氏珠母贝均使用湿法来研究组织中的总类胡萝卜素分布规律, 华贵栉孔扇贝和虾夷扇贝则采用冷冻干燥法来进行总类胡萝卜素测定, 那么不同的前处理方法所测的总类胡萝卜素是否一致? 众所周知, 类胡萝卜素的提取率不仅与提取溶剂有关, 而且受到萃取时间、温度、光照、料液比、抽提次数和提取方法等很多因素的影响^[9-12]。

湿法是直接取组织研磨, 制成组织匀浆液, 不

需要将动物组织进行脱水即可快速地提取出总类胡萝卜素, 该前处理方法的优点是方便、快捷, 缺点就是提取效率偏低。冷冻干燥法, 又称升华干燥, 它主要是利用低温、真空方式将原料中的水分先凝固成冰, 再升华为蒸汽后去除, 从而使组织干燥, 方便研磨, 该种前处理方法的优点是干燥后的组织脱水彻底, 且保持原来的特性, 可保存较长时间^[13, 14], 冷冻干燥法也不影响物料中色素的物理性质, 用该前处理方法提取类胡萝卜素无疑是一个很好的途径^[15], 缺点是该方法处理过程略显繁琐。

目前, 在国内外有关湿法和冷冻干燥法在提取贝类总类胡萝卜素方面的比较分析尚未见报道, 基于此, 本研究使用两种前处理提取方法(湿法和冷冻干燥法)对织锦巴非蛤4种组织进行总类胡萝卜素提取, 并比较两种前处理方法的提取结果, 为以后研究贝类中总类胡萝卜素的分布规律提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

织锦巴非蛤于2019年3月购于厦门市水产品市场, 平均壳长(51.18±0.23)mm、平均壳宽(29.40±

收稿日期: 2019-04-30; 修回日期: 2019-06-30

基金项目: 国家重点研发计划专项(2018YFD0901400)

[Foundation: National Key R&D Program of China, No. 2018YFD0901400]

作者简介: 赵虹博(1996-), 男, 土家族, 贵州思南人, 硕士研究生, 主要从事水产动物遗传育种研究, E-mail: 915689397@qq.com; 刘贤德, 通信作者, 教授, E-mail: xdliu@jmu.edu.cn

0.15)mm、平均壳高(18.13±0.11)mm。

1.2 方法

1.2.1 取样

选取 50 个新鲜的织锦巴非蛤进行解剖, 使用手术刀切断织锦巴非蛤的前、后闭壳肌, 分别取下斧足、外套膜、闭壳肌及鳃 4 种组织, 每种组织均分装 2 份于 EP 管中, 10 个织锦巴非蛤混合为一个样品, 重复 5 次(此时织锦巴非蛤性腺发育不明显, 不易取出, 无法分装成 2 份, 故没有采用两种前处理方法提取性腺组织中的总类胡萝卜素)。

1.2.2 提取总类胡萝卜素的两种前处理方法

1.2.2.1 湿法

参照邓素贞等^[16]的方法进行提取。

1.2.2.2 冷冻干燥法

提取方法参考郑怀平^[5]的方法并略做改动, 具体步骤如下:

将织锦巴非蛤 4 种组织(斧足, 外套膜, 鳃, 闭壳肌)分别用锡箔纸包裹, 扎一些小孔, 放入真空冷冻干燥机中冷冻干燥 48 h;

将干燥后的组织用研钵研磨成细粉, 准确称量 0.1 g 移入 10 mL 试管, 加无水乙醇 8 mL, 用锡箔纸避光密封, 于室温(25℃)黑暗环境下 200 rpm/min 震荡萃取 2 h;

用低温离心(4 500 rpm/min)10 min, 取上清液;

用紫外分光光度计测定在 480 nm 处的吸光度,

代入公式计算出总类胡萝卜素含量。总类胡萝卜素含量($\mu\text{g/g}$)= $A_{480} \times K \times V / E_{1\text{cm}}^{1\%} \times G$, 其中: A_{480} 为 480 nm 处吸光度值, K 为常数(10^4), V 为提取液体积(mL), $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ 为 1 cm 光程的比色杯中 1 g/L 质量浓度溶质的理论吸收值(2500), G 为样品质量(g)。

1.2.3 数据处理

使用 Excel 2016 和 SPSS 22.0 软件进行作图及数据统计分析, 数据结果以平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示, $P < 0.05$ 表示有显著性差异, $P > 0.05$ 表示无显著性差异。

2 结果与分析

2.1 两种前处理方法测定总类胡萝卜素的技术重复结果比较

为比较湿法和冷冻干燥法提取总类胡萝卜素的技术重复结果, 作者对同一个样品进行了 3~4 次的重复测量, 所得到的每个样品技术重复的变异系数如表 1、表 2 所示, 其中冷冻干燥法提取鳃中总类胡萝卜素时, 只做了 1 次测量, 部分闭壳肌样品也只做 1~2 次测量, 因此无法计算技术重复的变异系数。分析结果显示, 通过冷冻干燥法提取织锦巴非蛤斧足中总类胡萝卜素的变异系数最小, 为 7.5%。总体而言, 除鳃的变异系数无法比较外, 其他 3 种组织经冷冻干燥法处理的变异系数均小于湿法处理过的变异系数。

表 1 湿法技术重复的变异系数

Tab. 1 Variation coefficient of technical replicates measured by the wet method

样品	测量次数	斧足 TCC ($\mu\text{g/g}$)	斧足 CV	鳃 TCC ($\mu\text{g/g}$)	鳃 CV	外套膜 TCC ($\mu\text{g/g}$)	外套膜 CV	闭壳肌 TCC ($\mu\text{g/g}$)	闭壳肌 CV
1	1	6.041	0.141	3.164	0.038	2.093	0.115	0.318	0.418
	2	5.558		3.323		1.800		0.160	
	3	4.269		3.441		2.233		0.402	
	4	5.512		3.203		1.769			
2	1	6.568	0.111	3.508	0.134	2.308	0.083	0.398	0.124
	2	6.468		2.627		2.083		0.395	
	3	7.580		3.564		2.451		0.317	
	4	5.800		3.161		2.070			
3	1	8.544	0.012	3.179	0.093	1.983	0.208	0.318	0.175
	2	8.385		2.735		1.378		0.238	
	3	8.359		2.680		1.998		0.238	
	4			2.595		2.341			
4	1	6.699	0.097	3.248	0.169	1.862	0.021	0.480	0.270
	2	6.557		2.209		1.946		0.320	

续表

样品	测量次数	斧足 TCC (μg/g)	斧足 CV	鳃 TCC (μg/g)	鳃 CV	外套膜 TCC (μg/g)	外套膜 CV	闭壳肌 TCC (μg/g)	闭壳肌 CV
4	3	8.085	0.097	2.478	0.169	1.949	0.021	0.561	0.270
	4	7.082		2.544		1.931			
5	1	8.614	0.155	2.408	0.176	2.040	0.153	0.394	0.377
	2	6.425		2.093		2.529		0.474	
	3	6.171		3.137		2.553		0.156	
	4	7.308		2.424		1.876		0.701	
平均 CV		0.103		0.122		0.116		0.273	

注: TCC. 总类胡萝卜素含量, CV. 变异系数(表 2 同)

表 2 冷冻干燥法技术重复的变异系数

Tab. 2 Variation coefficient of technical replicates measured by the freeze-drying method

样品	测量次数	斧足 TCC (μg/g)	斧足 CV	鳃 TCC (μg/g)	鳃 CV	外套膜 TCC (μg/g)	外套膜 CV	闭壳肌 TCC (μg/g)	闭壳肌 CV
1	1	39.883	0.032	23.762	-	13.074	0.049	1.111	0.258
	2	41.435		12.100		1.387			
	3	38.889		13.254		0.817			
2	1	41.659	0.034	26.132	-	15.454	0.175	0.920	-
	2	44.339		12.636					
	3	41.516		18.010					
	4	43.750							
3	1	39.180	0.041	25.720	-	13.647	0.072	1.078	0.193
	2	36.660		12.478		0.768			
	3	38.479		11.858		1.114			
	4	35.830							
4	1	41.305	0.049	26.282	-	15.797	0.033	1.556	0.102
	2	38.394		16.095		1.240			
	3	41.481		16.716		1.555			
	4	43.311		15.479					
5	1	35.761	0.216	23.663	-	14.965	0.166	0.771	0.465
	2	37.151		11.248		1.527			
	3	51.988		10.497					
	4	13.755							
平均 CV		0.075		-		0.099		0.254	

注: “-”. 无法计算

2.2 两种前处理方法提取织锦巴非蛤不同组织中总类胡萝卜素的结果

运用湿法和冷冻干燥法两种前处理方法分别对织锦巴非蛤的斧足、鳃、外套膜及闭壳肌 4 种组织中的总类胡萝卜素进行测定, 结果如表 3 所示。用冷冻干燥法提取的各组织总类胡萝卜素含量从高到低依次是斧足、鳃、外套膜、闭壳肌, 各组织之间总类胡萝卜素

含量均存在显著性差异($P < 0.05$), 其中斧足中含量最高, 为 $(40.64 \pm 1.69) \mu\text{g/g}$, 闭壳肌中含量最少, 为 $(1.12 \pm 0.15) \mu\text{g/g}$ 。用湿法提取各组织中总类胡萝卜素含量的排序结果与冷冻干燥法处理后的结果一致, 各组织之间总类胡萝卜素也存在明显的差异($P < 0.05$)。两种前处理方法提取相同组织中总类胡萝卜素含量的差异为极显著($P < 0.01$), 冷冻干燥法处理后总类胡萝卜素的得率均远高于湿法处理的各个组织($P < 0.05$)(图 1)。

表 3 不同组织中总类胡萝卜素的提取结果($\mu\text{g/g}$)

Tab. 3 Extraction results of total carotenoid content in different tissues ($\mu\text{g/g}$)

处理方法	组织			
	斧足	鳃	外套膜	闭壳肌
湿法	6.92 ± 0.34^a	2.89 ± 0.17^b	2.06 ± 0.12^c	0.36 ± 0.06^d
冷冻干燥法	40.64 ± 1.69^a	25.11 ± 0.58^b	13.89 ± 0.75^c	1.12 ± 0.15^d

注: 标有不同小写字母者表示横向组间差异显著($P < 0.05$)

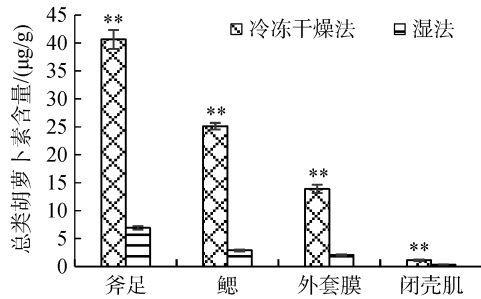


图 1 两种前处理方法提取各组织中总类胡萝卜素含量的比较结果($\mu\text{g/g}$)

Fig. 1 Comparison results of total carotenoid content extracted from different tissues using the two pretreatment methods ($\mu\text{g/g}$)

**表示同一组织经过两种前处理方法提取的总类胡萝卜素含量差异极显著($P < 0.01$)

** indicated that the total carotenoid content showed an extremely significant difference in the same tissue extracted using the two pretreatment methods ($P < 0.01$ was considered as extremely significant)

3 讨论

类胡萝卜素作为贝类体内一种重要的色素, 是水产动物呈色的主要物质^[17]。本研究湿法提取结果与邓素贞等^[16]研究结果一致, 4 种组织中总类胡萝卜素含量从高到低依次为: 斧足、鳃、外套膜、闭壳肌, 但测出的总类胡萝卜素平均含量有所不同, 推测与织锦巴非蛤的大小有关。本实验样品壳长、壳宽、壳高偏小, 一般来说, 规格较大的个体富集类胡萝卜素的能力较强^[18, 19]。本实验结果表明, 使用冷冻干燥法提取织锦巴非蛤各组织总类胡萝卜素时, 斧足中的含量最高(40.64 ± 1.69) $\mu\text{g/g}$, 而闭壳肌内的含量最少(1.12 ± 0.15) $\mu\text{g/g}$, 这一结果与华贵栉孔扇贝的研究结果存在一定差异, 该研究使用冷冻干燥法从华贵栉孔扇贝 4 种组织中(性腺、闭壳肌、外套膜和鳃)提取总类胡萝卜素, 其提取含量从高到低依次为: 性腺、外套膜、闭壳肌和鳃。性腺内含量最高(59.85 ± 1.32) $\mu\text{g/g}$, 鳃中的含量最少(1.96 ± 0.27) $\mu\text{g/g}$ 。这说明总类胡萝卜素在生物组织中的分布存在物种特异性。

通过比较冷冻干燥法与湿法提取织锦巴非蛤 4 种组织中的总类胡萝卜素含量, 结果表明用冷冻干燥法处理后总类胡萝卜素的得率均明显高于湿法的, 推测可能与萃取组织的形态有关。因为湿法利用快速研磨仪将组织破碎, 形成匀浆液, 而冷冻干燥法需将织锦巴非蛤组织研磨成细粉, 黏稠状匀浆液与组织细粉相比, 无水乙醇能更容易从固体细粉中萃取类胡萝卜素^[20]。

对两种前处理方法测定各组织中总类胡萝卜素的技术重复结果进行分析, 发现采用冷冻干燥法和湿法提取斧足、外套膜 2 种组织技术重复的变异系数均偏小, 说明混样有效地降低样本个体间差异。而闭壳肌组技术重复的变异系数较高则可能是由其总类胡萝卜素含量低所致。在计算变异系数时, 含量越低, 样本间微小的差距也会对计算结果造成较大影响。冷冻干燥组中因鳃样品量较少, 无法分装, 因此无法计算鳃中总类胡萝卜素含量的变异系数。总体而言, 冷冻干燥组的变异系数均小于湿法组, 这可能是因为采用湿法提取类胡萝卜素时, 织锦巴非蛤各组织中的类胡萝卜素受到更多因素的影响, 如实验时间、光照等^[21, 22], 而冷冻干燥法处理样品后, 其水分含量更低, 混样研磨更完全。

建议在以后提取贝类总类胡萝卜素的时候, 为获得更高含量的总类胡萝卜素, 宜选用冷冻干燥法进行前处理后再提取。

参考文献:

- [1] 栗志民, 刘志刚, 韩伟贤. 织锦巴非蛤稚贝盐度适应性研究[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 96-102.
Li Zhimin, Liu Zhigang, Han Weixian. Salinity adaptability of *Paphia textzle* spats at different salinity levels[J]. Marine Science, 2011, 35(10): 96-102.
- [2] 纪燕如, 林志华, 伍荣聪, 等. 我国东南沿海 5 个织锦巴非蛤地理群体的形态差异分析[J]. 热带生物学报, 2011, 2(3): 219-225.
Ji Yanru, Lin Zhihua, Wu Rongcong, et al. Morphological variation analysis of five different geographic popu-

- lations of *paphia textzle* along south China Sea[J]. Journal of Tropical Biology, 2011, 2(3): 219-225.
- [3] 李庆昌, 刘坦, 陈小明, 等. 织锦巴非蛤斧足颜色与总类胡萝卜素含量相关分析[J]. 海洋科学, 2016, 40(10): 120-125.
Li Qingchang, Liu Tan, Chen Xiaoming, et al. Correlation analysis of the color and total carotenoid content in *Paphia textzle* foot tissue[J]. Marine Sciences, 2016, 40(10): 120-125.
- [4] 张璐, 李雪, 李宁, 等. “海大金贝”类胡萝卜素浓度与生长性状的相关性分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(3): 41-47.
Zhang Lu, Li Xue, Li Ning, et al. Correlation analysis of carotenoid concentration and the growth traits of ‘Haida golden scallop’[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(3): 41-47.
- [5] Zheng H, Liu H, Zhang T, et al. Total carotenoid differences in scallop tissues of *Chlamys nobilis* (Bivalve: Pectinidae) with regard to gender and shell colour[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1164-1167.
- [6] 李庆昌, 刘坦, 陈小明, 等. 波纹巴非蛤斧足颜色与总类胡萝卜素含量的相关分析[J]. 渔业研究, 2017, 39(1): 15-21.
Li Qingchang, Liu Tan, Chen Xiaoming, et al. Correlation analysis of foot color and total carotenoid content in *Paphia undulata*[J]. Journal of Fisheries Research, 2017, 39(1): 15-21.
- [7] 闻海波, 聂志娟, 曹哲明, 等. 不同颜色珍珠层的三角帆蚌组织中类胡萝卜素含量的分析[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(3): 265-268.
Wen Haibo, Nie Zhijuan, Cao Zheming, et al. Carotenoid levels in soft tissues of triangle pearl mussel *Hyriopsis cumingii* with different color nacreous layer[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2012, 27(3): 265-268.
- [8] 吴小芬, 雷超, 陈思曼, 等. 马氏珠母贝养殖群体两种规格个体的类胡萝卜素含量比较[J]. 广东海洋大学学报, 2016, 36(1): 31-34.
Wu Xiaofen, Lei Chao, Chen Siman, et al. Total carotenoid content in soft tissues of two-sized groups in pearl oyster *Pinctadamar tensiis* tock[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2016, 36(1): 31-34.
- [9] 刘云, 王保健, 林亲雄, 等. 油菜籽中天然类胡萝卜素的提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2009, 2: 234-236.
Liu Yun, Wang Baojian, Lin Qinxiong, et al. Study on the extraction technology of carotenoid from rapeseed[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 2: 234-236.
- [10] 颜少宾, 张好艳, 马瑞娟, 等. 杏果肉中类胡萝卜素的提取方法研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(9): 159-161.
Yan Shaobin, Zhang Yuyan, Ma Ruijuan, et al. Study on extraction method of carotenoid from apricot fruit[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2011, 23(9): 159-161.
- [11] 曾丽萍, 刘谊兰, 王瑛. 淫羊藿叶片中类胡萝卜素的提取分析研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(2): 319-321.
Zeng Liping, Liu Yilan, Wang Ying. Extraction of carotenoids from leaves of *Epimedium*[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2011, 22(2): 319-321.
- [12] 赵永彬, 尹明安. 不同溶剂对胡萝卜中类胡萝卜素提取的影响[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(4): 671-673.
Zhao Yongbin, Yin Mingan. Effects of different solvents on the extraction of carotenoid from carrot[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2005, 33(4): 671-673.
- [13] Hsu C L, Chen W, Weng Y M, et al. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods[J]. Food Chemistry, 2003, 83(1): 85-92.
- [14] Marques L G, Silveira A M, Freire J T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits[J]. Drying Technology, 2006, 24(4): 457-463.
- [15] Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(4): 311-319.
- [16] 邓素贞, 李庆昌, 韩芳, 等. 织锦巴非蛤不同组织及性别总类胡萝卜素含量比较分析[J]. 海洋通报, 2018, 37(2): 165-168, 208.
Deng Suzhen, Li Qingchang, Han Fang, et al. Analysis of total carotenoid content with different tissues or genders in *Paphia textzle*[J]. Journal of Ocean Bulletin, 2018, 37(2): 165-168, 208.
- [17] 冷向军, 李小勤. 水产动物着色的研究进展[J]. 水产学报, 2006, 30(1): 138-143.
Leng Xiangjun, Li Xiaoqin. The recent advance of aquatic animal pigmentation[J]. Journal of Fisheries, 2006, 30(1): 138-143.
- [18] 李宁. 虾夷扇贝橘红色闭壳肌产生的原因及其在育种中的应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
Li Ning. What accounting for orange color of Yesso scallop muscle (*Patinopecten yessoensis*) and its application in breeding[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009.
- [19] Hatlen B, Aas G H, Jørgensen E H, et al. Pigmentation of 1, 2 and 3 year old Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed two different dietary astaxanthin concentrations[J]. Aquaculture, 1995, 138(1-4): 303-312.
- [20] Wenzel M, Seuss-Baum I, Schlich E. Influence of pasteurization, spray-and freeze-drying, and storage on the carotenoid content in egg yolk[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(3): 1726-1731.

- [21] 孙明奇, 潘思轶, 胡建中, 等. 环境条件对柑橘果皮类胡萝卜素稳定性影响研究[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 127-129.
Sun Mingqi, Pan Siyi, Hu Jianzhong, et al. Effects of environmental conditions on the stability of carotenoids in citrus peel[J]. Food Science, 2008, 29(6): 127-129.
- [22] Boon C S, McClements D J, Weiss J, et al. Factors influencing the chemical stability of carotenoids in foods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(6): 515-532.

Comparison between two pretreatment methods of total carotenoid extraction from *Paphia textile*

ZHAO Hong-bo, DENG Su-zhen, ZHANG Jing, CAI Ming-yi, LIU Xian-de

(Fisheries College, Jimei University, Key Laboratory of Mariculture for the East China Sea, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China, Xiamen 361021, China)

Received: Apr. 30, 2019

Key words: *Paphia textile*; total carotenoids; freeze-drying method; wet method

Abstract: Total carotenoid content (TCC) was extracted from four tissues of *Paphia textile*, including foot, mantle, adductor muscle, and gill, using the wet method and dry method (freeze-drying method) respectively, and the extraction effects of the two pre-treatment methods were compared. Results revealed smaller variation coefficients for the two pre-treatment methods, with the variation coefficient of the freeze-drying method being significantly smaller than that of the wet method ($P < 0.05$). TCC extracted using the wet method ranged from high to low as the following order: foot, gill, mantle, and adductor muscle. The order of TCC extracted results using the freeze-drying method were same as wet method, but the yield of the freeze-drying method was significantly higher than that of wet method ($P < 0.05$). It was suggested that the freeze-drying method should be used as a preferred pre-treatment method in the extraction of total carotenoids from shellfish in the future.

(本文编辑: 谭雪静)