

生物酶法提取铜藻中褐藻多酚的工艺优化

孙露川阳, 任丹丹*, 王 帅, 吴 哲, 王思元, 王惜童

(大连海洋大学食品科学与工程学院, 大连 116023)

摘 要: **目的** 优化生物酶法破壁提取铜藻中褐藻多酚方法, 提高褐藻多酚的提取率。**方法** 以铜藻为原料, 生物酶法提取多酚, 通过单因素研究了纤维素酶添加量、酶解温度、酶解时间、酶解 pH 及底物浓度对多酚提取效果的影响, 并采用正交试验优化提取工艺条件。**结果** 各因素对多酚得率的影响大小为: 酶解 pH>酶解温度>酶添加量>酶解时间; 最佳酶解条件为: 液料比 25:1 (mL/g), 酶用量占铜藻粉末质量的 4%(酶活力为 6000 U), 酶解温度 55 °C, 酶解时间 6 h, 酶解 pH 5.0。该条件下, 多酚得率达 14.74 mg GA/g。**结论** 与传统提取工艺相比, 生物酶法更加绿色安全且提取效率升高, 可以更广泛的被应用于提取技术当中。

关键词: 铜藻; 褐藻多酚; 酶解法; 提取工艺

Optimization of extraction process of phlorotannins from *Sargassum horneri* by enzymatic hydrolysis

SUN Lu-Chuan-Yang, REN Dan-Dan*, WANG Shuai, WU Zhe, WANG Si-Yuan, WANG Xi-Tong

(College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the method of extracting brown algal polyphenols from *Sargassum horneri* by enzymatic method, and improve the extraction rate of polyphenols from brown algae. **Methods** The polyphenols were extracted from *Sargassum horneri* by enzymatic method. The effects of cellulase addition, enzymatic hydrolysis temperature, enzymatic hydrolysis time, enzymatic hydrolysis pH and substrate concentration on the extraction of polyphenols were studied by single factor tests. The orthogonal test was used to optimize the extraction process conditions. **Results** The effects of various factors on the yield of polyphenols were as follows: enzymatic pH>enzymatic temperature>enzyme addition>enzymatic time. The optimal enzymatic conditions were as follows: liquid to material ratio was 25:1 (mL/g), the amount of enzyme accounted for 4% of the quality of copperalga powder (enzyme activity: 6000 U), the enzymatic hydrolysis temperature was 55 °C, the enzymatic hydrolysis time was 6 h, and the enzymatic hydrolysis pH was 5.0. Under this condition, the polyphenol yield was 14.74 mg GA/g. **Conclusion** Compared with the traditional extraction process, the biological enzymatic method is more green and safe, and the extraction efficiency is higher, which can be widely used in the extraction technology.

KEY WORDS: *Sargassum horneri*; phlorotannins; enzymatic hydrolysis; extraction process¹

基金项目: 辽宁省海洋与渔业厅科技计划项目(201721)、现代农业产业技术体系专项(CARS-50)

Fund: Supported by Ocean and Fisheries Department Project of Liaoning Province (201721) and China Agriculture Research System (CARS-50)

*通讯作者: 任丹丹, 博士, 副教授, 主要研究方向为海洋生物资源利用。E-mail: rdd80@163.com

*Corresponding author: REN Dan-Dan, Ph.D, Associate Professor, College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China. E-mail: rdd80@163.com

1 引言

铜藻是一种大型海洋褐藻, 马尾藻属中的一种。褐藻多酚是从褐藻中提取出来的一类酚类化合物, 是间苯三酚的衍生物。褐藻多酚具有抗氧化^[1-3]、抑菌^[4-6]、抗凝血^[7,8]、抗炎^[9-11]、抗肿瘤^[12-14]、抗糖尿病并发症^[15-17]、抗艾滋病毒^[18]等广泛生物活性。欧盟已批准昆布褐藻多酚为新资源食品, 可在使用限量内作为膳食补充剂使用。铜藻作为海洋褐藻的一种, 在医疗、食药等方面具有较大的开发潜力。褐藻多酚存在不同的类型且具有不同的聚合度, 它们的化学组分变化很大。研究者认为, 藻类细胞中存在的褐藻多酚物质可与细胞壁的不同成分形成复合物, 如海藻酸^[19]。因此, 如何高效地提取其有效成分一直是该领域的重点与难点。

生物酶提取被认为是一种绿色技术, 利用酶水解过程来帮助化合物更好地释放到提取溶剂中^[20,21]。并有研究表明, 在植物和藻类中, 生物酶通过水解细胞壁相关组织成分使细胞内物质溶出从而提高了化合物的提取率^[22]。因此, 本研究以辽宁大连海域采集的铜藻为原料, 采用纤维素酶法提取铜藻中的多酚物质, 通过单因素及正交试验, 优化工艺条件, 以期褐藻多酚化合物的工业化生产和深度开发利用提供可行依据。

2 材料与方法

2.1 原料与试剂

铜藻(*Sargassum horneri*)采自辽宁大连黑石礁海域。

纤维素酶(绿色木霉)(50 U/mg, 上海蓝季有限公司); 没食子酸(99.9%, 天津光复精细化工研究所); 福林酚(1 mol/L, 北京索莱宝科技有限公司)。

2.2 仪器与设备

LAMBDA750 紫外-可见分光光度计(美国 PerkinElmer Singapore 公司); HR21M 台式高速离心机(湖南赫西仪器装备有限公司); LG-1.0 型真空冷冻干燥试验机(沈阳新阳速冻设备制造有限公司); SHZ-D(III)循环水式多用真空泵(河南予华仪器有限公司); RE52CS 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); AL204 电子天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司); FE20 PLUS 实验室 PH 计(上海梅特勒-托利多仪器有限公司); SHZ-B 水浴恒温振荡器(上海龙跃仪器设备有限公司); FW135 中草药粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 铜藻中褐藻多酚的提取

将采集后的铜藻用清水清洗去沙粒等杂质, 于冷冻干燥机中冷冻干燥, 经粉碎机粉碎得到铜藻粉末作为实验原料, 于干燥、避光处保存。准确称取一定量铜藻粉末于

锥形瓶中, 一定料液比下于恒温水浴振荡器内经纤维素酶酶解后, 高温 10 min 灭酶活后离心、抽滤去除残渣, 清液定容。

2.3.2 铜藻中总多酚的测定

根据 Chew 等^[23]方法稍作修改。取定容后清液 0.2 mL 于 10 mL 内, 然后加入 0.1 mL 福林酚试剂, 等 2~3 min 后加入 2% Na₂CO₃ 2 mL, 用蒸馏水定容 5 mL, 在 25 °C 反应 30 min 后, 于 760 nm 测量吸光值。根据标准曲线计算铜藻多酚含量。

铜藻中褐藻多酚含量(以没食子酸的量计, mg/g) = aV/w 式中: a 为提取液中多酚浓度, g/L; V 为提取液体积, mL; w 为铜藻的称样量, g。

2.3.3 单因素实验

(1) 酶添加量对多酚含量的影响

准确称取铜藻粉末 3 g, 在液料比为 25:1 (mL/g), 酶解时间 4 h, 酶解 pH 5.0, 酶解温度为 50 °C 的条件下, 做平行实验 3 次, 探讨酶添加量(质量百分比为 2%、3%、4%、5%、6%)对铜藻多酚得率的影响。

(2) 酶解温度对多酚含量的影响

准确称取铜藻粉末 3 g, 在液料比为 25:1 (mL/g), 酶添加量为 5%, 酶解 pH 5.0, 酶解时间 4 h 的条件下, 做平行实验 3 次, 探讨酶解温度(20、30、40、50、60 °C)对铜藻多酚得率的影响。

(3) 酶解时间对多酚含量的影响

准确称取铜藻粉末 3 g, 在液料比为 25:1 (mL/g), 酶添加量为 5%, 酶解 pH 5.0, 酶解温度 50 °C 的条件下, 做平行实验 3 次, 探讨酶解时间(3、5、7、9、11 h)对铜藻多酚得率的影响。

(4) 酶解 pH 对多酚含量的影响

准确称取铜藻粉末 3 g, 在液料比为 25:1 (mL/g), 酶添加量 5%, 酶解时间 4 h, 酶解温度为 50 °C 的条件下, 做平行实验 3 次, 探讨酶解 pH(4.0、4.5、5.0、5.5、6.0)对铜藻多酚得率的影响。

2.3.4 正交试验

根据单因素实验结果, 选取酶添加量、酶解温度、酶解时间、酶解 pH 作为实验因素, 采用 $L_9(3^4)$, 做 4 因素 3 水平实验。通过对各组样品多酚得率的测定, 选出最佳工艺条件。实验因素和水平设计见表 1。

表 1 正交实验因素和水平
Table 1 Orthogonal experiment factors and levels

水平	A	B	C	D
	酶添加量/%	酶解温度/°C	酶解时间/h	酶解 pH 值
1	3	45	4	4.5
2	4	50	5	5.0
3	5	55	6	5.5

3 结果与分析

3.1 没食子酸标准曲线

没食子酸标准曲线如图 1 所示, 以吸光度为纵坐标, 以标准溶液浓度为横坐标, 绘制标准曲线, 得线性回归方程 $Y=0.0382X+0.0935$ ($r^2=0.9992$)。结果表明, 没食子酸浓度在 0.001~0.010 mg/mL 范围内线性关系良好。

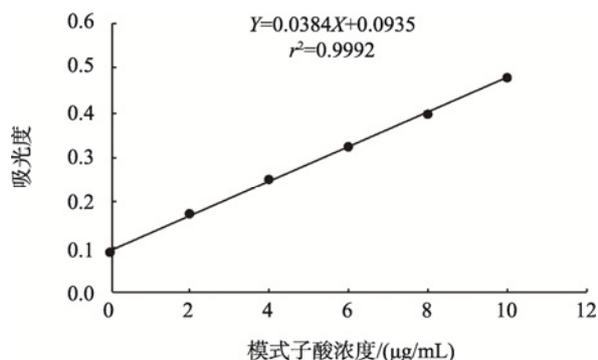


图 1 没食子酸标准曲线

Fig.1 Gallic acid standard curve

3.2 单因素实验结果及讨论

3.2.1 酶添加量(与铜藻粉末质量的百分比)对多酚得率的影响

酶添加量对铜藻多酚得率的影响如图 2。由图 2 可知, 随着酶添加量的增加, 多酚含量也逐渐升高, 酶添加量到达 4% 时, 多酚含量达到最高, 当再增加酶添加量时并没有显著变化。从图 2 可以看出, 随着酶添加量的增大, 多酚含量逐渐增加, 但当酶添加量增加到一定程度时, 多酚含量增加缓慢, 几乎保持不变, 可能由于铜藻溶出物达到饱和。总体来看, 酶添加量对多酚含量具有一定影响, 但影响不大。考虑到成本及提取率, 本实验选择 3%、4%、5% 进行正交实验。

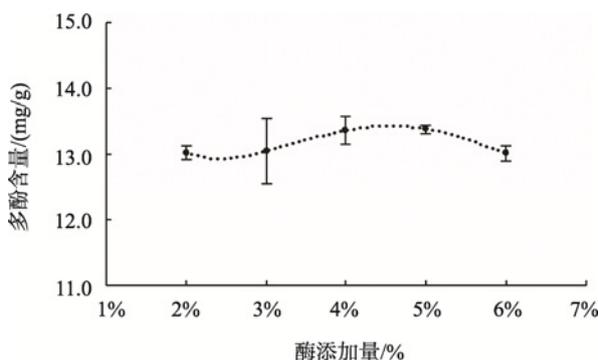


图 2 酶添加量对多酚得率的影响

Fig.2 Effect of enzyme addition amount on polyphenol yields ($n=3$)

3.2.2 酶解温度对多酚得率的影响

酶解温度对铜藻多酚得率的影响如图 3。由图 3 可知, 20~50 °C, 随着酶解温度的上升, 多酚含量逐渐上升且上

升趋势显著, 50 °C 时多酚含量达到最高。50~60 °C, 多酚含量略微下降。从图 3 可以看出, 随着温度的上升, 多酚含量显著上升, 说明了温度对多酚提取的影响较大。随着温度的升高, 纤维素酶活力随之上升导致多酚含量上升; 但当温度过高时, 纤维素酶活力受到抑制, 使多酚含量呈下降趋势。因此, 本实验选择 45、50、55 °C 进行正交实验。

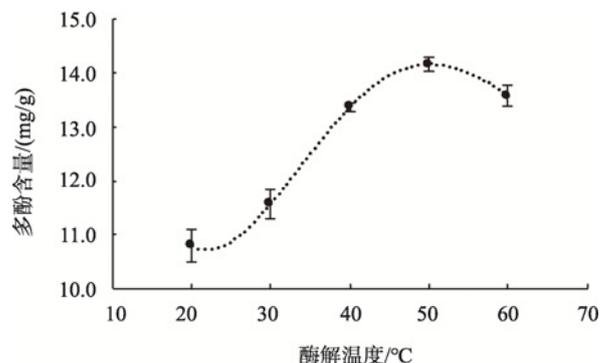


图 3 酶解温度对多酚含量的影响

Fig.3 Effect of temperature on polyphenol yields ($n=3$)

3.2.3 酶解时间对多酚得率的影响

酶解时间对铜藻多酚得率的影响如图 4。由图 4 可知, 随着酶解时间的增加, 多酚含量逐渐上升, 酶解时间为 5 h 时多酚含量达到最高。7 h 后, 多酚含量略有下降。多酚含量随酶解时间的增加而上升, 纤维素酶水解细胞壁的纤维素, 使铜藻内多酚物质逐渐溶出。但达到一定时间后, 多酚含量变化缓慢, 趋于平缓不再上升。考虑到时间过长可能会导致多酚物质丧失或变性, 因此本实验选择 4、5、6 h 进行正交实验。

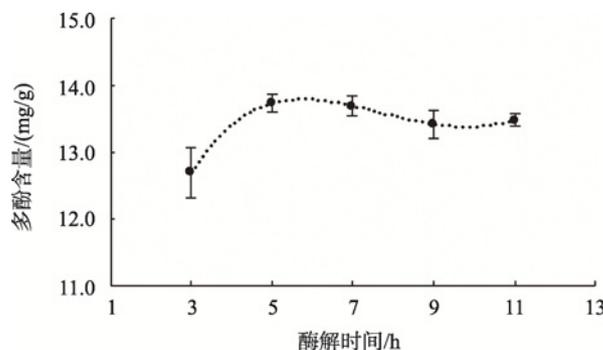


图 4 酶解时间对多酚含量的影响

Fig.4 Effect of temperature on polyphenol yields ($n=3$)

3.2.4 酶解 pH 对多酚得率的影响

酶解 pH 对铜藻多酚得率的影响如图 5。由图 5 可知, 在 pH=4.0~5.0 之间, 多酚含量随着 pH 的增加而逐渐上升, pH=5.0 时, 多酚含量达到最高。当 pH>5.0 时, 多酚含量随着 pH 的增加而逐渐下降。从图 5 可以看出, 酶解 pH 对多酚含量影响较大。纤维素酶的最适 pH 一般在 4.5~6.5。当纤维素酶在最适 pH 条件下, 酶活较高, 多酚含量最高。当

pH 继续增大时, 铜藻中的氧化酶活力逐渐增高, 氧化酶可以将酚类化合物氧化成醌类化合物同时还能抑制纤维素酶的活性, 从而使得多酚含量降低。因此, 本实验选择 pH=4.5、5.0、5.5 进行正交实验。

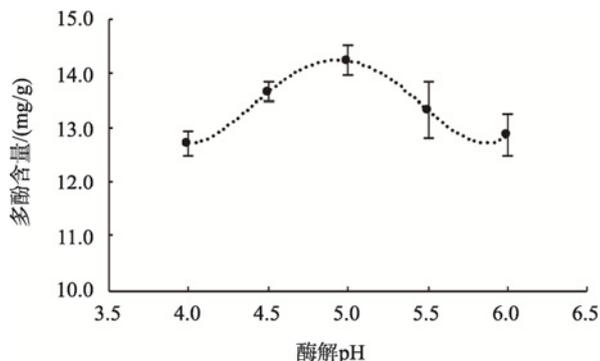


图 5 酶解温度对多酚含量的影响

Fig.5 Effect of pH on polyphenol yields ($n=3$)

3.3 正交试验结果与讨论

正交试验结果见表 2。根据表 2 极差分析 R 的大小, 决定影响因素次序。各因素对铜藻多酚得率影响大小顺序为: $D>B>C>A$, 即酶解 pH>酶解温度>酶解时间>酶添加量。在正交试验中, 最佳提取方案为 $A_2B_3C_3D_2$ 。即酶添加量 4%、酶解温度 55 °C、酶解时间 6 h、酶解 pH=5.0。而我们选取的理论最佳提取方案为 $A_2B_2C_1D_2$, 即酶添加量 4%、酶解温度 50 °C、酶解时间 4 h、酶解 pH=5.0, 在正交试验中没有出现过此组合, 故进行验证试验。

表 2 $L_9(3^4)$ 正交试验表
Table 2 Orthogonal test table

试验号	A B C D				总酚含量 (mg GA/g)
	酶添加量 /%	酶解温度 /°C	酶解时间/h	酶解 pH	
1	3	45	4	4.5	12.98
2	3	50	5	5.5	13.63
3	3	55	6	5	13.76
4	4	45	5	5.5	13.49
5	4	50	6	4.5	13.66
6	4	55	4	5	14.36
7	5	45	6	5	14.21
8	5	50	4	5.5	11.33
9	5	55	5	4.5	14.06
K_1'	13.46	13.56	12.89	13.57	
K_2'	13.84	12.87	13.73	14.07	
K_3'	13.20	14.06	13.88	12.86	
R	0.64	1.19	0.99	1.21	
主次顺序	$D>B>C>A$				
最优组合	$A_2B_3C_3D_2$				

按理论最佳组合条件 $A_2B_3C_3D_2$ 进行提取, 测得多酚得率, 以验证理论最佳方案可行。由表 3 可知, 理论组值要大于正交实验组值, 多酚得率为 14.74 mg GA/g。因此, 提取铜藻多酚的最佳工艺条件为 $A_2B_3C_3D_2$, 即酶添加量 4%、酶解温度 55 °C、酶解时间 6 h、酶解 pH 5.0。在此条件下, 提取的多酚得率为 14.74 mg GA/g。

表 3 最优实验组合的确立
Table 3 Results of the optimized groups

实验组	A B C D				总酚含量 (mg GA/g)
	酶添加 量/%	酶解温度 /°C	酶解 时间/h	酶解 pH	
$A_2B_3C_3D_2$	4	55	6	5	14.74
$A_2B_2C_1D_2$	4	50	4	5	14.53

通过单因素实验和正交试验考察了酶解体系中各因素对多酚提取率的影响。酶解 pH 和酶解温度是影响多酚得率的主要因素。优化后的酶解体系为液料比 25:1 (mL/g), 酶用量占铜藻粉末质量的 4%, 酶解温度 55 °C, 酶解时间 6 h, 酶解 pH 5.0。该条件下, 多酚得率达 14.74 mg GA/g。

4 结论与讨论

近年来, 研究者们研究了不同提取方法对褐藻多酚得率的影响。詹冬梅等^[24]采用高温下水提法提取铜藻多酚, 在 121 °C, 固液比 1:25(g/mL)的条件下提取 15 min, 经过 95%的乙醇沉淀旋转蒸发去除乙醇后, Folin-Denis 法测得褐藻多酚含量为(1.34±0.02) mg/g。许亚如^[25]采用有机溶剂法提取铜藻多酚, 向铜藻粉末中以料液比 1:10 (g/mL)加入 80%丙酮, 充分浸泡混匀提取 10 min, 福林酚法测得褐藻多酚含量为 666.28 mg GA/100 g。与水提法相比, 有机溶剂法提取的褐藻多酚得率较高, 但有机溶剂使用量大将导致污染严重且提取后对样品的进一步处理较复杂等缺点仍值得进一步的探索与研究。王育信等^[26]采用超声辅助法提取铜藻多酚, 在乙醇体积分数为 55%, 液固比为 42:1 (mL/g), 超声提取 58 min; 2-4, 二甲氧基苯甲醛比色法(DMBA 法)测得褐藻多酚含量为(25.16±0.34) mg/100 g。Luo 等^[27]同样采用超声辅助法, 但使用甲醇/氯仿(2:1, V:V)混合溶液, 在固液比 1:5(g/mL)条件下, 黑暗条件下超声辅助提取 2 h, Folin-Ciocalteu 法测的褐藻多酚含量为(12.25±0.69) mg GA/g。与传统有机溶剂法相比, 超声波提取可以增加分子运动的频率和速度, 从而使有效成分更好的溶出, 提高了多酚得率。但超声波辅助法成本较高, 不适合工业化生产。

与传统有机溶剂法及超声辅助提取法相比较, 生物酶法更为绿色安全。生物酶水解从而破坏细胞壁, 使需要的化合物更好的溶出, 增加了与试剂接触与反应的程度, 明显的提高了多酚的提取率。同时还缩短了提取时间, 减

少了提取成本。本文通过单因素和正交试验探讨了酶法提取铜藻多酚的提取工艺, 得到了较高的褐藻多酚提取率 14.74 mg GA/g。这为褐藻多酚的工业化提取及应用拓展提供了理论基础。总的来说, 生物酶法具有很大发展前景, 其研究价值也值得肯定; 但由于不同海藻细胞壁成分的不同及对目标化合物的需求不同, 如何有针对性的选择最适宜的生物水解酶仍值得进一步研究与探索。

参考文献

- [1] Hefferan N, Brunton NP, Fitzgerald RJ, *et al.* Profiling of the molecular weight and structural isomer abundance of macroalgae-derived phlorotannins [J]. *Mar Drug*, 2015, (13): 509–528.
- [2] Lopez A, Rico M, Rivero A. The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts [J]. *Food Chem*, 2011, 125(3): 1104–1109.
- [3] 孟彤. 海带多酚提取物对猪肉乳化肠品质及氧化稳定性的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
Meng T. Effects of kelp polyphenol extract on emulsified intestinal quality and oxidative stability of pork [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015.
- [4] Irwandi J, Asiyandi-Hammed TT, Raha AR, *et al.* Study on anti-bacterial potentials of some Malaysian brown seaweeds [J]. *Food Hydrocoll*, 2014, 42(2): 275–279.
- [5] 杨会成, 郑斌, 郝云彬, 等. 具有抑菌活性的海藻多酚联合提取工艺优化研究[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2014, 33(2): 147–153.
Yang HC, Zheng B, Hao YB, *et al.* Optimization of combined extraction process of seaweed polyphenols with antibacterial activity [J]. *J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed)*, 2014, 33(2): 147–153.
- [6] Lee MH, Lee KB, Oh SM, *et al.* Antifungal activities of dieckol isolated from the marine brown alga *Ecklonia cava* against *Trichophyton rubrum* [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2010, (53): 504–507.
- [7] 卢虹玉, 陈晓敏, 欧小蕾, 等. 硃洲马尾藻(*S.naozhouense*)褐藻多酚的抗凝血活性研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2013, (25): 249–252.
Lu YH, Chen XM, Ou XL, *et al.* Anticoagulant activity of brown algae polyphenols from *S. naozhouense* [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2013, 25: 249–252.
- [8] Bae JS. Antithrombotic and profibrinolytic activities of phloroglucinol [J]. *Food Chem Toxicol*, 2011, 49(7): 1572–1577.
- [9] Jung HA, Jin SE, Ahn BO, *et al.* Anti-inflammatory activity of edible brown alga *Eisenia bicyclis* and its constituents fucosterol and phlorotannins in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, (59): 199–206.
- [10] Lee MS, Kwon MS, Choi JW, *et al.* Anti-inflammatory activities of an ethanol extract of *Ecklonia stolonifera* in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 murine macrophage cells [J]. *Food Chem*, 2012, (60): 9120–9129.
- [11] Manor Z, Mathema B, Chae D, *et al.* Octaphlorethol A inhibits the CpG-induced inflammatory response by attenuating the mitogen-activated protein kinase and NF-kappaB pathways [J]. *Biochemistry*, 2013, (77): 1970–1972.
- [12] El-kassas HY, El-sheekh MM. Cytotoxic activity of biosynthesized gold nanoparticles with an extract of the red seaweed corallina of cinalis on the MCF-7 human breast cancer cell line [J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2014, 15(10): 4311–4317.
- [13] Aravindan S, Ramraj SK, Somasundaram ST, *et al.* Polyphenols from marine brown algae target radiotherapy-coordinated EMT and stemness-maintenance in residual pancreatic cancer [J]. *Stem Cell Res*, 2015, 22(6): 182.
- [14] Geisen U, Zenthofer M, Peipp M, *et al.* Molecular mechanisms by which a *Fucus vesiculosus* extract mediates cell cycle inhibition and cell death in pancreatic cancer cells [J]. *Mar Drugs*, 2015, 13: 4470–4491.
- [15] Firdaus M, Prihanto AA. α -Amylase and α -glucosidase inhibition by brown seaweed (*Sargassum* sp.) extracts [J]. *Res J Life Sci*, 2014, (1): 6–11.
- [16] Pandithurai M, Murugesan S, Bhuvaneshwari S, *et al.* *In vitro* α -amylase and α -glucosidase inhibition activity of methanolic extract of marine brown alga *Spatoglossum asperum* [J]. *Int J Adv Pha*, 2015, 4: 83–87.
- [17] Lee SH, Ko SC, Kang MC, *et al.* Octaphlorethol A, a marine algae product, exhibits antidiabetic effects in type 2 diabetic mice by activating AMP-activated protein kinase and upregulating the expression of glucose transporter 4 [J]. *Food Chem Toxicol*, 2016, (91): 58–64.
- [18] Artan M, Li Y, Karadeniz F, *et al.* Anti-HIV-1 activity of phloroglucinol derivative, 6,6-beickol, from *Ecklonia cava* [J]. *Bioorgan Med Chem*, 2008, (16): 7921–6.
- [19] Kim SM, Kang SW, Jeon JS, *et al.* Determination of major phlorotannins in *Eisenia bicyclis* using hydrophilic interaction chromatography: Seasonal variation and extraction characteristics [J]. *Food Chem*, 2013, (138): 2399–2406.
- [20] Puri M, Sharma D, Barrow CJ. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants [J]. *Trends Biotechnol*, 2012, (30): 37–44.
- [21] Wijesinghe WAJP, Jeon YJ. Enzyme-assisted extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: A review [J]. *Fitoterapia*, 2012, (83): 6–12.
- [22] Rodrigues D, Sousa S, Silva A, *et al.* Impact of enzyme- and ultrasound-assisted extraction methods on biological properties of red, brown and green seaweeds from the central west coast of Portugal [J]. *J Agric Food Chem*, 2015, (63): 3177–3188.
- [23] Chew YL, Lim YY, Omar M, *et al.* Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2008, (41): 1067–1072.
- [24] 詹冬梅, 王翔宇, 辛美丽, 等. 三种马尾藻的营养组成分析[J]. *广西科学院学报*, 2016, 32(3): 221–225.
Zhang DM, Wang XY, Xin ML, *et al.* Nutritional constituents of three kinds of *Sargassum* [J]. *J Guangxi Acad Sci*, 2016, 32(3): 221–225.
- [25] 许亚如. 褐藻多酚的抗氧化活性研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2014.
Xu YR. Studies on antioxidant activities of phlorotannins [D]. Ningbo: Ningbo University, 2014.
- [26] 王育信, 田晓清, 李骄洋, 等. 响应面优化铜藻(*Sargassum horneri*)中

褐藻多酚的提取及其结构鉴定[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 143-149.

Wang YX, Tian XQ, Li JY, *et al.* Extraction optimization using response surface methodology and structure identification of phlorotannins from *Sargassum horneri* [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(16): 143-149.

[27] Luo HY, Wang B, Yu CG, *et al.* Evaluation of antioxidant activities of five selected brown seaweeds from China [J]. *J Med Plant Res*, 2010, 4(18): 2557-2565.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



孙露川阳, 硕士研究生, 主要研究方向为海洋生物资源利用。

E-mail: slcywelcome@126.com



任丹丹, 博士, 副教授, 主要研究方向为海洋生物资源利用。

E-mail: rdd80@163.com

“食品化学与营养”专题征稿函

食品中成分相当复杂, 有些成分是动、植物体内原有的; 有些是在加工过程、储藏期间新产生的; 有些是人为添加的; 有些是原料生产、加工或储藏期间所污染的; 还有的是包装材料带来的。食品营养是指人体从食品中所能获得的满足自身生理需要的必要的生物学过程, 而食品营养学是研究食物、营养与人体生长发育和健康的关系以及提高食品营养价值的措施。食品化学就是从化学的角度和分子水平上研究食品中化学成分的结构、理化性质、营养作用、安全性及可享受性, 以及各种成分在食品生产、食品加工和储藏期间的变化及其对食品营养性、享受性和安全性影响的科学, 为改善食品品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、改进食品包装、加强食品质量与安全控制及提高食品原料加工和综合利用水平奠定理论基础。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品化学与营养”专题, 由天津科技大学食品工程与生物技术学院院长 **张民教授** 担任专题主编, 围绕 **食品中的营养成分、微量及添加成分、生理活性成分及以上各成分在食品加工、储藏过程中的次生物质的分离与分析, 食品加工、储藏和运销过程对食品化学成分的影响, 营养与膳食平衡、能量平衡、疾病防治的关系, 食品的营养素强化与功能性食品等方面**或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2019 年 7 月份出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编 **吴永宁研究员** 及专题主编 **张民教授** 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2019 年 5 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与与支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(请选择**食品化学与营养专题**)

E-mail: jfoodsq@126.com(请注明**食品化学与营养专题**文章)

《食品安全质量检测学报》编辑部