

牡蛎酶解液的抗氧化活性

汪秋宽^{1,2}, 刘红丹², 徐坚², 徐玲², 李京华¹, 李伟², 汪涛², 虞星炬¹

(1. 中国科学院 大连物理化学研究所, 辽宁 大连 116023; 2. 大连水产学院辽宁省水产品加工及综合利用重点开放实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要:检测了牡蛎(*Crassostrea gigas*)木瓜蛋白酶和中性蛋白酶酶解液的抗氧化活性。由 Sephadex G-15 葡聚糖凝胶柱层析分析牡蛎酶解液, 得到具抗氧化活性组分的分子量分布。分子量为 1 191 D 和 826 D 左右的木瓜蛋白酶酶解活性肽组分的自由羟基清除活性最强, 当其质量浓度分别为 0.184 mg/mL 和 0.673 mg/mL 时, 体外自由羟基清除活性分别为 53.6% 和 66.5%; 分子量分别为 1 074 D 和 735 D 左右的中性蛋白酶酶解活性肽的自由羟基清除活性最强, 当其质量浓度分别为 0.166 mg/mL 和 0.830 mg/mL 时, 体外自由羟基清除活性分别 57.6% 和 70.5%。HPLC 分析结果表明, 木瓜蛋白酶与中性蛋白酶酶解的活性肽组分分别由几种抗氧化肽组成。抗氧化活性最强的木瓜蛋白酶与中性蛋白酶酶解的肽组分在质量浓度为 2.5 mg/mL 时, 活性分别可达 83.6% 和 80.8%。用牡蛎原浆与各酶解液灌胃昆明小白鼠。研究结果表明, 用木瓜蛋白酶与中性蛋白酶酶解原液及经超滤纯化的酶解液对小白鼠实施灌胃, 其肝脏组织的 SOD 活力都显著提高 ($P < 0.05$); 灌胃经超滤纯化的木瓜蛋白酶和中性蛋白酶酶解液, 小白鼠肝脏组织 GSH-PX 活力、GSH 含量显著提高 ($P < 0.05$), MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$)。[中国水产科学, 2007, 14 (2): 295–300]

关键词:牡蛎酶解液; 分子量分布; 自由羟基清除活性

中图分类号: S986

文献标识码: A

文章编号: 1005–8737–(2007)02–0295–06

人体能产生多种活性氧自由基, 例如 O_2^- 、 H_2O_2 、 $\cdot OH$ 。人体内氧自由基的积累是由于人体内生物大分子的降解所致, 而在人体细胞内自由基持续地产生与积累是导致各种疾病的主要原因^[1]。氧自由基, 特别是超氧化物自由基和自由羟基已被认为与微血管和实质细胞的受损紧密相关^[2]。自由基清除剂可作为抗氧化物不同程度地清除人体内积累的自由基。动物实验研究已表明, 有些抗氧化剂, 包括超氧化歧化酶 (SOD, 超氧化自由基的清除剂), 二甲基亚砷 (DMSO, 自由羟基清除剂) 以及几种合成的抗氧化剂对因自由羟基、自由氧基的积累而导致的疾病均具有治疗和预防作用^[3], 但因副作用的影响, 人工合成抗氧化剂的使用受到严格控制。天然抗氧化剂副作用较小, 因此对其作用机制和制备方法的研究已经引起很多科学家们的关注^[4–7]。牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 是一种营养价值丰富的海洋贝类, 含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素及微量元素^[8–10]。近年来, 有研究报道牡蛎提取液具有抗氧化作用^[5, 11–12], Achour 等^[13]的研究发现牡蛎提取液作为功能性营养成分在体外能够加强白介素 2 (IL-2)

的活性作用。本研究以牡蛎酶解液清除自由羟基的活性做为指标, 来确定以木瓜蛋白酶和中性蛋白酶来分解牡蛎的酶解条件, 并且研究牡蛎酶解液的组成及各组分的抗氧化作用。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜牡蛎购于大连黑石礁市场, 昆明雄性小白鼠购于大连医科大学 (体质量 18~22 g)。木瓜蛋白酶和中性蛋白酶 (A.S.1398) 分别购于上海生物制剂厂和无锡天星酶制剂厂, Sephadex G-15 为 Pharmacia 公司进口分装, 蓝色葡聚糖 2000 为上海伯奥生物科技有限公司出品, 牛血清白蛋白购于上海浦江生物化学研究所, 细胞色素 C 为 Sigma 公司出品, L-酪氨酸为中国医药 (集团) 上海化学试剂公司出品, 阿斯巴甜为 Ajinomoto 公司出品, 杆菌肽为 Sigma 公司出品。谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活力测定试剂盒、超氧化物歧化酶 (SOD) 活力测定试剂盒、丙二醛 (MDA) 含量测定试剂盒、谷胱甘肽 (GSH) 含量测定试剂盒均购于南京建成生物工程研究所。

收稿日期: 2006–07–05; 修订日期: 2006–09–21.

基金项目: 辽宁省自然科学基金 (2003BINS286).

作者简介: 汪秋宽, 教授, 主要研究方向为水生生物资源利用. E-mail: wqk320@dlfu.edu.cn

1.2 方法

1.2.1 牡蛎酶解液的制备 以牡蛎酶解产物对自由羟基的清除活性为评价指标,确定木瓜蛋白酶和中性蛋白酶的最适酶解条件。

木瓜蛋白酶酶解液的制备:将新鲜牡蛎原料匀浆,加热至 55℃,调节 pH 值至 7.0,加入质量分数为 2.4% 的木瓜蛋白酶,在 55℃ 恒温条件下酶解 120 min,煮沸 5~10 min 终止酶解反应后冷却至室温。室温离心 (4 000 r/min, 20 min),取上清液,用分子截留量为 30 kD 的超滤装置超滤,取滤过液为酶解液。

中性蛋白酶酶解液的制备:将新鲜牡蛎原料匀浆,加热至 55℃,调节 pH 值至 6.0,加入酶质量分数 3.0% 的中性蛋白酶,在 55℃ 恒温条件下酶解 100 min,煮沸 5~10 min 终止酶解反应后冷却至室温。室温离心 (4 000 r/min, 20 min),取上清液,用分子截留量为 30 kD 的超滤装置超滤,取滤过液为酶解液。

1.2.2 酶解液蛋白质含量的测定 牛乳清蛋白标准溶液配制 1.0 mg/mL,分别移取 0、0.5 mL、1.0 mL、1.5 mL、2.0 mL、2.5 mL、3.0 mL、4.0 mL 到 8 个试管中,加入去离子水使各试管中溶液的体积达 4 mL。在 280 nm 处检测各试管溶液的吸光度值。牡蛎酶解液的蛋白质含量经与标准溶液的吸光度值比较计算而得。

1.2.3 酶解液的分子量分布 酶解液的分子量分布由 Sephadex G-15 (80 cm×1.6 cm) 分析检测。以磷酸缓冲液 (pH 7.0) 为洗脱液,样品流速为 0.3 mL/min,标准样分别为 L-酪氨酸、阿斯巴甜、杆菌肽、细胞色素 C,用蓝葡聚糖 2000 测定柱外水体积

V_0 ,然后由标准样测定各自的洗脱体积 V_e ,根据 L-酪氨酸、阿斯巴甜、杆菌肽、细胞色素 C 的分子量对数值 $\lg M$ 和 K_{av} 值 (有效分配系数) 制作标准曲线。样品的分子量由其洗脱体积和标准曲线求得。

1.2.4 高效液相色谱分离多肽 Gilson 305 高效液相色谱仪,配紫外检测器 (Gilson 305, France)。色谱柱为 C_{18} 柱 (7 μ m, 250 mm×4.6 mm i. d., KF-AA, 中国科学院大连化学物理研究所),流动相 A 液为三氟乙酸-水溶液 (体积比为 0.1:99.9),B 液为三氟乙酸-水-乙腈溶液 (体积比为 0.1:4.9:95),流速为 1 mL/min;时间为 20 min;梯度洗脱 (0~10 min, 100% A 液线性升至 100% B 液;10~14 min,维持 100% B 液;14~15 min, 100% B 液线性降至 100% A 液;15~20 min,维持 100% A 液);检测波长为 230 nm 和 280 nm。

1.2.5 酶解液的羟基自由基清除活性 羟基自由基清除活性检测采用了张燕平等^[14]的方法,用清除羟基自由基活性 (Scavenging Activity, SA%) 表示,其计算公式如下:

$$SA\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

A_0 、 A_1 分别为对照样、样品吸光度。

1.2.6 酶解液体内抗氧化活性 将 90 只雄性昆明小白鼠随机分为 6 组,第 1 组饲喂生理盐水,饲喂标准饲料,为对照组;第 2 组到第 6 组分别灌胃不同的牡蛎酶解液或新鲜牡蛎原浆,同时饲喂标准饲料 (表 1)。35 d 后,处死小鼠,取出肝脏测定谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX) 活力、超氧化物歧化酶 (SOD) 活力及谷胱甘肽 (GSH) 和丙二醛 (MDA) 含量。

表 1 各组昆明小白鼠的灌喂液成分

Tab.1 Composition of oral administration solvent in each feeding group

组别 Group	饲料 Feed	饮水 Water for drink	灌胃液 Solvent for oral administration
1	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	生理盐水 Physiological water
2	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	超滤后木瓜蛋白酶酶解液 Ultrafiltrated papain hydrolysate
3	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	超滤后中性蛋白酶酶解液 Ultrafiltrated neutral enzyme hydrolysate
4	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	木瓜蛋白酶酶解液 Papain hydrolysate
5	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	中性蛋白酶酶解液 Papain hydrolysate
6	标准饲料 Standard feed	自来水 Tap water	牡蛎匀浆液 Oyster homogenate

1.2.7 考马氏亮兰方法测定酶解液蛋白含量 考马氏亮兰测定小鼠组织 (肝脏) 蛋白的方法依照南京建成生物工程研究所试剂盒说明书进行。

1.2.8 GSH-PX 活力、SOD 活力、GSH 含量及 MDA 含量的测定 分别依照南京建成生物工程研

究所试剂盒说明书进行。其中谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX) 活力是以催化 GSH 的反应速度来表示,定义为每 100 mg 蛋白质 1 min 扣除非酶促反应的作用,使反应体系中 GSH 浓度降低 1 μ mol/L 为 1 个酶活力单位;超氧化物歧化酶 (SOD) 活力定义为

1 mg 组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个 SOD 活力单位 (U)。

1.3 统计方法

实验数据采用 SPSS 10.0 进行处理,以平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{X} \pm SD$) 表示,以 $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 木瓜蛋白酶酶解液的分子量分布及各部分洗脱液对体外自由基的清除活性

酶解液经离心、超滤后用 Sephadex G-15 凝胶柱分离(酶解液为蛋白质浓度 12 mg/mL),收集柱层析分离的洗脱液,每管 3 mL,洗脱液在 280 nm 比色得吸光度值,同时检测每管洗脱液对体外自由基体系中自由基的清除活性。图 1 为洗脱液在 280 nm 的吸光度值及其对体外自由基体系中自由基的清除活性。洗脱液在 280 nm 下有 2 个蛋白质洗脱峰,其蛋白肽的分子量分别为 1 191 D(馏分 32)和 826 D(馏分 38)左右,这 2 个洗脱峰的体外自由基清除活性同样为最高峰,当这两组分的质量浓度分别为 0.184 mg/mL 和 0.673 mg/mL 时,对体外自由基的清除活性分别 53.63% 和 66.58%。Yoshikawa 等^[10]研究了牡蛎提取液对自由基、超氧自由基的清除作用。结果发现牡蛎提取液对自由基、超氧自由基的清除活性随其浓度的增加而增大,当其质量浓度达到 1 000 μ g/mL 或更高时,牡蛎提取液清除自由基、超氧自由基的作用很显著。Je 等^[4]用鲭内脏酶解阿拉斯加鳕鱼排,通过超滤将酶解液分离成 5 个组份,结果发现 5 个组份均具有体外抗氧化作用,经纯化分离得抗氧化活性肽的分子量为 672 D。

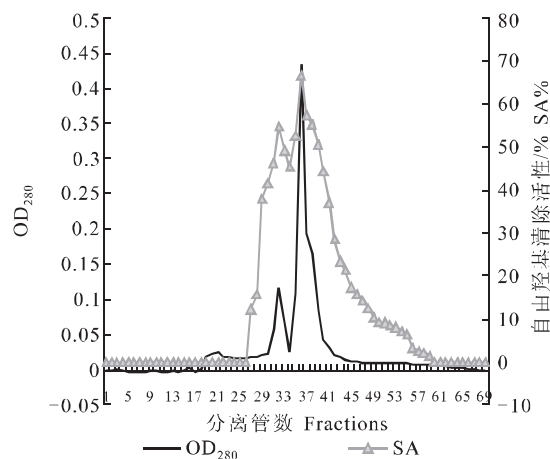


图 1 牡蛎的木瓜蛋白酶酶解液 OD₂₈₀ 及各部分洗脱液对自由基的清除活性

Fig.1 OD₂₈₀ and scavenging hydroxyl radical activity of the oyster hydrolyte by papain

2.2 中性蛋白酶水解液的分子量分布及各部分洗脱液对体外自由基的清除活性

将超滤分离的酶解液经 Sephadex G-15 凝胶柱分离(蛋白质浓度为 12 mg/mL),每管收集洗脱液 3 mL,各馏分在 280 nm 比色得吸光度值,由此而得的蛋白质洗脱峰和抗氧化活性峰如图 2 所示。由图 2 可见,酶解液经 Sephadex G-15 凝胶柱分离洗脱的蛋白质吸收峰值的分子量分别为 1 074 D 和 735 D 左右,很明显,2 个吸收峰的蛋白肽组分还具有最强的自由基清除活性,当浓度分别为 0.166 mg/mL 和 0.830 mg/mL 时,体外自由基清除活性分别 57.61% 和 70.54%。与木瓜蛋白酶酶解液的抗氧化组分相比,中性蛋白酶水解液的抗氧化组分分子量较小。

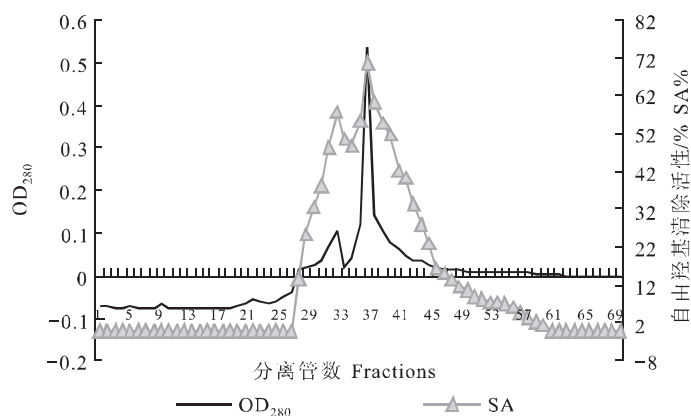


图 2 牡蛎的中性蛋白酶酶解液的 OD₂₈₀ 及各部分洗脱液对自由基的清除活性

Fig.2 Molecular distribution and scavenging hydroxyl radical activity of the oyster hydrolyte by neutral enzyme

2.3 高效液相色谱分离纯化抗氧化活性肽

收集由 Sephadex G-15 凝胶柱分离的木瓜蛋白酶酶解的抗氧化活性肽组份,浓缩,经高效液相色谱柱再次分离纯化,得到木瓜蛋白酶酶解的牡蛎抗氧化活性肽组份的 HPLC 分析谱图(图 3)。由图 3 可见,有 3 个独立峰和几个较难分开的峰。3 个独立峰在波长 230 nm 和 280 nm 下均有吸收,且峰形和出峰时间均相同。后边出现的连在一起的吸收峰只在 230 nm 有吸收,在 280 nm 下几乎没有吸收。将 3 个独立峰分别收集,命名为 M_1 、 M_2 、 M_3 ; 后边的所有峰收集到一起,命名为 M_4 。对 4 样品进行羟基自由基清除活性(SA)测定。测定结果为: M_1 的 SA 为 42.3%, M_2 SA 为 31.5%, M_3 SA 为 65.6%, M_4 的 SA 为 7.8%。将 M_1 、 M_2 、 M_3 稀释至与 M_4 相同的浓度,检测 4 个样品的抗氧化活性,结果表明 M_3 的抗氧化活性最高,当其浓度为 2.5 mg/mL 时,SA 可达 83.6%。

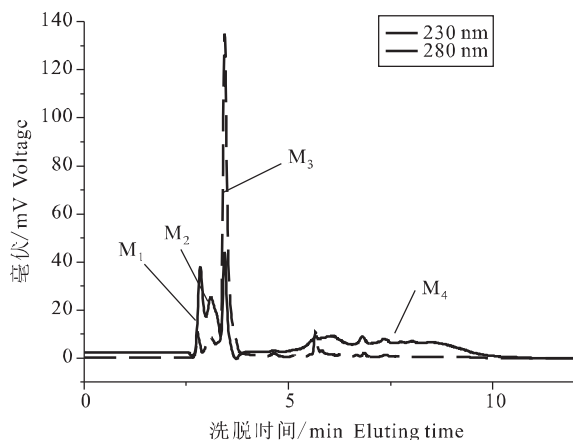


图 3 牡蛎的木瓜蛋白酶酶解液抗氧化活性肽组份的高效液相色谱分析

Fig.3 HPLC analysis of oyster functional peptides hydrolyzed by paptain

2.4 牡蛎酶解液对昆明小白鼠的抗氧化作用

6 组小鼠的灌喂与饲喂组合见表 1。表 2 显示了 6 组灌喂牡蛎酶解液的小白鼠肝脏组织 GSH-PX 酶活力、SOD 活力和 GSH、MDA 含量的变化。灌喂经超滤的牡蛎木瓜蛋白酶解液和中性酶解液的小白鼠肝脏组织的 GSH-PX 酶活力和 SOD 活力均较对照组明显增强,其 GSH-PX 酶活力与 SOD 活力较对照组(组 1)分别提高了 25% 和 38%,具有显著差异($P < 0.05$),这说明通过 35 d 的超滤酶解液灌喂饲

收集由 Sephadex G-15 凝胶柱分离的中性蛋白酶酶解的抗氧化活性肽组份,浓缩,经高效液相色谱柱再次分离纯化,得到枯草蛋白酶酶解的牡蛎抗氧化活性肽组份的 HPLC 分析谱图(图 4)。由图 4 可见,该图中有 3 个独立峰和几个较难分开的吸收峰。3 个独立峰在 230 nm 和 280 nm 下均有吸收,且峰形和出峰时间均相同,后边出现的两处连在一起的吸收峰在 230 nm 和 280 nm 下也均有吸收,且峰形和出峰时间相同。将 3 个独立峰分别收集,命名为 K_1 、 K_2 和 K_3 ,把 5~10 min 内出现的吸收峰收集到一起,命名为 K_4 ; 把 10~12.5 min 内出现的吸收峰收集到一起,命名为 K_5 。对 5 个样品进行检测。结果得出, K_1 SA 为 38.7%, K_2 SA 为 30.1%, K_3 SA 为 59.8%, K_4 SA 为 28%, K_5 SA 为 5.6%。把 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 稀释至与 K_5 相同的浓度,检测 4 个样品的 SA。结果表明, K_3 的 SA 最强,当其浓度为 2.5 mg/mL 时,其 SA 可达 80.8%。

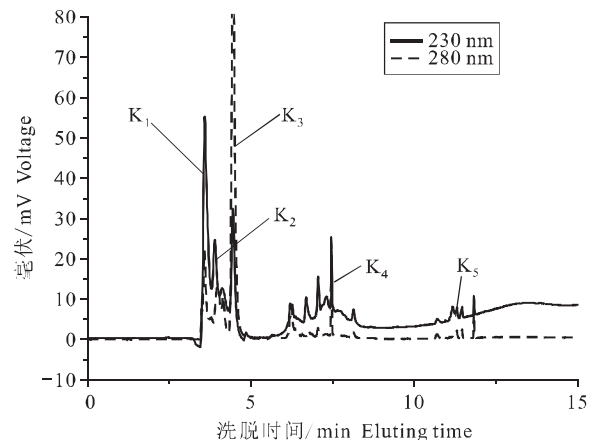


图 4 牡蛎的枯草蛋白酶酶解液抗氧化活性肽组份的高效液相色谱分析

Fig.4 HPLC analysis of oyster functional peptides hydrolyzed by neutral enzyme

养,小白鼠表现出不同的抗氧化能力,且小白鼠肝脏组织中的 GSH 含量显著增加($P < 0.05$),较对照组提高 29% 左右,而 MDA 含量显著降低($P < 0.05$),经过 35 d 灌喂超滤的木瓜蛋白酶解液和中性酶解液的小鼠肝脏组织中 MDA 含量较对照组分别降低 20% 和 10%。灌喂未经超滤的木瓜蛋白酶解液和中性酶解液的小白鼠肝脏组织较对照样只有 SOD 活力显著增加($P < 0.05$),GSH-PX 酶活力有所提高,GSH 含量增加,MDA 含量降低,但没有显著差

异。结果表明超滤后的牡蛎酶解液具有提高肝脏 GSH-PX 酶、SOD 活力和 GSH 含量及降低肝脏 MDA 含量的功效。Tapiero 等^[11]曾研究了牡蛎提

取物对细胞中 GSH 的影响,研究结果发现,当牡蛎提取物质量分数为 0.05%~0.1%时,细胞中 GSH 的含量显著增加。

表 2 灌喂 35 d 的小白鼠肝脏中 GSH-PX 活力、SOD 活力、MDA 和 GSH 含量变化

Tab.2 Changes of MDA and SOD contents, GSH-Px and GSH activities in mice liver after fed with oyster hydrolysates for 35 d

$n = 15; \bar{X} \pm SD$

组别 Group	GSH-PX 活力 /U GSH-PX activity	SOD 活力 /($U \cdot mg^{-1} \cdot prot$) SOD activity	MDA 含量 /($nmol \cdot mg^{-1} \cdot prot$) MDA content	GSH 含量 /($mg \cdot g^{-1} \cdot prot$) GSH content
1 (Control)	47.36 ± 3.27	50.35 ± 6.82	8.02 ± 0.81	26.65 ± 3.41
2	$58.24 \pm 3.88^*$	68.73 ± 6.98	$6.51 \pm 0.38^*$	$34.47 \pm 2.76^*$
3	$59.44 \pm 4.96^*$	$69.89 \pm 6.31^*$	$6.43 \pm 0.51^*$	$35.55 \pm 3.56^*$
4	52.16 ± 3.32	$64.13 \pm 3.69^*$	7.20 ± 0.09	29.31 ± 3.84
5	51.73 ± 4.29	$64.52 \pm 2.90^*$	7.15 ± 0.31	30.31 ± 1.89
6	49.63 ± 3.07	59.70 ± 3.15	7.52 ± 0.78	27.81 ± 3.25

注: * 表示与对照样差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Values with "*" mean significant difference ($P < 0.05$) compared with control.

参考文献:

- [1] Leanderson P, Faresjo A O, Tagesson C. Green tea polyphenols inhibits oxidant-induced DNA strand breakage in cultured lung cells[J]. Free Radic Biol Med, 1997, 23: 235 - 242.
- [2] Halliwell B. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence[J]. Lancet, 1994, 344: 721 - 724.
- [3] Li Z, Xue C, Chen C, et al. Scavenging effects of fucoidan fractions of low molecular weight extracted from *Laminaria japonica* on radicals of active oxygen and antioxidation in vivo[J]. J Ocean Univ Qingdao, 2001, 1: 64 - 68.
- [4] Je J, Park P, Kim S. Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) from protein hydrolysate[J]. Food Res Internat, 2005, 38: 45 - 50.
- [5] Yang J, Lin H, Mau J. Antioxidant properties of several commercial mushrooms[J]. Food Chem, 2002, 77: 229 - 235.
- [6] Fan X, Yan X, Fang G, et al. Antioxidative properties of high molecular weight polyphenols from brown seaweed[J]. Acta Hydrobiol Sinica, 1999, 23 (5): 494 - 499.
- [7] Wu H, Chen H, Shiau C. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber Austriasicus*) [J]. Food Res Intern, 2003, 36: 949 - 957.
- [8] 谭桂利, 李瑞声. 牡蛎的化学成分和药用价值[J]. 中国海洋药物杂志, 1993, 4: 26 - 31.
- [9] 汪何雅, 杨瑞金, 王璋. 牡蛎的营养成分及蛋白质的酶法水解[J]. 水产学报, 2003, 27 (2): 163 - 168.
- [10] 陈荣, 忠杨丰, 王初升. 牡蛎肉提取物主要营养成分的分析[J]. 台湾海峡, 1999, 23 (5): 494 - 499.
- [11] Yoshikawa T, Naito Y, Masui K, et al. Free radical-scavenging activity of *Crassostera gigas* extract (JCOE) [J]. Biomed Pharmacother, 1997, 51: 328 - 332.
- [12] Tapiero H, Tew K D. Increased glutathione expression in cells induced by *Crassostera gigas* extract (JCOE) [J]. Biomed Pharmacother, 1996, 50: 149 - 153.
- [13] Achour A, Lachgar A, Astgen A, et al. Potentialization of IL-2 effects on immune cells by oyster extract (JCOE) in Normal and HIV-infected individuals [J]. Biomed Pharmacother, 1997, 51: 427 - 429.
- [14] 张燕平, 张虹, 洪泳平, 等. 羊栖菜提取物体外自由基清除能力的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24 (1): 50 - 57.

Antioxidative activity of oyster hydrolysates

WANG Qiu-kuan^{1,2}, LIU Hong-dan², XU Jian², XU Ling², LI Jing-hua¹, LI Wei², WANG Tao², YU Xing-ju¹

(1. Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Zhongshan Road, Dalian 116027, China; 2. The Key and Open Laboratory of Aquatic Product Processing and Utilization of Liaoning Province, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: Oyster was hydrolyzed by papain and neutral proteases and antioxidative activity of oyster hydrolysate was studied. Scavenging hydroxyl radical activities of peptide fractions analyzed by Sephadex G-15 showed considerable variations. The peptide molecular weights with highest scavenging hydroxyl radical activities hydrolyzed by papain were about 1 191 D and 826 D and their scavenging activities of hydroxyl radical were 53.6% and 66.6% respectively when the peptide concentrations were 0.184 mg/mL and 0.673 mg/mL, and the molecular weights of the peptides hydrolyzed by neutral protease were about 1 074 D and 735 D respectively and their scavenging activities were determined as 57.6% and 70.5% respectively when the peptide concentrations were 0.166 mg/mL and 0.830 mg/mL. Further isolating and purifying results made by HPLC indicated that when the concentration of the peptides with highest scavenging activities made separately by papain and neutral protease was 2.5 mg/mL, their scavenging activities were determined as 83.6% and 80.8% respectively. Study on white mice fed by papain and neutral protease hydrolysates after membrane separation (UF) showed that activities of GSH-PX, SOD and GSH in liver tissue mice were improved considerably compared with that of the white mice fed by crude oyster meat ($P < 0.05$). In contrast, enhancement of MDA content was significantly inhibited by supplement of the same hydrolysates ($P < 0.05$). The results of the white mice fed by papain and neutral protease hydrolysates without membrane separation only improved the activities of SOD significantly ($P < 0.05$). [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (2): 295 – 300]

Key words: oyster hydrolysate; molecular weight distribution; scavenging activity of hydroxyl radical; GSH-PX