

扇贝抗氧化肽对衰老小鼠体内抗氧化活性研究

马丽艳¹, 胡 昂^{1,2}, 刘志东^{1*}, 段 蕊², 张俊杰², 曲映红³, 蒋 玫¹, 李 磊¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 淮海工学院海洋生命与水产学院, 连云港 222005;
3. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: **目的** 研究扇贝副产物抗氧化肽对衰老小鼠体内抗氧化活性。**方法** 采用D-半乳糖构建小鼠衰老动物模型, 分别以不同性别小鼠肝脏中特征酶超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD), 过氧化氢酶(catalase, CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活性及丙二醛(alondialdehyde, MDA)含量为指标, 评价扇贝抗氧化肽的体内抗氧化功能。**结果** 与模型组比较, 灌胃剂量为0.5 mL/kg的样品组能够显著提高模型小鼠(雌性和雄性)中肝脏中SOD、CAT、GSH-Px等特征酶的活性, 并降低MDA含量水平。同时以脾脏指数、胸腺指数、吞噬指数为指标评价扇贝抗氧化肽对小鼠免疫能力的影响。结果显示灌胃剂量为0.50 mL/kg和1.0 mL/kg的扇贝抗氧化肽能够提高小鼠的脾脏指数、胸腺指数和吞噬指数。**结论** 扇贝抗氧化肽具有良好的增强机体抗氧化功能作用。

关键词: 扇贝副产物; 抗氧化肽; 抗氧化功能; 衰老

Antioxidant function of peptides from scallop by-product in aged mice *in vivo*

MA Li-Yan¹, HU Ang^{1,2}, LIU Zhi-Dong^{1*}, DUAN Rui², ZHANG Jun-Jie²,
QU Ying-Hong², JIANG Mei¹, LI Lei¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
2. College of Marine Life and Fisheries, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China;
3. College of Food Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the antioxidant function of peptides from scallop by-product in aged mice *in vivo*. **Methods** D-galactose was used to construct an animal model of aged mice. Superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-px) and the content of alondialdehyde (MDA) in the liver of mice of different genders were used as indicators to evaluate the antioxidant function of the anti-oxidant peptide in scallop. **Results** Compared with the model group, the intragastric dosage of 0.5 mL/kg in the sample group was able to significantly increase the activity of SOD, CAT, gsh-px and other characteristic enzymes in the liver of the model mice (female and male) and reduce the MDA level. At the same time, spleen index, thymus index and phagocytic index were used to evaluate the effect of scallop anti-oxidant peptide on mice immunity. The results showed that the intragastric dosage of 0.50 mL/kg and 1.0 mL/kg of scallop anti-oxidant peptide could improve the spleen index,

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2016HY-ZD1003)、国家现代贝类产业技术体系项目(CARS-48)

Fund: Supported by Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2016HY-ZD1003) and State Modern Shellfish Technology System of Agricultural Industry (CARS-48))

*通讯作者: 刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为海洋生物资源利用研究。E-mail: zd-liu@hotmail.com

*Corresponding author: LIU Zhi-Dong, Ph.D, Associate Professor, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China. E-mail: zd-liu@hotmail.com

thymus index and phagocytic index of mice. **Conclusion** The anti-oxidant peptide of scallops has a good effect on enhancing the antioxidant function of the body.

KEY WORDS: scallop by-product; antioxidant peptide; antioxidant function; aging

1 引言

我国是全球扇贝(*scallop*)养殖和出口第一大国,扇贝产业每年都会产生大量的内脏等加工副产物。扇贝加工副产物(除贝壳外)含有丰富的蛋白质、脂质、多糖及牛磺酸等生物活性物质,是海洋功能性物质的良好来源。扇贝加工副产物因成分复杂、利用难度大等原因多作为废弃物处理,不仅造成了宝贵生物资源浪费,还产生了一系列环境污染问题^[1]。因此,扇贝加工副产物的开发利用已经成为扇贝产业亟需迫切解决的主要问题之一。

氧化是引起人体疾病、衰老的主要原因之一。正常情况下,人体的氧化-还原处于一种动态平衡状态;但当人体处于应激和疾病状态时,这种平衡状态即被打破,人体表现出应激、疾病、衰老状态。研究发现抗氧化肽具有较好的清除自由基、螯和金属离子、抑制脂质过氧化等功能^[2,3]。鉴于抗氧化肽良好的生物活性和功能特性,在功能性食品、医学和化妆品等领域具有广泛的应用前景。

刘媛等^[4]以扇贝肉为原料,开展了扇贝抗氧化肽的制备,体外活性评价工作。车勇良等^[5-9]研究发现来源于栉孔扇贝的多肽具有抑制 H₂O₂ 对胸腺细胞氧化损伤,保护无毛小鼠的皮肤、体外 HeLa 细胞免受紫外线 A 的损伤以及体外人成纤维细胞免受紫外线 B 损伤的功能。目前,关于扇贝多肽的研究主要停留在细胞等体外研究层面,关于体内研究的报道尚较少。由于扇贝加工副产物组成的复杂性和来源的多样性,需要开展更多的实验,从更宽广的角度如体内层面来阐释扇贝多肽的生物活性。因此,本文采用 D-半乳糖诱导衰老小鼠模型研究扇贝抗氧化肽的体内抗氧化功能,旨在为扇贝加工副产物的利用提供更多的基础信息。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与实验动物

海湾扇贝(*Argopecten irradians*): 2017年11月购自上海市杨浦区东方国际水产中心,由本实验室利用扇贝加工副产物制备获得扇贝多肽^[4];超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)试剂盒、过氧化氢酶(catalase, CAT)试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)试剂盒、丙二醛(malonaldehyde, MDA)试剂盒、总蛋白试剂盒(南京建成生物工程研究所);D-半乳糖(D-Gal, 上海国药集团

试剂有限公司);其他试剂(分析纯,上海国药集团试剂有限公司)。

SPF 级昆明小鼠,体重(20±2) g,购自上海复旦大学实验动物中心。饲养条件:室温(24±4) °C,相对湿度 50%~60%,交替 12 h 光照/黑暗条件下饲养;每天更换饲料、饮水和垫料,适应性喂养 7 d。

2.2 实验方法

2.2.1 实验动物分组及处理

动物实验根据抗氧化功能评价方法进行设计^[10]。实验动物按照性别随机分为 6 组,每组 5 只(雌性/雄性);通过皮下注射 D-半乳糖方式构造小鼠衰老模型。实验分为阴性对照组(Normal)、模型对照组(D-Gal)、阳性对照组(Vc)、低剂量组、中剂量组、高剂量组,其中阴性对照组注射同等量的生理盐水。阴性对照组和模型对照组实验动物采用生理盐水灌胃(0.25 mL/10 g·bw);阳性对照组实验动物采用 Vc 溶液灌胃(100 mg/kg·bw);低剂量组、中剂量组和高剂量组小鼠分别灌胃扇贝抗氧化肽溶液(0.25、0.50、1.0 mg/kg·bw),造模成功后实验 28 d,小鼠自由摄食、饮水。实验结束前所有小鼠禁食 12 h。

2.2.2 样本采集与处理

最后一次给药 12 h 后,将小鼠称重,处死并进行解剖;采集小鼠的肝脏、胸腺等脏器,以 4 °C 生理盐水漂洗并用滤纸吸干,称重。肝脏迅速采用冰冷生理盐水洗涤并匀浆制成 10% 匀浆液,在 4 °C、4000 r/min、离心 10 min,除去细胞碎片,上清液直接用于 SOD、CAT、GSH-Px 活性和 MDA 含量分析与测定。

2.2.3 指标测定方法

SOD 活性采用黄嘌呤氧化酶法(羟胺法)测定, CAT 和 GSH-Px 活性采用可见分光光度法测定, MDA 含量采用硫代巴比妥酸法测定,蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定。检测方法按照南京建成生物工程研究所的对应测定试剂盒说明书进行。小鼠碳廓清实验采用校正吞噬指数法检测^[9]。

小鼠体重采用天平直接称量测定,胸腺、脾脏指数均以相对于体重的组织质量系数表示:

$$\text{组织指数} = (\text{组织重量 mg} / \text{体重 g}) \times 1000.$$

2.3 数据处理与分析

实验数据采用 SPSS 19.0 统计软件包行分析处理,结果以平均值±标准差(Mean±sd)表示。多组间平均值比较用独立样本 T 检验进行差异显著性分析。

3 结果与分析

基于不同原理的抗氧化活性评价, 能够从不同角度或层面反映抗氧化剂的功能特性^[11]。SOD 是清除体内超氧阴离子自由基的主要酶, CAT 是催化 H₂O₂ 的分解反应, 防止 H₂O₂ 参与机体有害物质·OH 产生的酶, 能够有效保护细胞膜结构及功能的完整性。GSH-Px 是生物体内的一种还原剂, 能够消除/减少机体内的过氧化氢及脂质过氧化物, 间接反映自由基的清除能力。MDA 是脂质过氧化的产物, 通常间接反映脂质过氧化的程度, 防止因机体内 MDA 含量的增加引起 SOD 和 GSH-Px 活性的降低^[12,13]。

由表 1~2 可知, 模型对照组小鼠肝脏 SOD、CAT、GSH-Px 活性低于阴性对照组($P<0.05$), MDA 含量均高于阴性对照组($P<0.05$), 表明实验动物造模成功。与阴性对照组相比, 中、高剂量组的 SOD 活性差异显著($P<0.05$), 低剂量组的差异不显著; 与阴性对照组相比, 高剂量组小鼠肝脏 CAT 活性差异显著($P<0.05$), 低、中剂量组差异不显著; 与阴性对照组相比, 中、高剂量组的 GSH-Px 活性显著差异, 低剂量组差异不显著; 与模型对照组相比, 中、高剂量组 MDA 含量差异显著($P<0.05$); 但是低剂量组与模型对照组的 MDA 含量无显著差异。此外, 各剂量组小鼠肝脏 SOD、CAT、GSH-Px 活性与摄入量呈正相关关系, MDA 含量与摄入量呈负相关关系。深入分析表明扇贝抗氧化肽具有增强小鼠体内 SOD、CAT、GSH-Px 活性, 减轻超氧阴离子自由基损伤, 拮抗氧自由基对蛋白质的攻击、降低体内脂质过氧化程度的作用^[14]。

表 1 扇贝抗氧化肽对小鼠肝脏 SOD、CAT 活性及 MDA 含量的影响($n=3$)

Table 1 Effects of anti-oxidant peptide in scallop on SOD and CAT activities and MDA content in the liver of mice ($n=3$)

组别	性别	SOD/(U/mg)	CAT/(U/mg)	MDA/(nmol/mg)
阴性对照组	雄性	26.29±1.31	40.40±1.61	4.85±0.53
	雌性	25.51±1.34	46.13±1.21	5.03±0.41
模型对照组	雄性	23.97±1.21	36.73±1.28	15.56±0.76
	雌性	22.16±1.34	33.28±1.34	17.68±0.84
阳性对照组	雄性	32.34±1.72	47.42±2.12	5.86±0.82
	雌性	31.28±1.71	43.32±2.15	7.95±0.43
低剂量组	雄性	25.96±1.34	47.53±0.92	12.29±1.21
	雌性	25.14±1.24	43.78±1.05	14.52±1.03
中剂量组	雄性	30.32±1.08*	48.68±1.26	8.26±0.42*
	雌性	29.42±1.41*	47.45±2.12	10.79±0.86*
高剂量组	雄性	30.43±1.42*	49.90±2.01*	7.36±0.56*
	雌性	29.98±1.21*	46.27±1.24*	9.42±0.71*

注: *与模型对照组比较, 有显著性差异($P<0.05$)。

表 2 扇贝抗氧化肽对小鼠肝脏 GSH-Px 活性的影响($n=3$)
Table 2 Effects of anti-oxidant peptide in scallop on GSH-Px activity in the liver of mice ($n=3$)

组别	性别	GSH-Px/(mg/g)
阴性对照组	雄性	695.26±8.13
	雌性	681.34±5.65
模型对照组	雄性	634.24±7.35
	雌性	643.25±5.42
阳性对照组	雄性	796.72±4.26
	雌性	815.56±5.49
低剂量组	雄性	689.82±4.24
	雌性	673.42±5.58
中剂量组	雄性	758.49±8.53
	雌性	765.71±7.52
高剂量组	雄性	789.58±6.35*
	雌性	829.69±10.21*

注: *与模型对照组比较, 有显著性差异($P<0.05$)。

表 3 扇贝抗氧化肽对小鼠体重、脾脏指数、胸腺指数和吞噬指数的影响($n=3$)

Table 3 Effects of anti-oxidant peptide in scallop on weight, spleen index, thymus index and phagocytosis index of mice ($n=3$)

组别	性别	体重/kg	脾脏指数/(mg/g)	胸腺指数/(mg/g)	吞噬指数
阴性对照组	雄性	40.26±2.28	21.25±2.53	18.39±2.14	5.58±0.46
	雌性	35.23±3.46	28.37±3.24	32.58±4.23	5.65±0.57
模型对照组	雄性	38.65±2.39	20.26±2.52	16.58±2.21	5.45±0.49
	雌性	32.26±3.53	23.56±2.37	25.36±3.14	5.52±0.37
阳性对照组	雄性	42.65±3.23	23.09±2.15	26.46±3.27	5.96±0.34
	雌性	35.96±4.58	26.12±2.23	25.56±3.46	6.15±0.46
低剂量组	雄性	40.16±3.35	22.29±1.93	21.42±4.26	5.76±0.51
	雌性	33.59±3.82	31.27±3.57	24.73±3.48	5.89±0.29
中剂量组	雄性	38.67±2.58	23.43±2.15*	22.34±3.82	5.86±0.64*
	雌性	35.38±2.68	32.29±2.19*	26.42±2.65	5.93±0.72*
高剂量组	雄性	37.59±3.57	20.37±2.06	23.57±2.65*	5.98±0.57*
	雌性	35.66±2.59	34.25±2.37*	29.93±3.41*	6.11±0.62*

注: *与模型对照组比较, 有显著性差异($P<0.05$)。

由表 3 可知, 与阴性对照组和模型对照组相比, 低、中、高剂量组小鼠体质量的增加无显著差异($P>0.05$), 整个实验期间, 实验小鼠呈现平稳增加趋势。扇贝抗氧化肽对小鼠体质量的改变无显著影响。与阴性对照组和模型对照

组相比,中、高剂量组的小鼠脾脏指数差异显著($P<0.05$),低剂量组差异不显著;与阴性对照组相比,胸腺指数高剂量组差异显著;与模型对照组相比,中、高剂量组差异显著($P<0.05$)。与阴性对照组相比,吞噬指数中和高剂量组差异显著;与模型对照组相比,中、高剂量组作用显著;低、中、高剂量组呈现剂量-效应关系。

4 讨论

机体衰老的主要原因就是蛋白质、脂质和 DNA 等受自由基诱导氧化和自由基对蛋白质、脂质和 DNA 等的直接损伤作用。因此,提高机体的抗氧化能力,可以延缓衰老的进程。自由基是生物体氧化-还原反应的代谢产物。正常情况下,自由基的产生和清除处于一种动态平衡状态。由于肝脏极易受到自由基攻击,引起脂质过氧化物的侵害而诱发疾病或者机体的衰老。主要是由于体内自由基的增加导致脂质过氧化物的形成,机体内抗氧化酶活性降低(如 GSH-Px、SOD 等),机体的抗氧化能力下降,生物膜结构和功能受到破坏,导致肝细胞坏死。研究表明,SOD 可以特异性地清除 O_2^- ,促使 O_2^- 进一步转变为 H_2O_2 ; GSH-Px 可以快速消除 H_2O_2 ,减轻甚至阻断脂质过氧化作用的一级引发作用。各种抗氧化酶协同作用,保持机体内自由基反应的平衡,维持细胞膜结构,确保细胞功能的完整性。因此,近年来,围绕自由基与脂质过氧化对肝脏的作用开展了大量的研究。

本文采用 D-半乳糖皮下注射(100 mg/kg)昆明小鼠(雌性和雄性)构建衰老动物模型,其衰老反应接近于自然衰老评估,已经获得了自由基衰老学说的支持和验证。与阴性对照组相比,模型对照组小鼠肝脏 SOD、CAT 和 GSH-Px 活性升高、MDA 含量降低;与模型对照组相比,阳性对照组小鼠肝脏 SOD、CAT 和 GSH-Px 活性升高,MDA 含量降低,表明动物模型造模成功。由表 1~2 的结果表明,扇贝抗氧化肽能够提高各剂量组小鼠肝脏 SOD、CAT 和 GSH-Px 活性,降低 MDA 含量,具有较好的体内抗氧化功能。扇贝抗氧化肽低、中、高剂量组与模型组不同性别的小鼠 SOD 和 GSH-Px 活性呈显著正相关性;与小鼠体内 MDA 含量呈显著负相关性。扇贝抗氧化肽具有辅助清除模型小鼠体内超氧阴离子、保护细胞膜结构和功能完整性、减少细胞损伤和降低体内脂质过氧化和蛋白氧化损伤的功能,这与先前的研究结论相一致^[13,15]。另外,机体内自由基反应发生后,抗氧化剂本身就成为新的自由基,只有新自由基的毒性或活泼性不大于原来自由基的毒性或活泼性时,抗氧化剂才能够发挥保护作用。此外,研究表明机体的抗氧化能力与机体的免疫功能密切相关,某内源性自由基反应可以通过自由基修饰免疫细胞膜上的受体、细胞分化和活性相关的微管系统,可逆地调节机体的免疫功能。

而抗氧化剂可以提高免疫细胞微管系统的活性,进而调节机体细胞免疫与体液免疫。胸腺、脾脏是机体内主要的免疫器官。结果表明,扇贝抗氧化肽能够显著提高小鼠脾脏指数、胸腺指数和吞噬指数,具有良好的增强免疫活性功能,并与摄入量呈现量效关系。由于上述指标还属较初步的免疫指标,因此,扇贝抗氧化肽的免疫调节作用还需开展深入的研究。

5 结论

本文采用 D-半乳糖注射构建小鼠衰老动物模型,评价扇贝抗氧化肽对小鼠肝脏中特征性抗氧化酶(SOD、CAT、GSH-Px)活性及 MDA 含量的影响,并以脾脏指数、胸腺指数和吞噬指数评价扇贝抗氧化肽的免疫功效。结论表明扇贝抗氧化肽能够提高小鼠肝脏特征抗氧化酶的活性,降低 MDA 含量,并提高脾脏指数、胸腺指数和吞噬指数。现有的研究表明,扇贝抗氧化肽具有较好的体内抗氧化功能,具备良好的开发前景。由于扇贝的种类、来源及制备方法的差异,为了更深入的了解扇贝抗氧化肽的功能特性,建议再继续不同层面和角度相关研究。

参考文献

- [1] 马丽艳,汪一红,刘志东,等.扇贝加工副产物资源利用进展[J].渔业信息与战略,2017,32(3):204-210.
Ma LY, Wang YH, Liu ZD, et al. Advances in utilization of by-products from scallop processing [J]. Fish Inf Strateg, 2017, 32(3): 204-210.
- [2] Mohanty DP, Mohapatra S, Misra S, et al. Milk derived bioactive peptides and their impact on human health-A review [J]. Biolog Sci, 2016, 23: 577-583.
- [3] River LS, Maqueda DM, Huerta EC, et al. Peptidomics for discovery, bioavailability and monitoring of dairy bioactive peptides [J]. Food Res Int, 2014, 63: 170-181.
- [4] 刘媛,王健,牟建楼,等.扇贝肉抗氧化肽制备及体外抗氧化实验研究[J].食品工业科技,2014,35(8):206-209.
Liu Y, Wang J, Mu JL, et al. Study on preparation and the antioxidant effect of antioxidant peptide from scallop protein [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(8): 206-209.
- [5] 车勇良,孙溢,欧阳五庆,等.扇贝多肽(PCF)对 H_2O_2 损伤胸腺细胞的保护作用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(4):13-16.
Che YL, Sun M, Ouyang WQ, et al. Protective effects of polypeptide from *Chlamys farreri* on thymocytes damaged by hydrogen peroxide [J]. J Northwest Sci-Tech Univ Agric (Nat Sci Ed), 2005, 33(4): 13-16.
- [6] Wang CB, Yao RY, Liu ZT, et al. Protective effect of polypeptide from *Chlamys farreri* on hairless mice damaged by ultraviolet A [J]. Acta Pharm Sin, 2002, 23: 813-818.
- [7] Yao RY, Wang CB. Protective effects of polypeptide from *Chlamys farreri* on hela cells damaged by ultraviolet A [J]. Acta Pharm Sin, 2002, 23: 1018-1022.
- [8] Wang CB, Ding BX, Guo SB, et al. Protective effect of polypeptide from *Chlamys farreri* on mitochondria in human dermal fibroblasts irradiated by ultraviolet B [J]. Acta Pharmacol Sin, 2003, 24: 692-696.

- [9] 魏好程, 邵杰, 何传波, 等. 鲍内脏多糖体内抗氧化及增强小鼠免疫活性[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 140-144.
Wei HC, Shao Jie, He CB, et al. *In vivo* antioxidant capacity and immunoenhancing activity in mice of polysaccharides from abalone viscera [J]. Food Sci, 2018, 39(9): 140-144.
- [10] 国家食品药品监督管理总局. 国食药监保化[2012]107号《关于印发抗氧化功能评价方法等 9 个保健功能评价方法的通知》[EB/OL]. [2017-07-18]. <http://www.sda.gov.cn/WS01/CL0847/71257.html>.
State Food and Drug Administration. The food drug safety protect melt [2012] no. 107 "Note about printing nine health care functions evaluation methods such as antioxidant function" [EB/OL]. [2017-07-18]. <http://www.sda.gov.cn/WS01/CL0847/71257.html>.
- [11] 刘志东, 郭本恒, 王荫榆. 抗氧化活性检测方法的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2008, (3): 563-567.
Liu ZD, Guo BH, Wang YY. Methods to determine antioxidative activity [J]. Nat Prod Res Dev, 2008, (3): 563-567.
- [12] Volpi N, Tarugi P. Influence of chondroitin sulfate charge density, sulfate group position, and molecular mass on Cu²⁺-mediated oxidation of human low-density lipoproteins: effect of normal human plasma derived chondroitin sulfate [J]. J Biochem, 1999, 125(2): 297-304. DOI:10.1093/oxfordjournals.jbchem.a022286.
- [13] 张幸怡, 李洋, 林聪, 等. 辣木叶粉对大鼠生长性能、血液与肝脏抗氧化及免疫指标的影响 [J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28: 1724-1731.
Zhang XY, Li Y, Lin C, et al. Effects of *Moringa oleifera* leaves on growth performance, antioxidant and immunity function of blood and liver in sprague dawley rats [J]. Nat Prod Res Dev 2016, 28: 1724-1731.
- [14] 王振宇, 刘瑜, 周丽萍. 大果沙棘黄酮对糖尿病小鼠血脂与抗氧化水平的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 297-301.
Wang ZY, Liu Y, Zhou LP. Hypolipidemic and antioxidant effects of flavonoids from *Hippophae rhamnoides* L. pomace in ICR mice with alloxan induced diabetes [J]. Food Sci, 2010, 31(7): 297-301.
- [15] 陈宏运, 崔红燕, 吴彬彬, 等. 植物发酵液对 D-半乳糖致衰老模型小鼠的抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(8): 7-11, 17.
Chen HY, Cui HY, Wu BB, et al. Antioxidant activity of fermented plant extracts (FPE) in a mouse model of D-galactose-induced aging [J]. Mod Food Sci Technol, 2015, 31(8): 7-11, 17.

(责任编辑: 武英华)

作者简介

马丽艳, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为海洋生物资源利用。
E-mail: zd-liu@hotmail.com

刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为海洋生物资源利用研究。
E-mail: zd-liu@hotmail.com

食品微生物质量控制技术专题征稿函

病原微生物引起的食源性疾病已成为影响食品安全的头号问题, 是食品安全的重大隐患。如何有效控制微生物污染已成为把控行业健康发展的重要因素, 如何提高实验室检测能力, 并科学运用食品微生物控制技术减少食品在生产加工等过程中的微生物危害, 以先进的微生物检验控制技术预防微生物污染, 已成为政府监管部门及食品企业关注的焦点问题之一。

鉴于此, 本刊特别策划“食品微生物质量控制技术”专题。由上海海洋大学赵勇教授担任专题主编。专题将围绕食品全链条微生物污染、食品微生物快速检测、食品微生物高效控制、食品微生物标准法规、食品微生物耐药性等问题展开讨论, 计划在 2019 年 2 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 学报主编吴永宁研究员及专题主编赵勇教授特别邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 **2018 年 12 月 30 日前**通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题)

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部