

石洪玥,陆颖,卢正义,等.不同盐度下 5 种中草药对 2 种水产动物致病菌的抑菌效果比较[J].江苏农业科学,2019,47(1):162-165.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.039

# 不同盐度下 5 种中草药对 2 种水产动物 致病菌的抑菌效果比较

石洪玥<sup>1</sup>,陆颖<sup>1</sup>,卢正义<sup>2</sup>,王庆奎<sup>1</sup>,孙学亮<sup>1</sup>

(1.天津市水产生态及养殖重点实验室/天津农学院水产学院,天津 300384;2.天津市晨辉饲料有限公司,天津 301800)

**摘要:**采用牛津杯法比较不同盐度(0、1%、2%、3%、4%)下五倍子、石榴皮、诃子、黄芩、乌梅 5 种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的抑菌效果,测定了最小抑菌浓度。结果表明,5 种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌都有不同程度的抑菌效果,其中黄芩和五倍子抑菌作用较强,乌梅抑菌作用较差,而诃子和石榴皮的抑菌作用一般,但石榴皮对嗜水气单胞菌的抑菌作用较为明显。不同盐度下,5 种中草药对这 2 种致病菌的最小抑菌浓度(MIC)有差异。高盐度时,5 种中草药对迟缓爱德华氏菌的 MIC 较低,均 $\leq 25$  mg/mL,抑菌效果较好;而低盐度时,各个中草药 MIC 均在 25 mg/mL 及以上,抑菌效果较差。在盐度为 0 时,5 种中草药对嗜水气单胞菌的 MIC 最低,抑菌效果最好。

**关键词:**盐度;中草药;迟缓爱德华氏菌;嗜水气单胞菌;抑菌效果

**中图分类号:**S942;S941.42 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)01-0162-04

嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)和迟缓爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)是 2 种常见的水产动物致病菌,引起水产动物大量死亡,对水产产业造成重大威胁<sup>[1-5]</sup>。目前,对于各种水产动物致病菌的防御多采用抗生素和化学药物,但抗生素和化学药物长时间使用具有诸多弊端,如增强致病菌的耐药

性、造成养殖动物体内药物残留量日趋增多、使养殖水环境受到污染、引起过敏反应等,这些都导致抗生素和化学药物的使用受到限制<sup>[6-7]</sup>。

近年来,越来越多的中草药被用于防治细菌性传染病。中草药作为一种天然药物,可直接作用于细菌等微生物的结构和代谢而发挥其抗菌作用。研究表明,许多中草药具有明显的杀菌抑菌作用,并具有无抗药性、无残留及不会引起药源性等疾病等优点<sup>[8-10]</sup>。开展抗菌中草药的筛选和应用研究对于动物细菌性疾病的防治具有重要意义<sup>[11]</sup>。

目前,关于中草药对水产动物致病菌的抑菌、杀菌研究报道较多<sup>[12-17]</sup>,但中草药在不同盐度下的抑菌、杀菌作用未见报道。鉴于水体盐度对中草药的抑菌效果影响较大<sup>[6]</sup>,因此研究中草药在不同盐度下的抑菌效果,更具指导意义。本试验在现有报道的基础上<sup>[6-9,11-15]</sup>,筛选出五倍子(*Rhus chinensis*)、乌梅(*Scutellaria baicalensis*)、石榴皮(*Terminalia*

收稿日期:2017-09-12

基金项目:天津市应用基础与前沿技术研究的(重点项目)(编号:15JCZDJC33600、15JCZDJC34000);天津市水产产业技术体系创新团队(编号:ITTFRS2017004、ITTFRS2017003);天津市种业科技重大专项(编号:16ZXZYN00120)。

作者简介:石洪玥(1986—),女,辽宁本溪人,硕士,实验师,主要从事水产养殖研究。Tel:(022)23787855;E-mail:youyan\_shy@126.com。

通信作者:王庆奎,博士,副教授,主要从事水产养殖研究。Tel:(022)23781299;E-mail:wangqk@tjau.edu.cn。

tolerance to transgenic tobacco plants by scavenging methylglyoxal and reducing the membrane damage[J]. Molecular Biotechnology,2013,54(2):292-303.

[10]Éva C, Solti Á, Oszvald M, et al. Improved reactive aldehyde, salt and cadmium tolerance of transgenic barley due to the expression of aldo-keto reductase genes[J]. Acta Physiologiae Plantarum,2016,38(4):1-10.

[11]代海艳,江翱,李伟.黄芩醛还原酶的羧基解毒作用初探[J].江苏农业科学,2017,45(1):150-152.

[12]Jez J M, Penning T M. The aldo-keto reductase (AKR) superfamily: an update[J]. Chemico-Biological Interactions,2001,130-132:499-525.

[13]Barski O A, Tipparaju S M, Bhatnagar A. The aldo-keto reductase superfamily and its role in drug metabolism and detoxification[J]. Drug Metabolism Reviews,2008,40(4):553-624.

[14]Mindnich R D, Penning T M. Aldo-keto reductase (AKR) superfamily:genomics and annotation[J]. Human Genomics,2009,3(4):362-370.

[15]Hintzpeter J, Martin H J, Maser E. Reduction of lipid peroxidation products and advanced glycation end-product precursors by cyanobacterial aldo-keto reductase AKR3G1-a founding member of the AKR3G subfamily[J]. FASEB Journal,2015,29(1):263-273.

[16]Éva C, Tóth G, Oszvald, et al. Overproduction of an *Arabidopsis* aldo-keto reductase increases barley tolerance to oxidative and cadmium stress by an *in vivo* reactive aldehyde detoxification[J]. Plant Growth Regulation,2014,74(1):55-63.

[17]Agrawal C, Sen S, Yadav S, et al. A novel Aldo-Keto reductase (AKR17A1) of *Anabaena* sp. PCC 7120 degrades the rice field herbicide butachlor and confers tolerance to abiotic stresses in *E. coli*[J]. PLoS One,2015,10(9):e0137744.

chebula)、黄芩(*Prunus mume*)和诃子(*Punica granatum*)5 种抑菌、杀菌效果明显的中草药,比较它们在不同盐度下(0、1%、2%、3%、4%)对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的抑菌效果,为上述 5 种中草药在不用盐度养殖水体中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验药品 五倍子、黄芩、诃子、乌梅、石榴皮 5 种中草药购自天津市某大药房,粉碎后保存备用。试验于 5 月中旬在天津市水产生态及养殖重点实验室进行。

1.1.2 培养基 营养琼脂(北京澳博星生物技术有限责任公司);Mueller-Hinton 培养基(北京索莱宝科技有限公司)。

1.1.3 试验菌种 迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌均由天津农学院天津市水产生态及养殖重点实验室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 菌悬液的制备 迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌在超净工作台上进行菌种活化。取已灭菌离心管,分别加入 1 mL 生理盐水备用。再用接种环从盛有源菌的培养基中沾取源菌,将其放入上述盛有生理盐水的离心管中,充分混匀成菌溶液备用。

分别吸取 2 种菌溶液各 100 μL 于营养琼脂培养基上涂布均匀,置于恒温培养箱中 28 ℃ 培养 24 h,后用生理盐水冲洗培养基获得菌液,并放入 4 ℃ 冰箱中保存,红细胞计数板估算菌液浓度约为 2 × 10<sup>9</sup> CFU/mL,使用时用生理盐水稀释成浓度约为 10<sup>8</sup> CFU/mL 的菌悬液。

1.2.2 试验药物的制备 使用水提法<sup>[18-19]</sup>制备试验药液。五倍子、黄芩、诃子、乌梅、石榴皮各取 50 g 于烧杯中,分别加入 500 mL 蒸馏水,浸泡 30 min 后煎煮,并用玻璃棒不断搅动,待煮沸后用文火煮 30 min,滤出药液,继续加水煎煮,重复 3 次,合并滤液,旋转蒸发至 250 mL,所得中草药水提物折合成生药为 200 mg/mL,高压蒸汽灭菌后于 4 ℃ 冰箱中保存备用,使用前充分振荡。

1.2.3 不同盐度下 5 种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气

单胞菌的抑菌效果比较 将高盐度卤水过滤后加入蒸馏水并高压灭菌,配制成盐度分别为 0、1%、2%、3%、4% 的无菌水,将 Mueller-Hinton 培养基粉末溶于不同盐度的无菌水中,倒入玻璃培养皿制备成固体培养基。采用牛津杯法(管碟法)<sup>[20]</sup>测定 5 种中草药在不同盐度(0、1%、2%、3%、4%)下对 2 种致病菌的最小抑菌浓度(MIC)。吸取 100 μL 菌液均匀涂布于固体培养基上,每个培养皿等间距放置 3 个牛津杯,轻压使其与培养基紧密接触。向牛津杯中加 200 μL 药液,28 ℃ 培养 24 h,测量抑菌圈直径。

1.2.4 不同盐度下 5 种中草药对爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的最小抑菌浓度的测定 用二倍稀释法,将中草药液稀释为 200、100、50、25、12.5、6.25、3.125 mg/mL。吸取各浓度中草药溶液 200 μL,加入到不同盐度培养皿的牛津杯中,作为药物浓度梯度组。加药完毕后于恒温培养箱中 28 ℃ 培养 24 h 后,观察结果,以牛津杯周围透亮有抑菌圈表示细菌不生长(-),牛津杯周围模糊不清无抑菌圈表示有细菌生长(+)。能够抑制细菌正常生长的最低药物浓度即为 5 种中草药对该种细菌的最小抑菌浓度(MIC)。

1.3 数据统计与分析

将所得数据用 SPSS 19.0 做单因素方差分析,差异显著( $P < 0.05$ )的用 Duncan's 法做多重比较,表中数据用“平均值 ± 标准误”表示, $n = 3$ 。

2 结果与分析

2.1 中草药对迟缓爱德华氏菌的抑菌圈直径

由表 1 可知,盐度不同时 5 种中草药原液对迟缓爱德华氏菌的抑菌圈直径差异显著( $P < 0.05$ );而盐度相同时不同中草药的抑菌效果同样差异显著( $P < 0.05$ )。其中,黄芩在各个盐度条件下对于迟缓爱德华氏菌的抑菌效果都较为明显,抑菌直径均 > 19.00 mm,而五倍子和石榴皮对于迟缓爱德华氏菌的抑菌效果随盐度的增加而增强,五倍子、诃子和黄芩在高盐度条件下抑菌效果显著高于其他 2 种药物( $P < 0.05$ ),抑菌圈直径均 > 29.00 mm。

表 1 不同盐度下 5 种中草药水提物对迟缓爱德华氏菌的抑菌圈直径

盐度 (%)	抑菌圈直径(mm)				
	五倍子	石榴皮	诃子	乌梅	黄芩
0	13.60 ± 0.46Eb	10.13 ± 0.67Ed	11.07 ± 0.25Ec	7.87 ± 0.57Ce	19.10 ± 0.36Da
1	15.20 ± 0.26Db	12.20 ± 0.46De	16.10 ± 0.44Cb	10.63 ± 0.31Bd	20.77 ± 1.06Ca
2	16.00 ± 0.36Cb	14.00 ± 0.46Cd	12.97 ± 0.61De	15.03 ± 0.61Ac	19.03 ± 0.42Da
3	23.03 ± 0.32Bb	18.00 ± 0.26Bc	25.07 ± 0.71Ba	11.07 ± 0.35Bd	25.70 ± 0.40Ba
4	29.80 ± 0.40Aa	21.90 ± 0.26Ab	29.07 ± 0.35Aa	15.87 ± 0.38Ac	29.07 ± 0.35Aa

注:同行不同小写字母表示不同中草药处理间差异显著( $P < 0.05$ ),同列不同大写字母表示不同盐度处理间差异显著( $P < 0.05$ )。中草药折合成生药的浓度为 200 mg/mL。表 2 表同。

2.2 中草药对嗜水气单胞菌的抑菌圈直径

由表 2 可知,不同盐度下 5 种中草药原液对嗜水气单胞菌的抑菌圈直径差异显著( $P < 0.05$ )。其中,乌梅对于嗜水气单胞菌的抑菌效果最差,各个盐度下的抑菌圈直径均低于其他中草药。在盐度为 0 时,5 种中草药对于嗜水气单胞菌的抑菌圈直径都较其他盐度条件下抑菌圈直径大,抑菌圈直径均 > 19.00 mm,黄芩和乌梅这 2 种中草药在盐度 1% ~

3%,抑菌强度随盐度增加而增强。

2.3 中草药水提物对迟缓爱德华氏菌的最小抑菌浓度

由表 3 可知,5 种中草药水提物在不同盐度下,药物浓度越高抑菌效果越好。其中盐度为 4% 时,5 种中草药的 MIC 较低,均 ≤ 25 mg/mL,抑菌效果较好;而盐度为 1% 和 2% 时,各中草药 MIC 均在 25 mg/mL 及以上,抑菌效果较差。

表 2 不同盐度下 5 种中草药水提取物对嗜水气单胞菌的抑菌圈直径

盐度 (%)	抑菌圈直径(mm)				
	五倍子	石榴皮	诃子	乌梅	黄芩
0	20.90 ± 0.30Ac	22.93 ± 0.40Aab	22.13 ± 0.35Ab	19.07 ± 0.61Ad	23.63 ± 0.46Aa
1	18.00 ± 0.36BCb	21.40 ± 0.79Ba	17.27 ± 0.85Cb	10.40 ± 1.08Dd	15.47 ± 1.06Dc
2	18.93 ± 0.67Ba	16.80 ± 0.46Dc	17.10 ± 0.92Cbc	12.77 ± 0.42Cd	17.97 ± 0.15Cab
3	17.97 ± 0.32BCb	19.07 ± 0.55Cb	18.10 ± 0.52Cb	15.27 ± 1.02Bc	21.80 ± 1.14Ba
4	17.57 ± 1.37Cc	20.05 ± 2.22Cb	20.00 ± 0.53Bb	14.51 ± 0.79Bd	19.99 ± 3.08Ba

表 3 5 种中草药水提取物在不同盐度下对迟缓爱德华氏菌的 MIC

中草药	含量 (mg/mL)	结果				
		0	1%	2%	3%	4%
五倍子	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	— *	— *	—	—
	25	— *	+	+	—	—
	12.5	+	+	+	—	— *
	6.25	+	+	+	— *	+
	3.125	+	+	+	+	+
石榴皮	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	— *	— *	— *	—	—
	25	+	+	+	—	—
	12.5	+	+	+	— *	— *
	6.25	+	+	+	+	+
	3.125	+	+	+	+	+
诃子	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	— *	— *	— *	—	—
	25	+	+	+	—	—
	12.5	+	+	+	— *	—
	6.25	+	+	+	+	— *
	3.125	+	+	+	+	+
乌梅	200	—	—	—	—	—
	100	— *	— *	—	—	—
	50	+	+	— *	—	—
	25	+	+	+	—	—
	12.5	+	+	+	— *	— *
	6.25	+	+	+	+	+
	3.125	+	+	+	+	+
黄芩	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	— *	—	—	—
	25	— *	+	— *	— *	— *
	12.5	+	+	+	+	+
	6.25	+	+	+	+	+
	3.125	+	+	+	+	+

注：“—”表示细菌不生长，“+”表示细菌正常生长，“\*”最小抑菌浓度。表 4 同。

2.4 中草药水提取物对嗜水气单胞菌的最小抑菌浓度

由表 4 可知,5 种中草药水提取物在不同盐度下,药物浓度越高抑菌效果越好。其中,乌梅和黄芩在高盐度条件下(盐度为 3%、4%)MIC 均≥25 mg/mL,抑菌效果较差,而五倍子、石榴皮和诃子在低盐度条件下(盐度为 1%、2%)的 MIC 均≤25 mg/mL,抑菌效果较好,在盐度为 0 时,5 种中草药对

表 4 5 种中草药水提取物在不同盐度下对嗜水气单胞菌的 MIC

中草药	含量 (mg/mL)	结果				
		0	1%	2%	3%	4%
五倍子	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—
	25	—	— *	—	—	—
	12.5	— *	+	—	— *	— *
	6.25	+	+	— *	+	+
	3.125	+	+	+	+	+
石榴皮	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—
	25	—	—	— *	—	—
	12.5	—	— *	+	— *	—
	6.25	— *	+	+	+	— *
	3.125	+	+	+	+	+
诃子	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	— *	—
	25	—	— *	—	+	—
	12.5	— *	+	— *	+	—
	6.25	+	+	+	+	— *
	3.125	+	+	+	+	+
乌梅	200	—	—	—	—	—
	100	—	— *	—	—	—
	50	—	+	— *	— *	—
	25	— *	+	+	+	— *
	12.5	+	+	+	+	+
	6.25	+	+	+	+	+
	3.125	+	+	+	+	+
黄芩	200	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—
	50	—	— *	—	—	—
	25	—	+	—	— *	— *
	12.5	—	+	— *	+	+
	6.25	— *	+	+	+	+
	3.125	+	+	+	+	+

嗜水气单胞菌的 MIC 均≤25 mg/mL,其抑菌效果明显强于其他盐度。

3 讨论与结论

由本试验结果可知,在相同盐度条件下,5 种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌均有不同程度的抑制作用,其中黄芩和五倍子抑菌作用较强,诃子抑菌作用一般,而乌梅抑菌作用较差。石榴皮对于迟缓爱德华氏菌的抑菌效果一般,

但对嗜水气单胞菌的抑菌效果特别明显。李权生等用纸片扩散法测定了9种抗生素和10种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌等5种常见水产动物致病菌的抑菌效果,研究表明五倍子抑菌效果最好,黄芩次之<sup>[21]</sup>。其他研究证明,五倍子对于迟缓爱德华氏菌<sup>[22]</sup>和嗜水气单胞菌<sup>[23-24]</sup>均具有比较明显的抑制作用,本试验的结果与之基本一致,这可能与五倍子的药性有关,其富含鞣质,能够凝固微生物体内的原生质,同时含有多种酶,能够对多种细菌起抑制作用<sup>[25]</sup>;黄芩的主要成分是黄芩苷,它具有非常广泛的抗菌谱<sup>[26]</sup>,如对金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌以及沙门氏菌均具有十分良好的抑制作用,还具有很好的抗病毒作用<sup>[26]</sup>。

迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌均可在盐度0~4%环境下生长,故设定0.1%、2%、3%、4%共5个盐度梯度,比较5种中草药在这5个盐度梯度下的抑菌效果。盐度不同时,5种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的抑菌效果明显不同。在高盐度(盐度为3%、4%)时,5种中草药对于迟缓爱德华氏菌的MIC较低,均 $\leq 25$  mg/mL,抑菌效果较好;而在低盐度(盐度为1%、2%)时,各个中草药的MIC均在25 mg/mL及以上,抑菌效果较差;在盐度为0时,5种中草药对迟缓爱德华氏菌的抑菌作用最弱,而盐度为4%时抑菌作用最强。由嗜水气单胞菌的抑菌效果可以看出,嗜水气单胞菌在盐度为0时,5种中草药对其的MIC最低,抑菌效果最好。马玉和等通过K-B纸片扩散法测得5种中草药对于迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的体外抑菌效果,结果是5种中草药对迟缓爱德华氏菌在盐度为4%时抑菌效果最强,对嗜水气单胞菌的抑菌效果在盐度为0时最好<sup>[6]</sup>。本试验的研究结果与之基本一致,这可能与不同盐度下2种致病菌的活性不同有关。Ringø等的研究表明,当北极鲑鱼在海水中养殖时,乳杆菌数量下降,而乳酸菌属细菌和链球菌属细菌的数量保持稳定<sup>[27]</sup>;也有可能是因为中草药在不同盐度下的药性有所变化,关于这一点目前尚未得到论证,还需进一步研究。

五倍子、石榴皮、诃子、黄芩、乌梅对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌均有不同程度的抑菌效果。盐度影响5种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌的抑菌效果。高盐度时,5种中草药对于迟缓爱德华氏菌MIC较低,抑菌效果较好;而低盐度时,各个中草药MIC均在25 mg/mL及以上,抑菌效果较差。

#### 参考文献:

- [1] 刘双凤. 迟钝爱德华氏菌在水产动物中致病性及致病因子的若干研究[J]. 黑龙江水产,2014(1):35-37.
- [2] 郑大海,麦康森. 迟钝爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)研究概况[J]. 海洋湖沼通报,2004(1):52-59.
- [3] 张炜,张文超,朱逢乐. 迟钝爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)研究概况[J]. 华商,2008(3):139,165.
- [4] 沈锦玉. 嗜水气单胞菌的研究进展[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2008,27(1):78-86.
- [5] 冯守明. 嗜水气单胞菌对水生动物的致病作用及防治[J]. 天津水产,2002(1):19-23.
- [6] 马玉和,王庆奎,郭永军,等. 5种中草药对迟缓爱德华氏菌和嗜水气单胞菌抑菌效果的比较[J]. 饲料工业,2014,35(16):51-54.
- [7] 闫茂仓,陈少波,单乐州,等. 22味中草药对创伤弧菌和灿烂弧菌体外抑菌作用筛选[J]. 水生态学杂志,2010,3(2):95-98.
- [8] 左国营,韩峻,余巍,等. 47种中草药提取物的体外抗菌活性筛选研究[J]. 中国药房,2005,16(10):798-799.
- [9] 张显忠,郭爱军,李艳玲,等. 中草药提取物的体外抑菌活性研究[J]. 中华医院感染学杂志,2006(5):563-565.
- [10] 侯家玉. 中药药理学[M]. 北京:中国中医药出版社,2002:207-208.
- [11] 袁婷,钟学稳. 常见中草药的体外抑菌试验[J]. 畜牧兽医科技信息,2009(9):23-25.
- [12] 李春涛,陈霞,张其中,等. 100种中草药体外抑杀嗜水气单胞菌的药效研究[J]. 淡水渔业,2012,42(2):27-34.
- [13] 单晓枫,郭伟生,陈畅,等. 嗜水气单胞菌检测技术研究进展[J]. 动物医学进展,2010,31(5):90-93.
- [14] 陈霞,张其中,李春涛. 50种中草药体外抑杀嗜水气单胞菌的药效研究[J]. 中国预防兽医学报,2011,33(11):862-865.
- [15] 赵蓓蓓,赵晶,王志铮,等. 10种常见中草药水提物对嗜水气单胞菌 ZHYYZ-1 的体外抑菌效果研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2012,31(4):316-320.
- [16] 张海滨,杨桂芳. 12种中草药对嗜水气单胞菌杀伤能力的研究[J]. 水产科学,2006,25(1):16-18.
- [17] 罗新,张其中. 42种中草药对嗜水气单胞菌的体外抑菌试验[J]. 淡水渔业,2011,41(3):61-65.
- [18] Singh G, Maurya S, Delampasona M P, et al. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents[J]. Food and Chemical Toxicology,2007,45(9):1650-1661.
- [19] 刘冬梅,李理,杨晓泉,等. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研究与开发,2006,27(3):110-111.
- [20] 刘健,王海雁,赵淑江. 牛津杯法测定五倍子对大黄鱼病原弧菌的体外抑菌活力[J]. 海洋科学,2009,33(11):44-47.
- [21] 李权生,王荣华,谭情,等. 几种常见淡水鱼致病菌的药敏试验[J]. 现代农业科技,2012(19):254-255,259.
- [22] 陈言峰,邹记兴. 20种中草药对迟缓爱德华氏菌的体外抑菌试验[J]. 水生态学杂志,2011(5):110-113.
- [23] 姜巨峰,王玉佩,李春艳. 5种中草药提取物对嗜水气单胞菌体外抑菌效果的研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(35):20067-20069.
- [24] 曹红峰,宋靖芳. 中草药对嗜水气单胞菌 ST-3-3 抑菌作用的研究[J]. 中医药导报,2007,13(5):86-88.
- [25] Fang, X U, Pengyu, et al. Inhibitory effects of the 26 kinds of Chinese herbal medicines on salmonella[J]. Medicinal Plant,2013,4(3):76-78.
- [26] 宋冬冬. 黄芩的抑菌作用及有效化学成分探讨[J]. 中国医药指南,2013,11(5):77-78.
- [27] Ringø E, Strøm E. Microflora of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): gastrointestinal microflora of free-living fish and effect of diet and salinity on intestinal microflora[J]. Aquaculture Research, 2008,25(6):623-629.