

罗爱国,冯佳,胡变芳,等. 7 种可食藻提取物对食品致病菌的抑菌效果[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):162-167.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.044

7 种可食藻提取物对食品致病菌的抑菌效果

罗爱国^{1,2}, 冯佳¹, 胡变芳³, 吕俊平¹, 刘琪¹, 谢树莲¹

(1. 山西大学生命科学学院, 山西太原 030006; 2. 山西药科职业学院食品工程系, 山西太原 030031;

3. 晋中学院生物科学与技术学院, 山西晋中 030619)

摘要:为探讨可食藻作为天然食品抑菌剂的可能性,用冻融法和回流法提取 7 种可食藻(地木耳、海白菜、海带、螺旋藻、裙带菜、小球藻及坛紫菜)的活性成分,将其水提物和醇提物应用于食品致病菌金黄色葡萄球菌、蜡状芽孢杆菌、单核细胞增生李斯特菌、大肠杆菌、沙门氏菌、白色念珠菌及黄曲霉,测定了抑菌圈直径和最小抑菌浓度值(MIC)。结果表明,除坛紫菜外,其他藻类提取物对供试菌种均有一定的抑制作用($P < 0.05$),其中,螺旋藻和海带提取物的抑菌作用较强,抑菌谱较广,特别是螺旋藻,浓度为 1 mg/mL 水提物对黄曲霉的抑菌圈直径可达 19.58 mm, MIC 值为 25 mg/mL,而 1 mg/mL 螺旋藻醇提物对沙门氏菌的抑菌圈直径可达 21.03 mm, MIC 值为 12.5 mg/mL。可见这些天然藻类具有作为新型食品抑菌剂的潜力。

关键词:可食藻;提取物;食品致病菌;抑菌活性;最小抑菌浓度

中图分类号: TS202.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0162-05

随着世界经济的高速发展和人类生活水平的不断提高,食品安全越来越受到关注。全球食品安全事件的频发,给社会和人类造成了重大的安全问题与沉重的经济负担。在全球已报道的 250 多种食源性疾病中,食品致病菌引起的食物中毒事件约占到 2/3^[1]。同时在各类疾病发生率中,食源性疾病高居第二位^[2]。我国仅在 2007 年到 2013 年间就有 3 950 起食源性疾病事件发生^[3]。食品致病菌已成为食品安全控制必须面对的首要危害。

添加食品防腐剂是食品工业中解决食源性疾病及减少食品腐败变质的主要手段之一。然而化学合成防腐剂(如山梨酸、苯甲酸等)的使用,易引起致癌、致畸及食物中毒等问题^[3],使得天然防腐剂的开发利用受到人们的青睐。一些植物、动物、微生物资源因富含杀菌、抑菌活性物质而被关注,成为食品工业等研究的热点^[4-9]。

藻类植物是一类具有光合作用、能够自养的低等生物。由于多变的生活环境和原始的进化地位,使其拥有许多结构独特的抑菌活性物质,如藻蓝蛋白、岩藻多糖、酚类、酯类、类胡萝卜素、卤化物及含硫化合物等^[10-11]。自 20 世纪 40 年代开始,随着人们对藻类植物的抗菌活性成分不断研究,逐步认识到藻类是一类具有抑菌潜力的宝贵天然生物资源。一些研究者将藻类中的天然抗菌成分提取出来,应用于医药抗菌消炎、化妆洗浴用品及食品防腐保鲜等^[10-17],不仅可以较好地起到抗菌功效,同时还能减少对人类健康及环境的危害,更好地迎合消费者对绿色、安全的需求。另一方面藻类易培养,随

着工业培养技术的发展,藻类进行规模生产已成为现实。因此,藻类作为天然抗菌剂的来源具有广阔的应用前景。

本研究对 7 种可食藻的活性成分进行了提取,测定了其水提物和醇提物对 7 种食品常见致病菌的抑菌圈直径及最小抑菌浓度(MIC),以期天然食品抑菌剂开发新资源提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 藻类 地木耳(*Nostoc commune*)购于山西省汾阳市迅达土特产品有限责任公司,海白菜(*Ulva pertusa*)、海带(*Laminaria japonica*)、螺旋藻(*Spirulina platensis*)、裙带菜(*Undaria pinnatifida*)、小球藻(*Chlorella vulgaris*)、坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)均购于山东滨州天健生物科技有限公司。藻类材料在室温下自然干燥 15 d,经粉碎后过 80 目筛,得到藻粉,在 4 ℃ 下贮藏备用。本试验实施时间为 2016 年 7 月至 2017 年 5 月。全部试验过程在山西大学生命科学学院实验室完成。

1.1.2 受试菌种 革兰氏阳性菌:金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, ATCC 25923)、蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*, ATCC 14579)、单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*, ATCC 19115);革兰氏阴性菌:大肠杆菌(*Escherichia coli*, ATCC 25922)、沙门氏菌(*Salmonella enterica*, ATCC 13076);真菌:白色念珠菌(*Candida albicans*, ATCC 10231)、黄曲霉(*Aspergillus flavus*, ATCC 26949),均购于中国普通微生物菌种保藏管理中心。

1.2 方法

1.2.1 水提物制备及其抑菌液的配制 采用反复冻融法提取^[18]。称取 10 g 藻粉,加入 15 mL 蒸馏水,置于冰箱中 -15 ℃ 保持 30 min,取出后研磨,反复冷冻—研磨 3 次,加入无菌蒸馏水到 200 mL,60 ℃ 水浴中提取 1 h,后在 7 500 r/min

收稿日期:2017-06-25

基金项目:山西省科技基础条件平台建设项目(编号:2015091004-0102)。

作者简介:罗爱国(1980—),男,山西五台人,博士研究生,讲师,主要从事食品资源开发研究。E-mail: Aiguol2015@163.com。

通信作者:谢树莲,博士,教授,主要从事藻类植物研究。E-mail: xiesl@sxu.edu.cn。

下离心 5 min,收集上清液并真空浓缩至约 20 mL,置冷冻干燥器内干燥,得到提取物,加蒸馏水定容到 10 mL,制成浓度为 1 g/mL 的水提物原溶液,在 4 ℃ 保存备用。以不加藻粉的提取剂经过相同的提取与处理作为对照。

1.2.2 醇提物制备及其抑菌液的配制 采用回流提取法。取 10 g 藻粉,加入 200 mL 70% 的乙醇,在 75 ℃ 温度下回流提取 2 h。醇提物经真空旋转蒸发(RE-52AA 型,上海亚荣生化仪器厂)浓缩至浸膏,加 70% 的乙醇定容到 10 mL,制成浓度为 1 g/mL 的醇提物原溶液,在 4 ℃ 保存备用。以不加藻粉的提取剂经过相同提取处理过程作为对照。

1.2.3 菌悬液的制备 (1)菌种活化:将菌种接入到事先备好的斜面试管(15 mm×150 mm),置培养箱培养活化(细菌 37 ℃ 24 h,真菌 28 ℃ 48 h)。(2)菌悬液的配制:在无菌条件下,匀一环单菌落于 50 mL 新配制的相应培养基中进行培养(细菌 37 ℃ 24 h,真菌 28 ℃ 48 h),制成菌悬原液。采用 10 倍稀释法将菌悬原液稀释至 10⁻¹~10⁻⁸ 倍的菌悬液,选取合适浓度的菌悬液涂平板,通过平板菌落计数法确定菌悬液浓度,并配制浓度为 1×10⁶ CFU/mL 的菌悬液备用。

1.2.4 抑菌试验 采用琼脂孔注入法^[19]。取 20 mL 灭菌的培养基倒入培养皿制成平板,冷却 10 min,吸取 0.1 mL 菌悬液均匀涂布于平皿表面,静置 10 min,用直径为 6 mm 打孔器在平板表面打孔,每板 3 个孔(1 个对照,2 个平行处理),分别加入 80 μL 无菌水或浓度为 1.0 mg/mL 藻提取液,将平皿置于生化培养箱培养。细菌在 37 ℃ 培养 24 h,真菌在 28 ℃ 培养 48 h 后,采用直字交叉法测定抑菌圈直径,取平均值作为抑菌圈直径。试验在不同时间重复 3 次。

1.2.5 藻类提取物最低抑菌浓度(MIC)的测定 MIC 的测定采用微量肉汤稀释法^[20]。先在 96 孔细胞培养板加入 100 μL 灭菌的肉汤培养基,在第一列加入 100 μL 浓度为 0.4 g/mL 藻提取液,通过二倍稀释法稀释到第七列,从第七列弃去 100 μL,再在每孔中加入 100 μL 菌悬液(10⁶ CFU/mL),使抑菌液最终浓度为 100、50、25、12.5、6.25、3.125、1.563 mg/mL。第八列不加藻提取液和菌液,作空白对照,第九列为将藻提取液用相应的溶剂替代,作阴性对照,同时每列的下一行用灭菌的生理盐水替代菌液作为相应的吸光度校正组。将培养板置于生化培养箱培养(细菌为 37 ℃

培养 12 h,真菌为 28 ℃ 培养 24 h),后用肉眼观察各孔内澄清无菌生长,则为最低抑菌浓度,并在波长为 595 nm 处测定吸光度,当相邻两孔菌液的吸光度差异极显著($P<0.01$)时,确定为 MIC 浓度(mg/mL)。试验重复 3 次。

1.2.6 统计分析 试验结果用 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用 SPSS 18.0 软件进行分析处理,并进行 Duncan's 多重范围检验,当 $P<0.05$ 时为统计学差异显著。

2 结果与讨论

2.1 藻类水提物的抑菌效果

7 种可食藻的水提物对常见食品致病菌的抑菌效果见表 1。与对照组相比,螺旋藻水提物均表现出显著的抑制作用($P<0.05$),其抑菌性具有一定的广谱性,小球藻、海带及海白菜对 3 种革兰氏阳性菌(*S. aureus*、*B. cereus* 和 *L. monocytogenes*)和 2 种革兰氏阴性菌(*E. coli* 和 *S. enterica*)均有抑制作用($P<0.05$),但地木耳、裙带菜及坛紫菜的水提物对 7 种致病菌均无抑制作用($P>0.05$)。对金黄色葡萄球菌(*S. aureus*),4 种藻的水提物具有显著抑制作用($P<0.05$),其抑菌活性顺序依次为螺旋藻>海白菜>海带>小球藻,其中螺旋藻作用最强,抑菌圈直径为 13.83 mm。对蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*),4 种藻的水提物具有显著抑菌作用($P<0.05$),其抑菌能力强弱依次为小球藻>螺旋藻>海白菜>海带,其中小球藻活性最强,抑菌圈直径为 18.35 mm。对于单核细胞增生李斯特菌(*L. monocytogenes*),4 种藻的水提物具有显著抑菌作用($P<0.05$),其作用强弱依次为小球藻>螺旋藻>海白菜>海带,小球藻的作用最强,抑菌圈直径为 9.32 mm。对于大肠杆菌(*E. coli*),4 种藻的水提物具有显著抑菌作用($P<0.05$),其作用强弱依次为螺旋藻>小球藻>海带=海白菜,其中螺旋藻作用最强,抑菌圈直径为 10.11 mm。对于沙门氏菌(*S. enterica*),4 种藻的水提物具有显著抑菌作用($P<0.05$),其活性强弱依次为螺旋藻>小球藻>海带>海白菜,其中螺旋藻的抑菌圈为 9.16 mm。对于白色念珠菌(*C. albicans*)和黄曲霉(*A. flavus*),只有螺旋藻水提物具有显著作用($P<0.05$),其抑菌圈直径分别为 6.54 mm 和 19.58 mm。

表 1 7 种可食藻的水提物对食品致病菌的抑菌效果

藻类	细菌抑菌圈直径(mm)					真菌抑菌圈直径(mm)	
	金黄色葡萄球菌	蜡状芽孢杆菌	单核细胞增生李斯特菌	大肠杆菌	沙门氏菌	白色念珠菌	黄曲霉
地木耳	6.09±0.04e	6.04±0.07e	6.02±0.05e	6.05±0.04d	6.03±0.04e	6.05±0.03b	6.07±0.02b
海白菜	9.63±0.12b	9.13±0.15c	6.56±0.07c	7.04±0.12c	6.47±0.06d	6.09±0.03b	6.06±0.03b
海带	7.35±0.11c	7.53±0.08d	6.31±0.04d	7.16±0.07c	6.85±0.07c	6.11±0.05b	6.05±0.02b
螺旋藻	13.83±0.17a	14.75±0.11b	9.07±0.08b	10.11±0.06a	9.16±0.05a	6.54±0.01a	19.58±0.11a
裙带菜	6.07±0.02e	6.05±0.03e	6.03±0.04e	6.08±0.02d	6.06±0.02e	6.04±0.05b	6.01±0.04b
小球藻	6.57±0.03d	18.35±0.14a	9.32±0.06a	7.44±0.06b	7.36±0.10b	6.00±0.04b	6.00±0.03b
坛紫菜	6.16±0.06e	6.07±0.04e	6.02±0.02e	6.04±0.02d	6.01±0.01e	6.02±0.01b	6.11±0.04b
对照	6.04±0.03e	6.01±0.01e	6.03±0.02e	6.03±0.01d	6.02±0.01e	6.04±0.02b	6.05±0.01b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表 2 同。

2.2 藻类醇提物的抑菌效果

7 种可食藻的醇提物对常见食品致病菌的抑制效果见表 2。与对照组相比,海带与螺旋藻醇提物表现出显著的抑制作

用($P<0.05$),且对 7 种致病菌均有一定效果,海白菜对 3 种革兰氏阳性菌(*S. aureus*、*B. cereus* 和 *L. monocytogenes*)、2 种革兰氏阴性菌(*E. coli* 和 *S. enterica*)及真菌黄曲霉(*A. flavus*)均

有抑制作用($P<0.05$),但坛紫菜的醇提取物对 7 种致病菌均无抑制作用($P>0.05$)。对于金黄色葡萄球菌(*S. aureus*)和蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*),除坛紫菜外,其他藻的醇提取物均有显著抑菌作用($P<0.05$),其活性强弱顺序分别为螺旋藻>裙带菜=海白菜>海带>地木耳>小球藻、螺旋藻=海白菜>海带>裙带菜>地木耳=小球藻,其中作用最强的均为螺旋藻,抑菌圈直径分别为 21.03 mm 和 18.37 mm。对于单核细胞增生李斯特菌(*L. monocytogenes*),3 种藻的醇提取物具有显著抑菌作用($P<0.05$),其作用强弱依次为螺旋藻>海带>海白菜,其中螺旋藻的活性最强,其抑菌圈直径为 16.45 mm。对于大肠杆菌(*E. coli*),4 种藻的醇提取物具有显

著抑菌作用($P<0.05$),其作用强弱依次为螺旋藻>海带>海白菜=裙带菜,其中螺旋藻的作用最强,抑菌圈直径为 17.63 mm。对于沙门氏菌(*S. enterica*),4 种藻的提取物具有显著的抑菌作用($P<0.05$),其活性强弱依次为海白菜>螺旋藻>海带>小球藻,海白菜的抑菌圈直径为 12.74 mm。对于白色念珠菌(*C. albicans*),海带与螺旋藻的醇提取物均有显著的抑菌作用($P<0.05$),抑菌圈直径分别为 11.23 mm 和 10.87 mm。对于黄曲霉(*A. flavus*),3 种藻的醇提取物具有显著的抑菌作用($P<0.05$),其作用强弱依次为海带>螺旋藻=海白菜,海带抑菌圈直径为 11.51 mm。

表 2 7 种可食藻的醇提取物对食品致病菌的抑菌效果

藻类	细菌抑菌圈直径(mm)					真菌抑菌圈直径(mm)	
	金黄色葡萄球菌	蜡状芽孢杆菌	单核细胞增生李斯特菌	大肠杆菌	沙门氏菌	白色念珠菌	黄曲霉
地木耳	11.39±0.30d	12.25±0.23d	8.92±0.18d	9.64±0.24cde	9.21±0.31d	9.15±0.19b	9.48±0.25c
海白菜	16.80±0.27b	18.45±0.29a	11.61±0.23c	10.36±0.22c	12.74±0.25a	9.49±0.15b	10.04±0.17b
海带	15.86±0.31c	15.34±0.36b	12.87±0.28b	13.66±0.21b	11.34±0.27b	11.23±0.23a	11.51±0.25a
螺旋藻	21.03±0.28a	18.37±0.34a	16.45±0.26a	17.63±0.33a	11.69±0.21b	10.87±0.27a	10.01±0.25b
裙带菜	16.89±0.29b	13.38±0.21c	9.18±0.22d	10.25±0.25cd	9.93±0.17cd	9.27±0.23b	9.32±0.20c
小球藻	10.63±0.25de	12.73±0.22cd	9.22±0.17d	9.54±0.20de	10.04±0.23c	9.26±0.18b	9.55±0.17bc
坛紫菜	10.02±0.35ef	10.62±0.22e	9.43±0.23d	9.16±0.19e	9.25±0.16d	9.22±0.22b	9.27±0.15c
对照	9.64±0.17f	9.97±0.15e	9.21±0.26d	9.33±0.23e	9.26±0.21d	9.37±0.17b	9.41±0.19bc

从 7 种可食藻的抑菌效果中,发现螺旋藻和海带提取物对食品致病菌的抑菌性较强,抑菌谱较广。有研究报道螺旋藻的甲醇提取物、正丁醇提取物及挥发性成分等对革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌以及酵母菌有一定的抑制作用^[21-23]。螺旋藻含有活性成分藻蓝蛋白,占到总蛋白的 40%,而提取的藻蓝蛋白对 *S. aureus* 和 *E. coli* 均有抑制作用^[24]。活性多糖在螺旋藻中占到 8.3%^[25],浓度为 20 mg/mL 的螺旋藻多糖可有效抑制 *S. aureus*、*E. coli* 和 *Shigella dysenteriae*(志贺痢疾杆菌)等^[26]。海带中也含有大量活性成分,如多糖、多酚,具有一定的抑菌作用,其中多糖含量可达 8.64%,能有效抑制 *S. aureus*、*E. coli*、*S. enterica* 和 *Enterococcus faecalis*(粪肠球菌)生长^[27],海带多酚也被证实对 *S. aureus*、*E. coli*、*Vibrio Parahemolyticus*(副溶血性弧菌)和 *Sarcina Lutea*(藤黄八叠球菌)具有抑制作用^[28]。螺旋藻与海带的提取物所表现出的抑菌作用与其成分中所含的活性物质如藻蓝蛋白、多糖、多酚等有关。

2.3 藻类提取物的最小抑菌浓度

根据藻提物的抑菌活性试验,对一种菌,每种溶剂选取 1 种抑菌活性较强的藻提物,测定其对相应菌株的最小抑菌浓度(MIC 值)。可食藻提取物对 3 种革兰氏阳性菌的 MIC 值见图 1。对于菌株 *S. aureus*,螺旋藻水提物和醇提物的 MIC 值均为 12.5 mg/mL。对于菌株 *B. cereus*,小球藻水提物的 MIC 值为 50 mg/mL,螺旋藻醇提物的 MIC 值为 25 mg/mL。对于菌株 *L. monocytogenes*,小球藻水提取物的 MIC 值>100 mg/mL,螺旋藻醇提物的 MIC 值为 50 mg/mL。可食藻提取物对 2 种革兰氏阴性菌的 MIC 值见图 2。对于菌株 *E. coli*,螺旋藻水提物和醇提物的 MIC 值均>100 mg/mL。对于菌株 *S. enterica*,螺旋藻水提物和海白菜醇提物的 MIC 值均>100 mg/mL。可食藻提取物对 2 种真菌的 MIC 值见图 3。

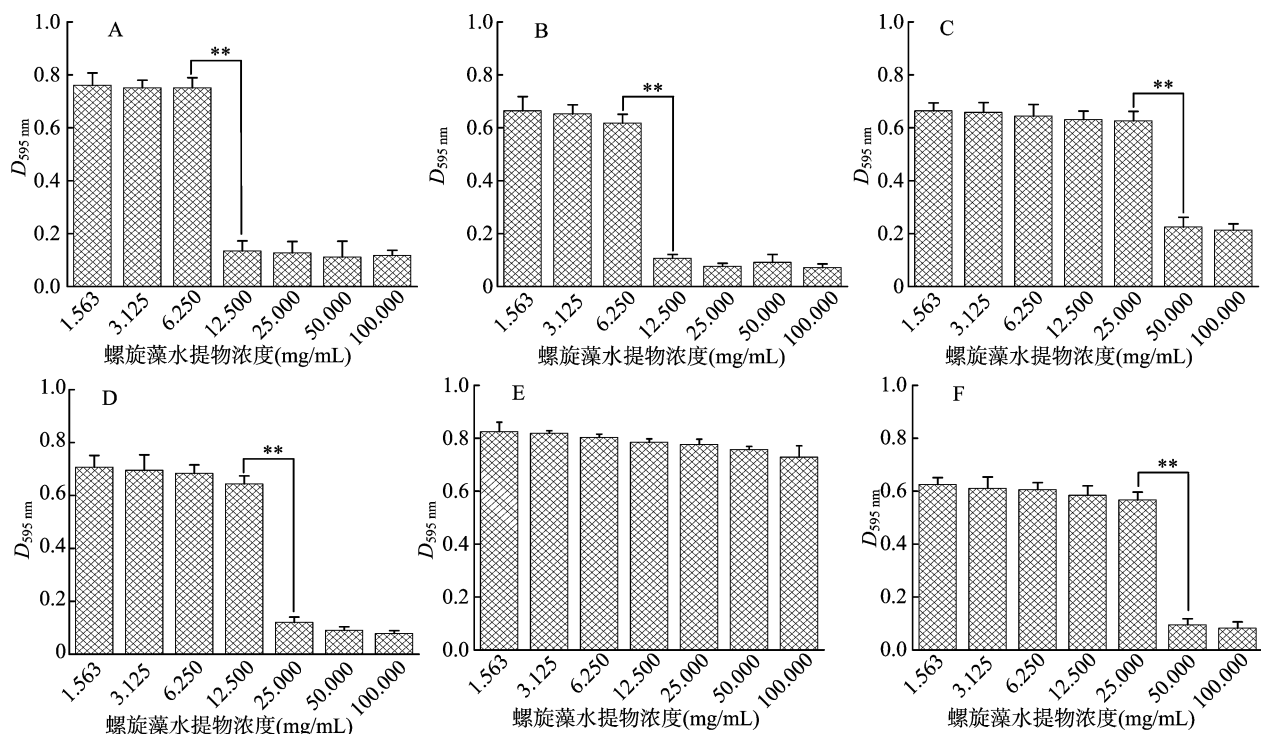
对于菌株 *C. albicans*,螺旋藻水提物和海带醇提物的 MIC 值均>100 mg/mL。对于菌株 *A. flavus*,螺旋藻水提物的 MIC 值为 25 mg/mL,海带醇提物的 MIC 值>100 mg/mL。

在 7 种可食藻中,螺旋藻的抑菌活性最强,且对 7 种食品致病菌均有抑制作用,抑菌谱较广,其次是海带,再次是海白菜。从整体结果看,可食藻不论抑菌活性还是 MIC 值,其醇提物较水提物抑菌作用强,其原因可能有 2 个,一是醇作为溶剂与水相比,更能够有效破坏藻细胞,有效溶出活性成分,二是与藻类中抑菌活性成分的溶解性有关,抑菌成分大多是脂溶性的。藻类抑菌活性成分的提取、确定及抑菌机理需要进一步探索,以期最大限度地开发藻类资源作为抑菌剂。

3 结论

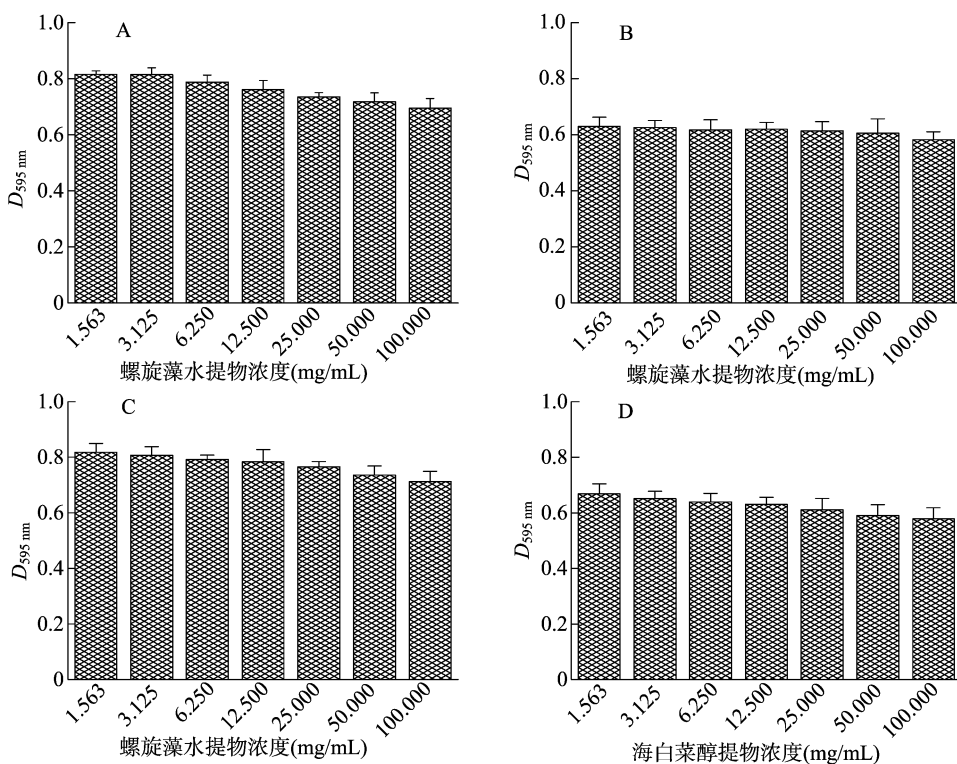
螺旋藻、小球藻、海带和海白菜的水提物表现出抑菌作用。对金黄色葡萄球菌(*S. aureus*),抑菌效果依次为螺旋藻>海白菜>海带>小球藻,对枯草芽孢杆菌(*B. cereus*),为小球藻>螺旋藻>海白菜>海带,对于单核细胞增生李斯特菌(*L. monocytogenes*),为小球藻>螺旋藻>海白菜>海带,对于大肠杆菌(*E. coli*)为螺旋藻>小球藻>海带=海白菜,对于沙门氏菌(*S. enterica*)为螺旋藻>小球藻>海带>海白菜,对于白色念珠菌(*C. albicans*)和黄曲霉(*A. flavus*),只有螺旋藻水提物具有显著效果($P<0.05$)。

螺旋藻、小球藻、地木耳、海带、海白菜和裙带菜醇提物表现出抑菌作用。对于 *S. aureus* 和 *B. cereus*,除坛紫菜外,其他藻的醇提物抑菌活性强弱顺序分别为螺旋藻>裙带菜=海白菜>海带>地木耳>小球藻、螺旋藻=海白菜>海带>裙带菜>地木耳=小球藻。对于 *L. monocytogenes*,抑用作用强弱依次为螺旋藻>海带>海白菜。对于 *E. coli*,抑菌作用强弱依次为螺旋藻>海带>海白菜=裙带菜。对于 *S. enterica*,抑



A与B, 对金黄色葡萄球菌 (*S. aureus*) 的 D 值; C与D, 对蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus*) 的 D 值; E与F, 对单核细胞增生李斯特菌 (*L. monocytogenes*) 的 D 值。***表示与对照组差异极显著 ($P < 0.01$)

图1 可食藻对 3 种革兰氏阳性菌的最小抑菌浓度(MIC)



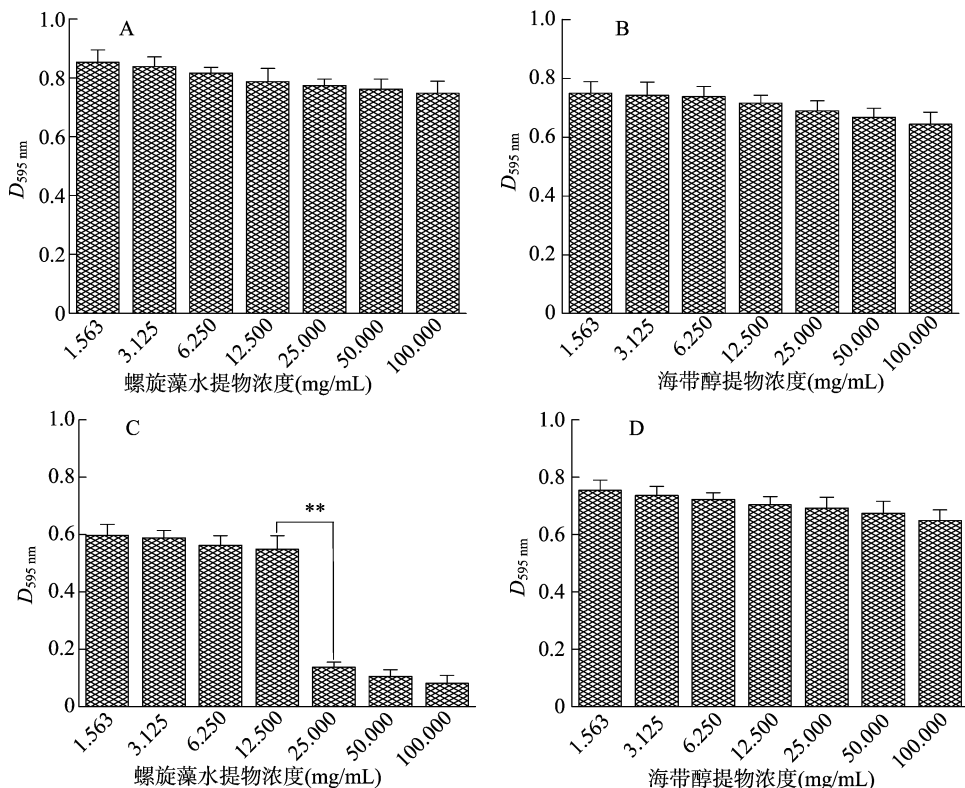
A与B, 对大肠杆菌 (*E. coli*) 的 D 值; C与D, 对沙门氏菌 (*S. enterica*) 的 D 值。

***表示与对照组差异极显著 ($P < 0.01$)

图2 可食藻对 2 种革兰氏阴性菌的最小抑菌浓度(MIC)

菌活性强弱依次为海白菜 > 螺旋藻 > 海带 > 小球藻。对于 *C. albicans*, 海带和螺旋藻醇提物有显著抑菌作用 ($P <$

0.05)。对于 *A. flavus*, 抑菌作用强弱依次为海带 > 螺旋藻 = 海白菜。



A与B, 对白色念珠菌 (*C. albicans*) 的 D 值; C与D, 对黄曲霉 (*A. flavus*) 的 D 值。

“***”表示与对照组差异极显著 ($P < 0.01$)

图3 可食藻对 2 种真菌的最小抑菌浓度(MIC)

对于 *S. aureus*, 螺旋藻水提物和醇提物的 MIC 值均为 12.5 mg/mL。对于 *B. cereus*, 小球藻水提物的 MIC 值为 50 mg/mL, 螺旋藻醇提物的 MIC 值为 25 mg/mL。对于 *L. monocytogenes*, 小球藻水提取物的 MIC 值 > 100 mg/mL, 螺旋藻醇提物的 MIC 值为 50 mg/mL。对于 *E. coli*, 螺旋藻水提物和醇提物的 MIC 值均 > 100 mg/mL。对于 *S. enterica*, 螺旋藻水提物和海白菜醇提物的 MIC 值均 > 100 mg/mL。对于菌株 *C. albicans*, 螺旋藻水提物和海带醇提物的 MIC 值均 > 100 mg/mL。对于 *A. flavus*, 螺旋藻水提物的 MIC 值为 25 mg/mL, 海带醇提物的 MIC 值 > 100 mg/mL。

参考文献:

- [1] 史贤明, 施春雷, 索 标, 等. 食品加工过程中致病菌控制的关键科学问题[J]. 中国食品学报, 2011, 11(9): 194-208.
- [2] 宋晓红, 乔 玫, 刘 晔. 2010 年山西省食品中食源性致病菌监测分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(4): 374-377.
- [3] 王晓莉, 李勇强, 李清光, 等. 中国环境污染与食品安全问题的时空聚集性研究——突发环境事件与食源性疾病的交互[J]. 中国人口资源与环境, 2015, 25(12): 53-61.
- [4] 吴京平. 新型植物源天然食品防腐剂及其抑菌性能[J]. 中国食品添加剂, 2009(3): 61-64.
- [5] 王 琳, 徐金瑞. 天然食品防腐保鲜剂的发展现状及前景[J]. 塔里木大学学报, 2007, 19(1): 73-78.
- [6] 李有起. Nisin 在食品防腐作用中的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 233-235.
- [7] 张媛媛, 李艳利, 李书国. 植物源食品防腐剂抑菌机理和效果及在食品保鲜中的应用[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(4): 48-53.
- [8] 吴京平. 新型微生物源天然食品防腐剂及其抑菌性能[J]. 北京联合大学学报, 2011, 25(1): 55-58.
- [9] Shahidi F, Arachchi J K V, Jeon Y J. Food applications of chitin and chitosans[J]. Trends in Food Science & Technology, 1999, 10(2): 37-51.
- [10] 徐年军, 范 晓, 韩丽君, 等. 藻类抗肿瘤活性物质的研究[J]. 中国海洋药物, 2000, 19(6): 30-36.
- [11] 王 芹, 刘 超, 张少君, 等. 旋链角毛藻活性物质的提取及抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 180-183.
- [12] 韩晓静, 张 猛, 谢树莲. 轮藻功能性皂苷的驱蚊抑菌作用研究[J]. 山西大学学报自然科学版, 2010, 33(4): 601-604.
- [13] 张国顺. 藻类对食品防腐作用的研究[J]. 食品科学, 1997, 18(7): 46-48.
- [14] 郭金英, 杜 洁, 李彤辉, 等. 发状念珠藻胞外多糖的抑菌与抗炎作用[J]. 食品科学, 2015, 36(9): 190-193.
- [15] 郭 奇, 魏玉西, 殷邦忠, 等. 鼠尾藻多酚分级组分的抑菌活性研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 117-121.
- [16] 尹鸿萍, 盛玉青. 盐藻多糖体内抑菌及抗炎作用的研究[J]. 中国生化药物杂志, 2006, 27(6): 361-363.
- [17] Bansemir A, Blume M, Schröder S, et al. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria[J]. Aquaculture, 2006, 252(1): 79-84.
- [18] 汪兴平, 谢笔钧, 程 超, 等. 反复冻融法在葛仙米破壁技术上的应用[J]. 食品科学, 2005, 26(3): 162-165.
- [19] Zhu Y, Zhou H, Hu Y, et al. Antityrosinase and antimicrobial activities of 2-phenylethanol, 2-phenylacetaldehyde and 2-phenylacetic acid[J]. Food Chemistry, 2011, 124(1): 298-302.

马雪梅,罗淑芬,胡花丽,等. 吸氧剂处理对核桃仁品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):167-171.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.045

吸氧剂处理对核桃仁品质的影响

马雪梅^{1,2}, 罗淑芬¹, 胡花丽¹, 李鹏霞^{1,3}

(1. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014;

3. 江苏省园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏南京 210014)

摘要:淮河以南流域具有梅雨季节高温、高湿的特点,为保证干核桃销售期的品质,首先以 185 薄皮核桃仁为试验材料,在温度为 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 85%~90%的条件下,进行适宜吸氧剂用量筛选。以包装盒中不放吸氧剂为对照 1(CK1)、漏气包装为对照 2(CK2),以 100 g 核桃仁为单位,用不同质量百分比(3%、4%、5%、7%、9%)的吸氧剂对密封包装盒中的核桃仁进行处理,通过分析贮藏 40 d 核桃仁的感官品质及粗脂肪含量得出,7% 以上的吸氧剂均效果显著,且差异不大;在此基础上,于相同条件下,研究 7% 吸氧剂对核桃仁贮藏品质的影响。结果表明,与 CK 相比,7% 吸氧剂能有效保持核桃仁可溶性糖及可溶性蛋白质含量,减缓核桃仁油脂酸价、过氧化值、脂肪氧合酶活性的上升并抑制碘价的下降。可见,吸氧剂处理可缓解核桃仁中的油脂氧化,延长薄皮核桃仁的贮藏期。

关键词:核桃仁;吸氧剂;贮藏期;贮藏品质;酸败

中图分类号:S664.109⁺.3

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2018)05-0167-05

核桃(*Juglans regia* L.),别称羌桃和胡桃,属于胡桃科植物,与扁桃、腰果、榛子并称为世界四大干果。核桃中含有大量的必需脂肪酸以及丰富的营养物质,被称为天然脑白金,具有极高的食用和药用价值^[1]。核桃的含油率基本在 60% 以上,其中 90% 以上是不饱和脂肪酸,正因如此,核桃在采后贮藏过程中极易氧化酸败,不仅产生异味且口感品质降低,甚至出现哈败、霉变等现象,产生对人体有害的物质,造成其营养价值及商品价值丧失^[2-3]。

影响核桃仁贮藏的主要因素有环境中的氧气、光照、温湿度等^[4-6],其中氧气含量是核桃仁贮藏过程中最关键的影响因素之一^[7],因此对核桃仁的贮藏研究尤为重要。李鹏霞等对核桃仁进行常温气调包装研究,通过气调包装方式改变微环境中气体比例来延长核桃仁的贮藏期^[8];杨曦等利用塑料

袋抽真空的方式贮藏核桃仁^[9];张文涛通过真空包装方式降低核桃仁贮藏环境的氧气,从而延缓核桃仁脂肪酸的氧化^[10]。

吸氧剂的主要作用是通过降低环境中的氧气,防止食品发生腐烂、变质、发霉等理化性质变化^[11]。为降低板栗贮藏环境中的氧气含量,李亚娜等用吸氧剂结合真空包装对其进行处理,发现吸氧剂处理对板栗有很好的保鲜效果^[12]。而目前有关将吸氧剂应用于核桃仁贮藏的研究较少。基于此,本研究利用吸氧剂结合包装盒处理核桃仁,以期对核桃仁在淮河以南流域梅雨季节高温、高湿条件下的销售提供技术支持,为进一步研究核桃仁的贮藏保鲜提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

从市场上购买风干的 185 薄皮核桃(含水量 $5.00\% \pm 0.10\%$),运至江苏省农业科学院农产品加工研究所样品处理实验室。将核桃去壳,取果仁,均匀切分成 1/2 核桃仁,剔除病虫果和霉烂果,挑选新鲜、大小基本一致的果仁作为试验材料;吸氧剂(市售)。

收稿日期:2016-10-22

作者简介:马雪梅(1992—),女,安徽亳州人,硕士研究生,主要从事果蔬保鲜研究。E-mail:2015808117@njau.edu.cn。

通信作者:李鹏霞,博士,研究员,硕士生导师,主要从事果蔬保鲜与加工研究。E-mail:pengxiali@126.com。

[20] 魏宇清. 几种香辛料提取物对常见食源性致病菌生物膜作用的研究[D]. 广州:华南农业大学,2016.

[21] Ozdemir G, Karabay N U, Dalay M C, et al. Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis* [J]. Phytother Res, 2004, 18(9): 754-757.

[22] Mallikarjun Gouda K G, Kavitha M D, Sarada R. Antihyperglycemic, antioxidant and antimicrobial activities of the butanol extract from *Spirulina platensis* [J]. Journal of Food Biochemistry, 2015, 39(5): 594-602.

[23] 曾惠, 刘尊英, 朱素芹, 等. 钝顶螺旋藻提取物对细菌群体感应的抑制作用[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 138-141.

[24] Sarada D V L, Sreenath K C, Rengasamy R P. C-phycocyanin from

Spirulina platensis (Nordstedt) Geitler: a novel and potent agent against drug resistant bacteria [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2011, 27(4): 779-783.

[25] Li K, Hao X, Gao F, et al. Identification of cultured and natural astragalus root based on monosaccharide mapping [J]. Molecules, 2015, 20(9): 16466-16490.

[26] 杜玲. 钝顶螺旋藻两个生态种多糖的抗菌、抗肿瘤活性及其机理的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[27] 徐扬, 杨保伟, 柴博华, 等. 超声波-酶法提取海带多糖及其抑菌活性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊1): 356-362.

[28] 符晓杰, 徐年军, 廖智, 等. 海带多酚的提取和抑菌研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(9): 4099-4100.