

Advances in Antimicrobial Activity of *Aloe Vera* Against Plant Pathogens

Zhang Guohui^{1,*}, Ren Jun¹, Hu Qing²

¹School of Life and Health Science, Kaili University, Kaili, China

²Zhucheng Agriculture Bureau, Zhucheng, China

Email address:

59833259@qq.com (Zhang Guohui), 2219448688@qq.com (Ren Jun), guoguo-1978@sohu.com (Hu Qing)

*Corresponding author

To cite this article:

Zhang Guohui, Ren Jun, Hu Qing. Advances in Antimicrobial Activity of *Aloe Vera* Against Plant Pathogens. *Asia-Pacific Journal of Biology*. Vol. 1, No. 1, 2018, pp. 6-10.

Received: October 8, 2018; Accepted: December 3, 2018; Published: December 21, 2018

Abstract: *Aloe vera* is rich in many active components, such as anthraquinones, anthraquinones and other derivatives have strong antimicrobial activity effects on many plant pathogens. The sterilizing pattern of aloe is similar to that of antibiotics, but its function is superior to antibiotics, and it does not induce mutation and drug resistance bacteria in the process of use, and it can also effectively kill the resistant bacteria caused by the use of antibiotics. At the same time, it can clear the metabolites, endotoxin and other harmful substances after bacterial infection. The active substances of aloe are mainly concentrated in the leaves of aloe. Its antimicrobial activity has a certain effect on most Gram-positive bacteria, Gram-negative bacteria and some fungi, and the aloe extract not only has a wide range of pH activity, but also has strong thermal stability. The inhibitory effect of crude aloe extract on pathogenic microorganisms was better than that on aloe juice. The inhibitory effect of anthraquinone on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* was satisfactory. In addition to the antimicrobial activity effect of aloe extract on common contaminated microorganisms (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Aspergillus niger*), treatment with anthraquinone compounds can effectively reduce the rate of fruit decay. The weight loss rate, respiration intensity, titratable acid content, total sugar content, soluble solids and soluble protein content decreased by use anthraquinones, and the mixture extract of 50% concentration of aloe leaf epidermis and mesophyll had the best fresh-keeping effect. This paper reviews the bacteriostatic effects of aloe on plant pathogenic microorganisms and the preservation of postharvest fruits. In order to lay the foundation for the later research work.

Keywords: *Aloe vera*, Plant Pathogens, Antimicrobial Activity, Fruit Preservation

芦荟对植物病原菌抑菌活性的研究进展

张国辉^{1*}, 任峻¹, 胡青²

¹凯里学院大健康学院, 凯里, 中国

²诸城市农业局, 诸城, 中国

邮箱

59833259@qq.com (张国辉), 2219448688@qq.com (任峻), guoguo-1978@sohu.com (胡青)

摘要: 芦荟富含多种活性成分, 其中蒽醌类化合物和蒽醌等衍生物等对多种植物病原微生物有很强的抑菌活性。芦荟的杀菌模式类似于抗生素, 但功能胜过抗生素, 且在使用过程中不会诱导微生物发生变异和产生耐药性菌, 还能有效地杀死因使用抗生素而产生的耐药菌, 同时可及时清除细菌感染后的代谢产物、内毒素等有害物质。芦荟活性物质主要集中在芦荟叶片, 其抑菌性对多数革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌和部分霉菌有一定的作用, 而且芦荟提取物不仅有

广泛的pH活性范围, 且具有较强的热稳定性。芦荟粗提取物对病原微生物的抑菌效果优于芦荟汁。皂质芦荟中的蒽醌对大肠杆菌、金色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑菌效果均比较理想。芦荟提取物对食品常见污染微生物(枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和黑曲霉)的抑菌作用外, 用蒽醌类化合物处理, 能够有效降低果实腐烂率、失重率和呼吸强度、可滴定酸含量、总糖含量、可溶性固形物及可溶性蛋白质含量的下降, 50%浓度的芦荟叶表皮与叶肉混合提取物保鲜作用最佳。本文就芦荟对植物病原微生物的抑菌研究和采后果实保鲜作用进行综述, 以期为后期的研究工作打下基础。

关键词: 芦荟, 病原菌, 抑菌活性, 果实保鲜

1. 引言

芦荟(*Aloe vera*)是多年生百合科芦荟属常绿多肉草本植物, 原产于地中海、非洲, 其花、叶、根均可入药, 具有抗病毒、抗氧化、抗癌、抑菌、提高免疫力、清热解毒、润肠通便、清肝明目等功效。常见的药用芦荟包括库拉索芦荟、斑纹芦荟、好望角芦荟等[1-3]。芦荟具有良好的杀菌、抑菌、消炎、解毒、抗肿瘤、抗病毒和抗艾滋病的作用[4]。其富含多种活性成分即蒽醌类化合物、氨基酸和有机酸、抗生素、皂角素等[5-7], 其中蒽醌类化合物含有天然抗氧化剂的功能基团酚羟基具有抑菌作用, 因此, 芦荟蒽醌类化合物和蒽醌等衍生物对多种真菌和细菌有很强的抑菌作用[8-10], 主要包括芦荟素、芦荟甙、芦荟苦素、芦荟大黄素等多种。此外, 芦荟大黄素中大黄素甙也具有抗炎、抑菌及杀菌等功能。在医学上芦荟中还含有黄酮类化合物, 它具有类似超氧化物歧化酶的作用, 具有一定的抗氧化活性和消除自由基的功能。芦荟皮提取物中包括黄酮类化合物在内的抗氧化活性物质, 可用于维持适当的自由基-自由基清除剂水平, 从而延缓衰老。由此可见, 芦荟可能有助于园艺产品的采后保鲜[11-13]。目前有关芦荟抑菌研究的主要方向都在医疗卫生和保健方面, 而在植物保护和园艺产品采后方面的研究和应用较少。本文就芦荟对植物病原微生物的抑菌活性研究进行综述, 以期为后期的工作打下基础。

2. 芦荟的抑菌机理

芦荟提取物中具有明显抗菌作用的是蒽醌类和多糖类物质, 在化学组成中含量最大的有效成分是芦荟多糖、芦荟宁、芦荟大黄素、芦荟苦素、芦荟皂甙、氨基酸、有机酸、酵素物质等多种具有特定功能的活性成分[14]。

天然的蒽醌类物质多为有色结晶体, 以9, 10-蒽醌最常见[15]。蒽醌分子结构中含有完整的共轭体系, 母核上常被羟基、羟甲基、甲基、甲氧基和羧基所取代, 根据取代基的位点可以将蒽醌类化合物分成大黄素类、茜草素类[16-17]。蒽醌类化合物多数为大黄素类型, 为芦荟的主要活性成分, 包括芦荟大黄素、芦荟大黄酚、芦荟素、芦荟苷、芦荟苦素等20多种物质, 具有良好的抑菌作用。芦荟苷能通过破坏细胞的结构从而达到抑制微生物生长的目的, 抑菌效果明显优于芦荟大黄素[16]。除蒽醌类物质外, 芦荟甙也被认为是抗菌性很强的物质,

具有对病毒、细菌、真菌、霉菌等多种微生物有抗菌杀菌作用。有机酸能通过改变细胞膜结构和打破微生物胞内外渗透压平衡, 从而抑制微生物某些重要蛋白质和DNA的合成, 达到抑菌效果[17-18]。芦荟凝胶中还含芦荟皂苷、植物固醇等成分, 这些物质具有防腐、抑菌作用[19-20]。

芦荟的杀菌模式类似于抗生素, 但功能胜过抗生素, 能像抗生素一样抑制病原体的正常繁殖, 且在使用过程中不会诱导微生物发生变异和产生耐药性菌, 还能有效地杀死因使用抗生素而产生的耐药菌, 它可以使细菌感染产生的有毒代谢物、细菌被杀死后菌体留下的内毒素能被有效清除[21]。因此, 芦荟提取物的抑菌效果甚至优于抗生素, 同时可及时清除细菌感染后的代谢产物、内毒素等有害物质, 避免产生耐药性[22-23]。

3. 芦荟的抑菌活性研究进展

3.1. 芦荟对病原微生物的抑菌活性

芦荟提取物对病原微生物的抑菌作用与其浓度有重要关系。芦荟的外皮和渗出物等对金黄色葡萄球菌、链球菌、大肠杆菌等具有比较显著的抑菌作用[24]。谢宗波等的芦荟提取物抗菌作用研究得出, 芦荟提取物对金黄色葡萄球菌、米曲霉、假丝酵母和木霉都有较强的抗菌作用。研究结果表明, 随着蒽醌化合物浓度的增高, 其抗菌作用明显增强[14]。采用生长速率法初步筛选, 发现芦荟的水提取物在20g/mL时对炭疽病菌和软腐病菌的抑制作用均达到60%以上[25]。

芦荟粗提取物对病原微生物的抑菌效果优于芦荟汁。芦荟汁对不同菌种有不同的抑制效果。芦荟粗提取物对灰霉菌, 青霉菌, 炭疽菌的菌丝均有很好的抑制作用, 与对照相比抑菌效果显著, 并且随着芦荟粗提液的浓度的增加, 抑菌率也逐渐增大。而100%的芦荟汁对金黄色葡萄球菌的抑制效果最好。芦荟原汁对灰霉菌, 青霉菌和炭疽菌具有一定的抑制作用, 但是抑制效果都不明显。因此, 用芦荟汁作为抑菌剂时应采用较高的浓度。此外, 芦荟汁的抑菌温度在低于70℃时的抑菌能力几乎不受温度变化的影响, 高于70℃时, 抑菌能力有所减弱。芦荟汁原液在加热到100℃时还具有抑菌能力[26]。

芦荟提取物对病原微生物的抑菌浓度结果表明, 金黄色葡萄球菌、沙门氏杆菌和大肠杆菌等菌种抵抗提取物活性成分能力较强, 其最小抑菌浓度达到了80%~90%之间; 反之, 绿脓杆菌、短小芽孢杆菌和藤黄微球菌抵

抗提取物活性成分能力较弱,其最小抑菌浓度为40%~50%之间。芦荟中蒽醌溶液对大肠杆菌的最小抑菌浓度为0.125mg/mL,对金色葡萄球菌的最小抑菌浓度为0.125mg/mL,对枯草芽孢杆菌的最小抑菌浓度为0.063mg/mL,对铜绿假单胞菌的最小抑菌浓度为0.25mg/mL。但是要注意,蒽醌类化合物的含量随芦荟的品种、生长条件等因素而发生变化。其中皂质芦荟中的蒽醌对大肠杆菌、金色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑菌效果均比较理想,而中华芦荟和库拉索芦荟中的蒽醌对各受试菌的抑菌效果相对较差。不同品种的芦荟叶皮中的蒽醌含量均高于叶肉中的含量,皂质芦荟中的蒽醌对各受试菌的抑菌效果比较理想,芦荟蒽醌对枯草芽孢杆菌的抑菌效果最敏感[27-28]。

3.2. 芦荟对采后果实的保鲜作用

微生物造成的食品腐败是诸多食品安全问题产生的根源。芦荟含有抑菌成分,可以作为天然防腐剂应用于果蔬的保鲜中,芦荟凝胶作为可食性涂膜来延长采后水果的货架期已有很多报道。除了芦荟提取物对食品常见污染微生物(枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和黑曲霉)的抑菌作用外,用蒽醌类化合物处理,能够有效降低果实腐烂率、失重率和呼吸强度、可滴定酸含量、总糖含量、可溶性固形物及可溶性蛋白质含量的下降,同时,蒽醌类化合物处理还保持了果实贮藏后期较高的和活性,从而达到了保持果实品质。芦荟粗提物处理均能够抑制果实的呼吸速率和乙烯释放率,延缓果实硬度的下降,保持果实水分,保护细胞结构,延缓果实衰老进程。蒽醌处理和延长金柑果实贮藏期的效果最好。芦荟凝胶对甜樱桃、大樱桃、番茄、锦橙和金柑的采后果实具有明显的保鲜作用表明,以库拉索芦荟为主要成分制成的涂被液保鲜效果最好。经涂被液保鲜处理的番茄其失重率、烂果率和褐变指数最低,总糖、总酸和氨基酸含量变化幅度最小,芦荟提取物对延长果蔬的保质期有一定的效果。其中的芦荟粗提物处理的效果最好,粗提物处理的效果次之。

芦荟粗提物处理可显著降低红富士苹果的发病率,抑制病斑直径的扩展。芦荟粗提物处理可诱导果实中、以及几丁质酶、 β 葡聚糖酶活性增加,且活性的变化与抗病性呈正相关。同时也能诱导总酚和类黄酮等抗性物质含量的提高[29]。芦荟类黄酮粗提物处理可显著降低苹果采后灰霉病的发病率,抑制病斑直径的扩展,可诱导红富士苹果果实的过氧化物酶、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶、几丁质酶、 β -1,3-葡聚糖酶活性的提高,诱导酚类物质的合成,增强果实的抗病性。这些酶活性的增加在果实的抗性反应中发挥了重要作用,并且果实的抗病性是多种酶共同增效的结果。芦荟粗提液处理均能够较好地抑制红富士苹果贮藏期间的生理变化,降低膜脂过氧化程度,对保持果实品质、延缓后熟衰老具有较好的作用。芦荟粗提物在适宜的浓度范围内,浓度越高,防治效果越好,提取物的作用效果与浓度呈正相关,红富士苹果灰葡萄孢霉防治的较佳浓度为类黄酮质量浓度为0.050g/L[30]。以芒果褐色蒂腐菌(*Phomopsis mangiferae*

Ahmad)和胶孢炭疽菌(*Colltotrichum gloeosporioides* Penz)为研究对象,结果表明芦荟的醇提取物对褐色蒂腐菌有抑制作用,芦荟的效果明显比扑海因高,但是稍低于多菌灵[31]。

100%芦荟汁对食品常见污染微生物枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和黑曲霉的抑菌效果最好。芦荟汁的抑菌浓度较高,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的MIC为100%,芦荟汁对所供试的其他污染菌需要高浓度的提取液,通过直接对菌落进行计数,观察芦荟的抑菌效果以及比较出芦荟汁在多大浓度上对细菌的生长有较明显抑制作用,故可通过进一步试验研究其对其他食品污染霉菌的抑制效果,并进一步开发出食品抑霉剂[32-33]。

50%浓度的芦荟叶表皮与叶肉混合提取物保鲜作用最佳,它处理葡萄果穗后可有效降低葡萄腐烂率、脱粒率及果梗褐变指数,延缓可溶性固形物、有机酸及VC的降解,较好的维持葡萄贮藏品质。以芦荟提取液为涂液,可有效抑制微生物侵染,进而保鲜及维持贮藏品质。低浓度芦荟叶表皮与叶肉混合提取物抑菌保鲜效果最佳,优于单独施加叶表皮提取物。研究所制提取液属天然成分,无毒附残留等问题,符合绿色环保食品需求,极具实用与开发价值[34]。

4. 影响芦荟抑菌效果的因素

4.1. 芦荟品种和部位抑菌效果的差别

芦荟活性物质主要集中在芦荟叶片,其抑菌性对多数革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌和部分霉菌有一定的作用,而且芦荟提取物不仅有广泛的pH活性范围,且具有较强的热稳定性[35-36]。

蒽醌类化合物是芦荟叶片渗出液的主要成分是芦荟主要的活性成分,具有较高的药用价值,其含量随芦荟的品种、生长条件等因素而发生变化[37]。不同品种的芦荟中蒽醌含量进行对比发现,皂质芦荟、木立芦荟、龙山芦荟叶皮中的蒽醌含量高于中华芦荟和库拉索芦荟,建议新增皂质芦荟、木立芦荟和龙山芦荟作为芦荟的药用品种。因为皂质芦荟的抑菌作用优于其他品种芦荟,在开发以芦荟为原料的抑菌制剂时,建议首选皂质芦荟这一品种[28]。刘志雄等研究结果得到芦荟汁比芦荟凝胶的热稳性较好,并且芦荟外皮汁比芦荟凝胶汁有较强的抑菌作用[14]。降解液凝胶对大肠杆菌的抑菌效应均优于原液凝胶,可能由于其在降解过程中芦荟液含有的多种化学物质分解成抑菌活性物质不断积累所致;亦或是蒽醌类化合物在亚临界处理后表现出更好的抑菌性造成,这有待进一步的试验去验证。但又发现降解液凝胶对金黄色葡萄球菌的抑菌效果是反之的,可能与菌体本身对积累的抑菌活性敏感度不同所致[38]。

通过对芦荟凝胶汁及芦荟外皮对三种指示菌(大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌)抑菌试验的比较,芦荟外皮汁的抑菌效果要比芦荟凝胶汁的抑菌效果更为明显,芦荟全汁比外皮汁的抑菌效果略高,说明完整芦荟叶片的抑菌效果更好。防腐剂山梨酸钾和苯甲酸

钠的抑菌效果要大于芦荟汁的抑菌效果，但差别并不是很大[26]。故芦荟汁可作为无公害抑菌防腐剂的研究重要原料，进一步深入研发。

4.2. 浓度、温度和pH值对芦荟抑菌作用的影响

芦荟外皮汁对大肠杆菌、金黄葡萄球菌和枯草芽孢杆菌 3 种指示菌的最小抑菌浓度均为 3.125%，而且芦荟外皮汁具有良好的热稳定性。芦荟中蒽醌溶液对大肠杆菌和金色葡萄球菌的最小抑菌浓度均为 0.125mg/ml，对枯草芽孢杆菌的最小抑菌浓度为 0.063mg/ml，对铜绿假单胞菌的最小抑菌浓度为 0.25mg/ml[28]。芦荟汁在温度低于70℃时,其抑菌能力几乎不受温度的影响,但随着温度的升高,抑菌能力有所减弱。芦荟外皮汁在100℃下保温1h,其抑菌活性仍达95%以上,说明芦荟外皮汁具有很强的热稳定性[26]。对芦荟外皮汁测定的抑菌谱,而芦荟外皮汁最适作用pH为4.5,当芦荟外皮汁的pH超过6.5,完全没有抑菌活性[39]。

5. 前景和展望

目前对于芦荟的研究主要在药品、保健食品、化妆品等领域,其具有良好的应用前景[40-42]。芦荟的杀菌抑菌等药理作用逐渐被发现,鉴于芦荟的杀菌功能胜过抗生素,因此,在植物病害的无公害制剂研发中具有广阔的开发利用前景。芦荟能像抗生素一样抑制病原体的正常繁殖,同时细菌感染产生的有毒代谢物、细菌被杀死后菌体留下的内毒素能被有效清除,且在使用过程中不会诱导微生物发生变异和产生耐药性菌,还能有效地杀死因使用抗生素而产生的耐药菌 [43-45]。上个世纪九十年代,芦荟在化妆品和食品行业有较多的研究,近年来的研究热潮已消退,目前的研究仅从不同芦荟中蒽醌类化合物的含量方面作了粗浅的研究,同时还发现了其对植物病原微生物的抑菌作用。微生物造成的食品腐败是诸多食品安全问题产生的根源。传统的食品保藏方法常使用化学防腐剂,但多数化学防腐剂对健康存在一定危害,因此,寻找新型的高效无残留的天然食品防腐剂是解决食品安全的重要途径,消费者越来越倾向于选择添加天然防腐剂的产品[46-47]。芦荟中抗菌性很强的物质除蒽醌类物质外,还有芦荟酐、有机酸、芦荟皂苷、植物固醇等成分,具有对病毒、细菌、真菌、霉菌等多种微生物有抗菌杀菌作用,此外,芦荟凝胶中还含具有许多未知防腐和抑菌作用的多种成份,这些优势在植物病原菌的抑菌作用和农产品保鲜上有必要进行深入研究,也可为无毒无害食品防腐剂的研究开发以及开发芦荟商品提供理论依据。国内外无论在农林产业还是食品行业,对农林植物病虫害防治、食品安全保存、农药残留等都有日趋严格的标准和要求,而芦荟有优于抗生素的抑菌效果,既能保护农林植物和延长食品存放,其本身又是纯天然成份,无污染环境的可能,鉴于芦荟这些极具优势的特点,合理研发其有效成份并合成新型的高效无残留制剂,无论在农产品病虫害防治还是食品保存方面,都具有极大的开发前景和研究必要。

致谢

感谢凯里学院教授专项课题药食两用中药材芦荟的真菌病害鉴定及防控 (JS201603) 给予资金的支持。

参考文献

- [1] Saada H N, Ussama Z S, Mahdy A M. Effectiveness of Aloe vera on the antioxidant status of different tissues in irradiated rats[J]. Pharmazie, 2003, 58(12): 929-931.
- [2] Muller M J, Hollyoak M A, Moaveni Z, et al. Retardation of wound healing by silver sulfadiazine is reversed by Aloe vera and nystatin[J]. Burns, 2003, 29(8): 834-836.
- [3] Hamman J H. Composition and applications of Aloe vera leaf gel[J]. Molecules, 2008, 13(8): 1599-1616.
- [4] 李志富, 邵伟, 丁静, 等. 芦荟提取液抑菌效果及毒性试验研究[J]. 泰山医学院学报, 2007(12): 940-941.
- [5] Campestrini L H, Silveira J L M, Duarte M E R, et al. NMR and Theoretical study of Aloe barbadensis partially acetylated glucomannan[J]. Carbohydrate Polymers: Scientific and Technological Aspects of Industrially Important Polysaccharides, 2013, 94(1): 511-519.
- [6] 段淑娥, 李敏. 中草药中蒽醌化合物的研究进展[J]. 西安文理学院学报, 2005, 8(1): 24-28.
- [7] 万金志, 乔悦昕. 芦荟的化学成分及其研究[J]. 中草药, 1999, 30(2): 151-153.
- [8] 杨继远, 袁仲. 芦荟化学成分的保健功效与产品开发[J]. 农产品开发, 2001(4): 6-8.
- [9] Lin Cheng-wen, Wu Chia-fang, Hsiao Nai-wan, et al. Aloemodinin an interferon-inducing agent with antiviral activity against Japanese encephalitis virus and enterovirus 71[J]. Int J Antimicrob Agents, 2008, 32(4): 355-359.
- [10] 王锦旭, 王鑫, 叶敬波, 等. 芦荟提取液抗菌效果研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(13): 5478-5479.
- [11] Ali NA, Julich WD, Kusnick C, et al. Screening of Yemeni medicinal plants for antibacterial and cytotoxic activities[J]. J Ethnopharmacol, 2001, 74(2): 173-179.
- [12] 樊黎生. 芦荟汁抗菌作用研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 27(8): 38-40.
- [13] 王关林, 田兵, 易庆, 等. 芦荟抑菌成分的筛选提取及其活性的比较分析[J]. 中国微生态学杂志, 2011, 13(6): 328-330.
- [14] 杨凯丽, 方热军. 芦荟及其提取物的生理作用及在畜禽生产中的应用[J]. 湖南饲料, 2017(06): 42-44.
- [15] 彭贵龙, 周光明, 秦红英, 等. HPLC测定药用芦荟中芦荟苷和芦荟大黄素含量[J]. 中国中医药信息杂志, 2013, 6(12): 59-61.
- [16] 禹智辉, 丁学知, 夏立秋, 等. 藟头总皂苷抗菌活性及其作用机制[J]. 食品科学, 2013, (15): 75-80.

- [17] 张军,田子罡,王建华,等.有机酸抑菌分子机制研究进展[J].畜牧兽医学报,2011,(3):323-328。
- [18] 兰健,杨淇,廖萌,张文学,吴正云.丁香等58种中草药对3种真菌抑制作用的研究[J].食品科技,2016,41(12):199-202。
- [19] Lad V N, Murthy Z V P. Rheology of Aloe barbadensis Miller: A naturally available material of high therapeutic and nutrient value for food applications[J].Journal of food engineering,2013,115(3):279-284.
- [20] 张灿.芦荟种类、成分及应用研究进展[J].科技经济导刊,2017(09):148。
- [21] 龙明华.库拉索芦荟活性成分提取及其抑菌性研究[D].西北农林科技大学,2011。
- [22] 谢云飞,郇楠,曹元元,等.芦荟中芦荟苷的结构表征及光谱分析[J].光谱学与光谱分析,2014,2(2):385-388。
- [23] 何池义.芦荟的药理作用[J].中国临床药理学与治疗学,2003,8(3):261-264。
- [24] 万金志,徐新军,钟佳胜,等.国外芦荟药品研究开发现状与趋势[J].今日药学,2013,23(1):59-62。
- [25] 周建宏,刘君昂,邓小军,布婷婷.植物提取物对油茶主要病害的抑菌作用[J].中南林业科技大学学报,2011,31(04):42-45。
- [26] 陈涛.芦荟与常见食品防腐剂的抑菌效果比较[J].山西化工,2009,29(05):20-22。
- [27] 张溪,廖成静,贾赤宇,等.芦荟在烧伤创面应用的研究进展[J].中华损伤与修复杂志(电子版),2015,1(1):80-82。
- [28] 贝宇飞,何苗,殷晓芹.不同品种芦荟的葱甙的抑菌作用研究[J].湖南师范大学学报(医学版),2017,14(06):39-42。
- [29] 袁仲玉.芦荟粗提物对‘红富士’苹果采后保鲜效果和生防机理的研究[D].西北农林科技大学,2014。
- [30] 袁仲玉,周会玲,田蓉,张晓晓,潘钰雪.芦荟粗提物对苹果采后灰霉病的防治效果与机理[J].农业工程学报,2014,30(04):255-263。
- [31] 李奥峰,黄丽,滕建文,韦保耀.植物提取物对芒果致腐菌的抑制作用研究[J].食品工业科技,2010,31(03):76-79。
- [32] 豁银强,郑建荣,汤尚文,等.仙人掌提取物对常见食品污染菌的抑菌特性研究[J].食品工业,2012(8):93-96。
- [33] 申晓慧.芦荟提取物对常见食品污染菌的抑制作用研究[J].农学学报,2015,5(02):83-85。
- [34] 罗茂,李蓉,张春.芦荟提取物对葡萄保鲜及贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2013,34(03):328-331。
- [35] 晏卫红,黄思良.芦荟对植物病原菌生长的抑制效果[J].中国农学通报,2001,17(5):37-40。
- [36] 樊黎生.芦荟汁抗菌作用研究[J].食品与发酵工业,2001,27(8):38-40。
- [37] 张溪,廖成静,贾赤宇,等.芦荟在烧伤创面应用的研究进展[J].中华损伤与修复杂志(电子版),2015,1(1):80-82。
- [38] 田兵,华跃进,马小琼,等.芦荟抗菌作用与葱醌化合物的关系[J].中国中药杂志,2003,28(11):41-44。
- [39] 郑虹,徐慧.中华芦荟不同部位提取物抑菌活性及影响因素的研究[J].福建师大福清分校学报,2014(05):48-52。
- [40] 张沙沙,汪凤山,时慧,等.芦荟提取物抗菌、抗炎活性的研究[J].黑龙江科技信息,2014,11(23):119。
- [41] 聂凌鸿.芦荟的开发利用[J].食品研究与开发,2006,27(2):144-148。
- [42] 田兵,华跃进,马小琼.芦荟抗菌作用与葱醌化合物的关系[J].中国中药杂志,2003,28(11):1034。
- [43] 孟祥颖,田义新,李杰.芦荟实用百科[M].长春:吉林科学技术出版社,2000:159-160。
- [44] 黄金秋,严雪梅,冯芳,等.HPLC-荧光法测定大鼠血浆中4种葱醌类成分及其药代动力学研究[J].中国中药杂志,2014,39(19):3850-3854。
- [45] 黄艳,蔡锦红,黄初笑,白新鹏,贾延勇.芦荟提取液及其降解液制备凝胶的抑菌性研究[J].保鲜与加工,2015,15(01):32-38。
- [46] 陈默,王志伟,胡长鹰,等.酶标仪法快速评价香兰素的抑菌活性[J].食品与发酵工业,2009,35(5):63-66。
- [47] Shan B, Cai Y Z, Brooks J D, et al. Antibacterial properties and major bioactive components of cinnamon Stick (Cinnamomum burmannii): activity against foodborn epathogenic bacterial[J]. J Agric Food Chem,2007,55:5484-5490。