

富硒发芽对大豆分离蛋白功能性质的影响

Effect of Se-enriched germination on functional properties of soybean protein isolates

胡丹丹^{1,2,3} 王素雅^{1,2,3} 杨晓亚^{1,2,3} 张苗苗^{1,2,3} 曹玉华^{1,2,3}

HU Dan-dan^{1,2,3} WANG Su-ya^{1,2,3} YANG Xiao-ya^{1,2,3} ZHANG Miao-miao^{1,2,3} CAO Yu-hua^{1,2,3}

(1. 南京财经大学食品科学与工程学院, 江苏 南京 210023; 2. 江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心, 江苏 南京 210023; 3. 江苏粮油质量安全控制及深加工重点实验室, 江苏 南京 210023)

(1. College of Food Science and Engineering, Nanjing, Jiangsu 210023, China; 2. Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety, Nanjing, Jiangsu 210023, China; 3. Key Laboratory of Grains and Oils Quality Control and Processing, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

摘要:研究 10 mg/L Na_2SeO_3 溶液浸泡的发芽大豆分离蛋白 (soy protein isolate, SPI) 的功能性质变化。采用碱提酸沉法制备不同发芽时间的 SPI, 并分析其功能性质。结果发现: 在发芽过程中富硒 SPI 的溶解性、吸水性、起泡性及乳化性均呈先升高后降低的趋势, 发芽 24~60 h 时 SPI 表现出良好的溶解性、乳化性和起泡性, 其中发芽 24 h 时蛋白质功能性质最佳。相关性分析结果表明: 无论是否进行富硒处理, SPI 的溶解性与吸水性呈极显著正相关 ($R=0.862$), 与起泡性 ($R=0.774$) 和乳化性 ($R=0.887$) 呈显著正相关。

关键词:大豆; 富硒发芽; 大豆分离蛋白; 功能性质

Abstract: Effect of Se-enriched germination was studied, on functional properties of soybean protein isolate (SPI). After inverted 6 h in 10 mg/L Na_2SeO_3 solution, soybean was germinated 96 h at optimal conditions. SPI from germinated soybean was prepared by alkaline extraction and acid precipitation method. The results showed that the change trend on solubility, water binding capacity, foaming property, and emulsifying property of SPI were similar, these properties value increased firstly and then decreased. SPI separated from sprouting 24~60 h soybean showed better solubility, emulsifying and foaming properties. The best functional property of SPI was determined when soybean was germinated 24 h. The correlation analysis showed that there was significant positive correlation between SPI solubility and water binding capacity ($R=0.862$); the solubility had positive correlations with foaming properties ($R=0.774$) and emulsifying

properties ($R=0.887$).

Keywords: soybean; Se-enriched germination; soy protein isolate (SPI); functional property

中国是世界上最早种植大豆并利用大豆加工食品的国家^[1]。在适宜的条件下发芽后, 大豆中水溶性维生素、大豆异黄酮和 γ -氨基丁酸等含量增加, 抗营养因子含量减少, 营养价值 and 口感得到提高与改善^[2]。而富硒发芽通过生物转化作用, 发芽种子将无机硒转化为有机硒, 成为良好富硒原料, 具有广阔的应用前景^[3]。

大豆分离蛋白具有良好的营养性能与加工性能, 可广泛应用于食品加工的多种领域。然而, 大豆发芽后内源蛋白酶活性改变, 直接影响蛋白质的组成和结构继而影响大豆蛋白的功能性质^[4]。同时, 发芽过程中部分硒被转化成蛋白质的组成部分^[5], 也可能影响其功能性质。因此, 研究富硒发芽后大豆分离蛋白的功能性质具有重要意义。

目前, 国内外有关富硒发芽大豆的研究主要集中在发芽条件的优化、硒在豆芽中的分布^[6]和富硒产品的开发^[7]上, 而对富硒发芽处理的大豆蛋白功能性质的研究未见报道。本研究拟以东北大豆为原料, 研究经 10 mg/L Na_2SeO_3 溶液浸泡处理后, 发芽大豆分离蛋白的溶解性、起泡性、吸水性和乳化性等功能性质的变化, 分析各性质之间的相关性, 为探讨富硒大豆分离蛋白在食品中的应用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 原料与药品

大豆: 东北大豆, 购自南京原粮市场;
大豆油: 中储油镇江油库;
亚硒酸钠: 分析纯, 成都西亚试剂;

基金项目:江苏高校自然科学基金面上项目(编号: 14KJB550005); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介:胡丹丹, 女, 南京财经大学在读研究生。

通讯作者:王素雅(1969-), 女, 南京财经大学副教授, 博士。

E-mail: wsy_wangsy@sina.com

收稿日期:2015-11-09

正己烷、次氯酸钠、氢氧化钠、硫酸、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠等;分析纯或生化试剂。

1.2 仪器与设备

电热恒温两用箱:HG75-3型,南京实验仪器厂;
高速万能粉碎机:FW100型,天津市泰斯特仪器有限公司;
pH计:PHS-25型,上海精密科学仪器有限公司;
数码恒温水浴锅:HH-6型,常州市国华电器有限公司;
真空冷冻干燥机:AIPHAI-4LDpluo型,德国Marin Chris公司;
离心分离机:TDL-80-2B型,上海安亭科学仪器厂;
数显高速分散均质机:FJ200-S型,上海标本模型厂;
可见分光光度:722N型,上海精密科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 富硒大豆籽粒发芽 挑选成熟饱满、无虫蛀、无霉变、无破损的大豆种子,称取20 g,用1.0%的NaClO溶液浸泡(5 min)消毒,蒸馏水冲洗后,分别加10 mg/L Na₂SeO₃溶液50 mL和蒸馏水(对照),于恒温(25 ℃)培养箱中浸泡6 h,将浸泡后的大豆粒置于25 ℃恒温培养箱中发芽,每隔12 h取样,96 h后停止发芽。豆芽用蒸馏水冲洗3遍,置于60 ℃烘箱中烘干,备用。

1.3.2 大豆分离蛋白的制备 根据文献[8]。

1.3.3 蛋白溶解性的测定 根据文献[9]。

$$PDI = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

PDI——蛋白质溶解性,以蛋白质分散指数(protein dispersibility index, PDI)表示, %;

*m*₁——上清液蛋白含量, g;

*m*₂——总蛋白含量, g。

1.3.4 蛋白吸水性与吸油性的测定 根据Sinha的方法^[10]修改如下:将0.25 g SPI(*m*₁)置于已知质量的5.0 mL离心管(质量为*m*₀)内,加2.5 mL去离子水,25 ℃振荡1 h后在相对离心力4 470 × *g*条件下离心20 min,倾去上层水后称质量记为*m*₂,按式(2)计算每克SPI的吸水性(water binding capacity, WBC)。吸油性(oil binding capacity, OBC)测定以大豆油代替去离子水,按式(3)计算每克SPI的吸油性。

$$WBC = \frac{m_2 - m_1 - m_0}{m_1} \quad (2)$$

$$OBC = \frac{m_2 - m_1 - m_0}{m_1} \quad (3)$$

1.3.5 蛋白乳化性与乳化稳定性的测定 根据文献[11]。

1.3.6 蛋白起泡性与泡沫稳定性的测定 根据文献[12]。

2 结果与讨论

2.1 富硒发芽过程中大豆分离蛋白溶解性的变化

溶解性是与蛋白质其他功能性质如乳化性、起泡性密切相关的重要功能性质。通常认为,拥有良好溶解性的蛋白质其他功能性质也较好,易于掺和到食品中^[13]。

由图1可知,在pH值7.0时,富硒发芽大豆分离蛋白的PDI随着发芽时间的延长呈现先上升后下降的趋势。未发

芽大豆SPI的PDI为54.71%,发芽24 h时,SPI的PDI最高为70.70%;发芽至96 h时,PDI又重新降至55.94%。分析认为发芽过程中,大豆内源性蛋白酶被激活,大豆储藏蛋白中部分7S球蛋白和11S球蛋白被水解,游离氨基与羧基增多,分子表面的电荷增多,离子相互作用增强^[5],因此富硒发芽大豆SPI的溶解度增加。但随着蛋白质分子的降解,埋藏于分子内部的疏水基团不断暴露,蛋白疏水性增强,溶解度下降^[14]。从图1还可看出,富硒发芽大豆SPI的PDI与对照差异很小,说明10 mg/L Na₂SeO₃溶液浸泡处理对SPI溶解性无明显影响。

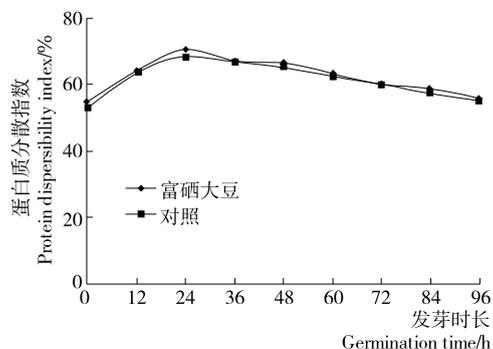


图1 pH 7.0时富硒发芽大豆分离蛋白PDI的变化
Figure 1 Protein dispersibility index changes of SPI at pH 7.0 during Se-enriched germination

2.2 富硒发芽处理对大豆分离蛋白吸水性的影响

蛋白质分子沿其肽链骨架有很多极性基团,因此具有较强的吸水性^[15]。由图2可知,富硒发芽过程中大豆SPI的吸水性呈先上升后下降的趋势,未发芽大豆SPI的吸水性为3.04 g/g,发芽24 h时SPI吸水性达到最高为3.42 g/g;至发芽96 h,SPI的吸水性又降至3.09 g/g,其变化趋势与溶解性变化一致。分析认为,激活的内源蛋白酶首先作用于大豆蛋白的表面,使蛋白表面有序的结构被破坏,部分极性基团暴露而易于与水分子结合,吸水性提高;但随着蛋白质的降解,分子内部疏水性基团不断暴露,吸水性下降^[16]。从图2还可得出:发芽24 h内富硒大豆SPI的吸水性高于对照;而发芽24 h后,富硒大豆SPI的吸水性与对照基本一致,说明适宜的富硒处理对大豆SPI吸水性无显著影响。

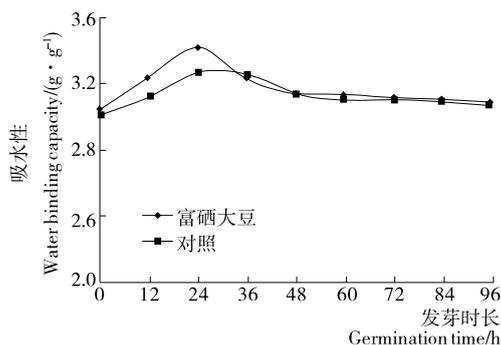


图2 富硒发芽过程中SPI吸水性的变化
Figure 2 Water binding capacity changes of SPI during Se-enriched germination

2.3 富硒发芽处理对大豆分离蛋白吸油性的影响

吸油性反映蛋白质与油脂结合的能力。食品通过蛋白质结合脂类,可提高脂肪的吸收和保留能力,减少脂肪在加工过程中的损失,保留食品的适口性和风味^[17]。由图 3 可知,发芽使富硒发芽大豆 SPI 的吸油性略有上升。未发芽时 SPI 的吸油性为 2.56 g/g,发芽 96 h 时吸油性为 2.97 g/g,增加了 16.02%,进一步说明发芽过程中大豆储藏蛋白因内源性蛋白酶激活而被降解,分子内部疏水性基团暴露,SPI 亲油性增强^[18]。

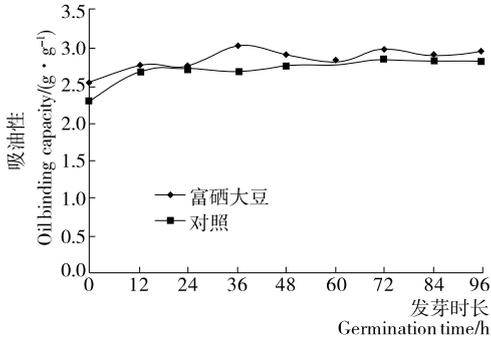


图 3 富硒发芽过程中 SPI 吸油性的变化

Figure 3 Oil binding capacity changes of SPI during Se-enriched germination

2.4 富硒发芽处理对大豆分离蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

SPI 具有亲水性基团与亲油性基团,因此在油水混合液中具有乳化性能。由图 4、5 可知,富硒发芽大豆 SPI 的乳化性及乳化稳定性均随发芽时间延长呈先升高后下降的趋势。未发芽大豆 SPI 乳化性为 0.19,乳化稳定性为 48.77。SPI 的乳化性在发芽 24 h 时最高(0.36),而乳化稳定性在发芽 36 h 时最高(96.52)。继续发芽则 SPI 的乳化性和乳化稳定性逐渐降低,至 96 h 时乳化性降至 0.21,乳化稳定性降至 41.92。分析认为发芽前期大豆储藏蛋白部分降解展开,游离氨基与羧基增多,SPI 向油水界面扩散与吸附能力增强;同时埋藏于分子内部的疏水基团暴露,表面疏水性增强,因此 SPI 的乳化性和乳化稳定性提高。但随着蛋白质表面疏水性基团暴露增加,分散的 SPI 分子之间通过疏水相互作用等重新形成分子聚集体溶解性降低,同时表面疏水性减弱,

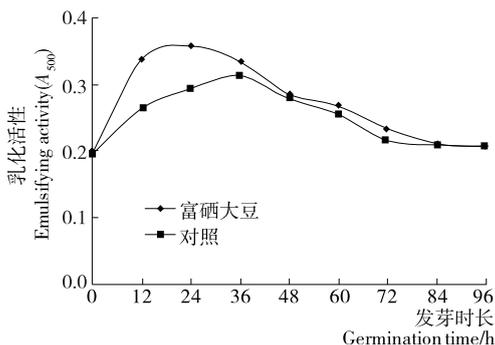


图 4 富硒发芽过程中 SPI 乳化性的变化

Figure 4 Emulsifying property changes of SPI during Se-enriched germination

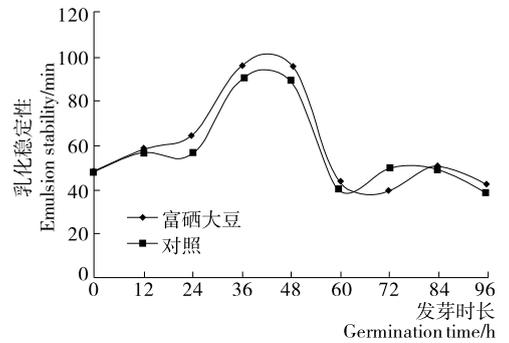


图 5 富硒发芽过程中 SPI 乳化稳定性的变化

Figure 5 Emulsion stability changes of SPI during Se-enriched germination

因此乳化性及乳化稳定性降低^[15]。从图 4、5 中还可看出,在发芽前期,富硒大豆 SPI 的乳化性高于对照,而乳化稳定性差别不大,说明富硒处理可增加 SPI 的乳化作用,但对其乳化稳定性影响很小。

2.5 富硒发芽处理对大豆分离蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

起泡性和泡沫稳定性属于蛋白质的界面性质,是影响食品口感和质构的重要因素。由图 6 可知,富硒发芽大豆 SPI 的起泡性随发芽时间的延长呈现先上升后下降的趋势。未发芽时,大豆 SPI 的起泡性为 38.80%,而发芽 24 h 时 SPI 起泡性最高(92.00%),是未发芽时的 2.37 倍,发芽至 96 h,起泡性降为 54.40%。SPI 的起泡性主要是可溶性蛋白吸附于水—空气界面而降低界面张力的结果^[18];富硒发芽初期,大豆 SPI 被内源蛋白酶降解而溶解性增加,可溶性蛋白多肽链展开而易于快速吸附在水—空气界面上^[19],形成稳定的交联网状结构,使 SPI 起泡性提高;但是继续发芽,SPI 被不断降解,疏水基团不断暴露,SPI 溶解性降低,起泡性又逐渐降低。

蛋白质吸附于水—空气界面形成气泡的同时由于蛋白质部分肽链在界面上伸展开来,并通过肽链间(包括分子内和分子间)相互作用,形成一个二维保护网络,使界面膜得以加强,因此促进了泡沫的稳定^[20]。由表 1 可知:随着发芽时间的延长,SPI 的泡沫稳定性呈下降趋势。原因可能是 SPI 不断被内源蛋白酶降解,肽链之间的相互作用力减弱,泡沫稳定性下降。由表 1 还可知,富硒处理对 SPI 的泡沫稳定性无明显影响。

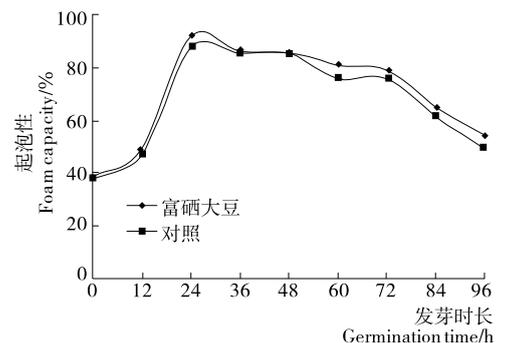


图 6 富硒发芽过程中 SPI 起泡性的变化

Figure 6 Foaming property changes of SPI during Se-enriched germination

表1 富硒发芽过程中SPI泡沫稳定性的变化

Table 1 Foam stability of SPI during enriched selenium germination

发芽时 长/h	泡沫稳定性/%											
	2 min		5 min		10 min		20 min		30 min		60 min	
	富硒	对照	富硒	对照	富硒	对照	富硒	对照	富硒	对照	富硒	对照
0	91.2	92.1	87.6	86.3	84.0	83.2	81.4	80.5	77.8	77.9	69.5	71.0
12	91.4	88.0	82.3	78.2	79.4	75.2	76.9	70.9	74.9	67.1	72.0	64.5
24	91.3	88.6	89.1	83.3	88.0	81.3	85.2	79.2	83.2	78.1	81.9	76.7
36	91.5	91.6	84.0	78.2	81.7	76.4	79.4	74.5	77.7	73.6	76.8	72.4
48	87.8	89.4	81.5	76.4	77.6	73.7	75.7	71.7	73.2	69.2	71.3	67.4
60	88.6	88.7	73.6	72.4	69.9	69.5	67.4	67.6	66.6	66.1	63.7	64.2
72	87.9	86.3	77.8	74.5	72.7	69.7	69.9	66.6	68.7	65.5	67.1	63.4
84	84.3	84.2	76.3	73.8	71.7	67.9	68.6	64.6	67.4	62.0	64.0	59.5
96	83.8	82.5	68.0	80.8	65.1	71.5	61.8	67.4	59.9	64.6	57.1	62.1

2.6 大豆分离蛋白功能特性之间的相关性分析

溶解性是蛋白质重要的基本功能特性,与蛋白质其它性质存在相关性,因此分析了SPI功能性质间的相关性。由表2可知,SPI的溶解性与吸水性、起泡性和乳化性均呈正相关,其中与吸水性呈极显著正相关,相关系数为0.862;与起泡性、乳化性呈显著正相关,相关系数分别为0.774和0.887。SPI的溶解性与吸油性和乳化稳定性呈不显著正相关,吸油性与乳化性为不显著负相关,这与莫耽等^[16]的研究结果一致。说明溶解性好的大豆分离蛋白具有良好的功能性质。

在富硒发芽的24~60 h,SPI的溶解度较高,同时也表现出良好的乳化性和起泡性。但与农田施肥相比,富硒发芽时间短,大豆生物转化能力有限。虽然发芽24 h时SPI具有最佳的功能性质,但从提高有机硒转化率的角度,仍需要适当延长富硒发芽时间,以获得有机硒转化率较高、蛋白功能性质良好的发芽大豆产品。

表2 大豆分离蛋白功能特性之间的相关系数[†]

Table 2 Correlation between SPI functional properties

功能特性	溶解性	吸水性	吸油性	起泡性	乳化性	乳化稳定性
溶解性	1.000					
吸水性	0.862**	1.000				
吸油性	0.186	-0.001	1.000			
起泡性	0.774*	0.542	0.517	1.000		
乳化性	0.887*	0.874	-0.084	0.429	1.000	
乳化稳定性	0.644	0.362	0.231	0.460	0.592	1.000

[†] *. 0.05水平差异显著; **. 0.01水平差异极显著。

3 结论

本研究发现经10 mg/L Na₂SeO₃溶液浸泡6 h并在适宜条件下发芽的大豆分离蛋白,其功能性质变化与发芽时长有关。在发芽前期,富硒大豆分离蛋白的溶解性、吸水性、乳化性、乳化稳定性及起泡性均有所增加,发芽24~60 h,大豆SPI表现出良好的溶解性、乳化性和起泡性,其中发芽24 h

时SPI的功能性质最佳。经相关性分析,发现富硒发芽大豆SPI的溶解性与其吸水性呈极显著正相关,与其起泡性和乳化性呈显著正相关,说明溶解性是大豆蛋白质最基础的功能性质。与对照相比,发芽24 h内,富硒发芽大豆SPI的吸水性和乳化性较高,而其他功能性质相似,说明富硒发芽对SPI的影响较小。因此,可根据需要将不同发芽时长的富硒大豆用于不同食品的加工中。

参考文献

- [1] 迟玉杰,朱秀清,李文滨. 大豆蛋白质加工新技术[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1.
- [2] 朱新荣,胡筱波,潘思铁,等. 大豆发芽期间多种营养成分变化的研究[J]. 中国酿造, 2008(12): 64-66.
- [3] Sugihara S, Kondo M, Chihara Y, et al. Preparation of selenium-enriched sprouts and identification of selenium species by high-performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2004, 68(1):193-199.
- [4] 王素雅,赵甲慧,杨玉玲,等. 发芽对大豆分离蛋白功能性质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(23): 64-68.
- [5] 况冲,郭晓玲,张永忠,等. 富硒大豆蛋白质的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(6): 192-194.
- [6] 宋娇娇,张红,杨润强,等. 富硒大豆芽不同部位与大分子硒的分布[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2011, 10(3): 323-327.
- [7] 马艳弘,周剑忠,王英,等. 富硒发芽大豆乳饮料的研制及稳定性研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 390-392.
- [8] 陈莉,钟芳,王璋. 凝固剂及凝固条件对大豆蛋白胶凝性质的影响[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(9): 23-27.
- [9] 赵新淮,徐红华,姜毓君. 食品蛋白质: 结构、性质与功能[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 313-315.
- [10] Sinha R, Radha C, Prakash J, et al. Whey protein hydrolysate: functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation [J]. Food Chemistry, 2007, 101(4): 1484-1491.

(下转第59页)

2.7 盐浓度对高良姜提取物抑菌的影响

盐浓度对高良姜中抑菌活性的影响见图 5。由图 5 可知:对于金黄色葡萄球菌来说,盐浓度为 0~1% 时抑菌活性下降,1%~5% 时抑菌活性上升,5%~11% 时抑菌活性又下降;5% 盐浓度的抑菌活性最大。对于蜡样芽孢杆菌来说,盐浓度为 0~3% 时抑菌活性几乎不变,3%~5% 时抑菌活性突然上升,5%~11% 时抑菌活性下降。在试验范围内,对照组没有观察到明显的抑菌圈。盐浓度为 5%~11% 时抑菌活性减弱,说明抑菌活性不是由渗透压引起的,可能与提取物里物质的结构有关系。由此可知,当高良姜的提取物作为防腐剂时,5% 的盐浓度是最好的。

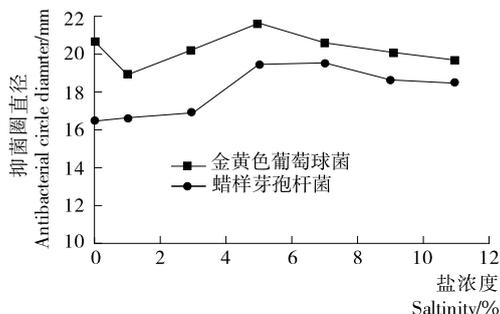


图 5 盐浓度对高良姜提取物抑菌活性的影响

Figure 5 The effects of salt concentration on the activity of antibacterial substances

3 结论

文章重点研究了高良姜提取物对常见的病原菌、水产腐败菌的抑菌活性。本研究试验结果:高良姜提取液对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度为 0.098 mg/mL,最小杀菌浓度为 0.190 mg/mL,与 Kiranmayee Rao Bhuvanewari Ch 等^[9]得出的金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度为 0.04~1.28 mg/mL,最小杀菌浓度为 0.08~2.56 mg/mL 相一致,优于 Jirawan Oonmetta-aree 等^[8]用高良姜的提取液对金黄色葡萄球菌测定的最小抑菌浓度为 0.325 mg/mL,最小杀菌浓度为 1.300 mg/mL。主要原因在于提取方法的不同(文献^[8]采用索氏抽提与直接抽提法)。可以推测微波辅助提取对抑菌物质的提取有明显的优势,也将成为提取中草药活性成分的一种有效手段。高良姜提取液是一种较好的天然广谱抑菌物质,可以作为一种绿色天然防腐剂。紫外光照射时间、温度、pH、糖浓度、盐浓度 5 种因素对高良姜提取物的稳定性有一定的影响,紫外光照射时间、温度在一定的范围内,都有助于促进其抑菌活性。但本试验只是考察了 5 种常见物理因素对其稳定性的影响,不够全面,下一步将对提取因素、化学因素、提取物物质主要成分及结构等的影响作全面的分析。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:236.
 [2] 李洪福,李永辉,王勇,等. 高良姜化学成分及药理活性的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(4):236-244.

[3] Rie Kato, Isao Matsui-Yuasa, Hideki Azuma. The synergistic effect of 1-acetoxychavicol acetate and sodium butyrate on the death of human hepatocellular carcinoma cells[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2014(212): 1-10.
 [4] 黄慧珍,杨丹. 高良姜的化学成分及药理活性研究进展[J]. 广东化工,2009,36(1):77-80.
 [5] 赖毅东. 具有抑菌活性成分中草药的筛选及防腐保鲜应用机理的研究[D]. 广州:华南理工大学,2003:1-3.
 [6] 王兰,张玉娟,张芳红,等. 黄柏苦参陈皮高良姜等中药材的体外防霉活性的研究[J]. 中国卫生检验杂志,2010,20(8):1942-1943.
 [7] 谢小梅,龙凯,钟裔荣,等. 高良姜、草果防霉作用的实验研究[J]. 药物研究,2002,11(5):45-46.
 [8] Jirawan Oonmetta-aree, Tomoko Suzuki. Antimicrobial properties and action of galangal on *Staphylococcus aureus*[J]. *Elsevier*, 2005,15(6):1214-1220.
 [9] Kiranmayee Rao Bhuvanewari Ch, Lakashmi M Narasu Archana Giri. Antibacterial activity of *Alpinia galanga*(L) wild crude extracts[J]. *Appl Biochem Biotechnol*, 2010(162):871-884.
 [10] 曹增梅,黄和. 超声波辅助番石榴中多酚类物质的提取[J]. 食品与机械,2012,28(5):123-126.
 [11] 彭美芳. 草果抑菌活性作用机制与分离纯化的研究[D]. 海南:海南大学,2014:17-20.
 [12] 刘昭明,田玉红,黄翠姬,等. 迷迭香挥发油成分及抑菌活性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):654-656.
 [13] 温旺荣,戴庚孙,王德春. 常用消毒剂对念珠菌最小杀菌浓度的测定[J]. 中国消毒学杂志,1994,11(2):85-87.

(上接第 27 页)

[11] Pearce K N, Kubsekka J E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique[J]. *Agriculture Food Chemistry*, 1978,26(3):716-723.
 [12] Pedroche J, Yust M M, Lqari H, et al. Brassica carinata protein isolates: chemical composition, protein characterization and improvement of functional properties by protein hydrolysis[J]. *Food Chemistry*, 2004,88(3):337-346.
 [13] 邢小鹏,吴高峻,孙华. 大豆分离蛋白的功能特性[J]. 食品工业科技,2000,21(4):74-76.
 [14] 李迎秋,陈正行. 高压脉冲电场对大豆分离蛋白功能性质的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(8):194-198.
 [15] 冯屏,徐玉佩. 功能性大豆蛋白及其应用[J]. 中国油脂,2011,26(6):70-74.
 [16] 莫耿,黄行健,段雅庆,等. 辐照对大豆分离蛋白功能性质影响[J]. 食品科学,2011,32(1):52-55.
 [17] 江连洲. 植物蛋白工艺学[M]. 北京:科学出版社,2011:83.
 [18] 李鹏,杨伟强. 酶法改性对花生浓缩蛋白吸油性能的影响[J]. 粮油食品科技,2011,19(5):22-25.
 [19] Wagner J R. Thermal and electrophoretic behavior, hydrophobicity, and some functional properties of acid treated soy protein isolates[J]. *Agriculture Food Chemistry*, 1996,44(7):1881-1889.
 [20] Garcia M C, Torre M, Marina M L, et al. Composition and characterization of soybean and related products[J]. *Food Science and Nutrition*, 1997,37(4):361-391.