



提高黑豆红色素稳定性的食品防腐剂筛选

褚盼盼

(吕梁学院 生命科学系,山西 吕梁 033000)

摘要:为促进黑豆红色素的稳定性,对比不同类型食品防腐剂的作用效果,以黑豆红色素为试验材料,色素保存率为指标,从苯甲酸钠、丙酸钙、丙酸钠、山梨酸钾、对羟基苯甲酸乙酯、亚硝酸钠和漂白剂 7 种化学合成防腐剂及鱼精蛋白、溶菌酶、纳他霉素和乳酸链球菌素 4 种生物天然防腐剂中筛选能够促进黑豆红色素稳定性的食品防腐剂。结果表明:苯甲酸钠、丙酸钙、溶菌酶和山梨酸钾 4 种食品防腐剂对黑豆红色素溶液的稳定性具有破坏作用,色素保存率分别降低 40%、50%、50% 和 35%;亚硝酸钠、纳他霉素、丙酸钠、漂白剂、乳酸链球菌素和对羟基苯甲酸乙酯 6 种食品防腐剂对黑豆红色素溶液具有辅色作用,色素保存率分别提高 30%、20%、30%、80%、60% 和 30%;鱼精蛋白对黑豆红色素溶液的稳定性影响不显著。结果说明不同食品防腐剂对黑豆红色素的稳定性影响存在差异,且影响效果与防腐剂的类型无关。在食品生产加工过程中可以选择亚硝酸钠、纳他霉素、丙酸钠、漂白剂、乳酸链球菌素和对羟基苯甲酸乙酯等 6 种食品防腐剂来提高黑豆红色素的稳定性。

关键词:黑豆红色素;食品防腐剂;合成防腐剂;天然防腐剂;色素保存率

Selection of Food Preservatives to Promote Stability of Black Bean Red Pigment

CHU Pan-pan

(Department of Life Sciences, Lvliang University, Lvliang 033000, China)

Abstract: In order to promote the stability of black bean red pigment and compared the effects of different food preservatives, this study used black bean red pigment as experimental material and pigment retention rate as index, seven synthetic preservatives, including sodium benzoate, calcium propionate, sodium propionate, potassium sorbate, ethyl phydroxybenzoate, sodium nitrite and bleach, and four biological natural preservatives including protamine, lysozyme, natamycin and nisin were screened to promote the stability of black soybean red pigment. The results showed that sodium benzoate, calcium propionate, lysozyme and potassium sorbate had damage effect on the stability of black bean red pigment solution, and preservation rate of pigment decreased by 40%, 50%, 50% and 35%, respectively. Six kinds of food preservatives, such as sodium nitrite, natamycin, sodium propionate, bleach, streptococcus lactin and ethyl paraben, had complementary color effect on the red pigment solution of black bean, and preservation rate of pigment was increased by 30%, 20%, 30%, 80%, 60% and 30%, respectively. Protamine had no significant effect on the stability of black bean red pigment solution ($P > 0.05$). The results showed that different food preservatives had different effects on the stability of black bean red pigment, and the effect was independent of the type of preservatives. In the process of food production and processing, six food preservatives such as sodium nitrite, natamycin, sodium propionate, bleach, streptococcus lactin and ethyl paraben can be selected to improve the stability of black bean red pigment.

Keywords: black bean red pigment; food preservatives; synthetic preservatives; natural preservatives; preservation rate of pigment

在食品生产加工过程中,人们往往通过添加食品防腐剂来延长食品的保质期或货架期^[1]。但目前关于食品防腐剂对食品中的其他成分的影响研究却鲜见报道。

黑豆红色素,又称“黑豆红”,是一种着色自然的天然花青素类色素。我国食品添加剂使用标准(GB 2760-2014)中规定黑豆红可以作为着色剂应用于糖果、糕点上彩装、果蔬汁(浆)类饮料、风味饮料(仅限果味饮料)和配制酒中。黑豆红色素具有抗氧化^[2-3]、抗菌^[4]、防止炎症^[5]、抗癌^[6]、降低血脂^[7]、降低血糖^[8]等重要的生理作用。但很多学者

研究发现该色素易受光、氧化剂、还原剂、氨基酸、金属离子 Fe^{3+} 等因素的影响导致色素保存率降低,使其应用效果受到一定的影响^[9-13]。目前,关于黑豆红色素稳定性的研究报道很多,但专门针对食品防腐剂对黑豆红色素稳定性影响的相关研究未见报道。

食品防腐剂的种类很多,主要分为化学合成防腐剂和生物天然防腐剂两类。其中化学合成防腐剂包括酸型、酯型和无机型 3 类。本研究选择食品中常用的 7 种化学合成防腐剂,包括 4 种酸型(苯甲酸钠、丙酸钙、丙酸钠、山梨酸钾)、1 种酯型(对羟基

苯甲酸乙酯)和2种无机型(亚硝酸钠、漂白剂);选择生物天然防腐剂4种(鱼精蛋白、溶菌酶、纳他霉素、乳酸链球菌素)。由于不同食品防腐剂对黑豆红色素稳定性的影响存在差异,因此本研究通过分析在低温避光条件下上述11种常见食品防腐剂对黑豆红色素稳定性的影响,筛选能够提高黑豆红色素稳定性的食品防腐剂,旨在为明确食品生产加工过程中如何合理地选择食品防腐剂来提高黑豆红色素的稳定性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 黑豆红色素,西安圣青生物科技有限公司。

1.1.2 主要仪器与试剂 BSA224S电子天平,赛多利斯科学仪器有限公司;UV-1601紫外可见分光光度计,北京瑞利分析仪器有限公司;SYX-638冰箱,广州傲雪制冷设备有限公司。

苯甲酸钠、亚硝酸钠、漂白剂、山梨酸钾和对羟基苯甲酸乙酯均为国产分析纯;鱼精蛋白、溶菌酶、纳他霉素、丙酸钙、丙酸钠和乳酸链球菌素均为国产食品级。

1.2 试验设计

根据国家标准GB 2760-2014《食品添加剂使用标准》中食品防腐剂的使用标准,选择苯甲酸钠、丙酸钙、丙酸钠和山梨酸钾4种酸型食品防腐剂,对羟基苯甲酸乙酯1种酯型食品防腐剂,亚硝酸钠和漂白剂两种无机型防腐剂,鱼精蛋白、溶菌酶、纳他霉素和乳酸链球菌素4种生物天然防腐剂。其中,苯甲酸钠的最大使用量为 $1.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,丙酸钙与丙酸钠为 $2.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,对羟基苯甲酸乙酯为 $0.25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,纳他霉素为 $0.3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,乳酸链球菌素为 $0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,山梨酸钾为 $0.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,亚硝酸钠为 $0.15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (肉制品中),其余食品防腐剂按生产要求适量添加。因此,在国标限量添加范围内,将苯甲酸钠、亚硝酸钠、鱼精蛋白、溶菌酶、丙酸钙和丙酸钠的浓度设置为0%、0.02%、0.04%、0.06%和0.08%,将山梨酸钾与漂白剂的浓度设置为0%、0.01%、0.02%、0.03%和0.04%,将纳他霉素、乳酸链球菌素和对羟基苯甲酸乙酯的浓度设置为0%、0.005%、0.01%、0.015%和0.02%。

为了避免温度和光照的影响,试剂全程在冰箱中4℃低温保存,并且在棕色瓶中进行试验。配制0.12%黑豆红色素溶液,置于不同的棕色瓶中,将每种食品防腐剂以不同浓度加到黑豆红色素溶液中并塞上塞子,以未添加防腐剂的黑豆红色素溶液为

对照,分别检测放置0,12,24,36和48 h黑豆红色素溶液的色素保存率。

1.3 色素保存率的测定方法

以蒸馏水作为参比,测量加入食品防腐剂的黑豆红色素溶液在510 nm处的吸光度值A,以未加入任何食品防腐剂的色素溶液为吸光度值B,色素保存率($\%$)= $(A/B)\times 100^{[9]}$ 。

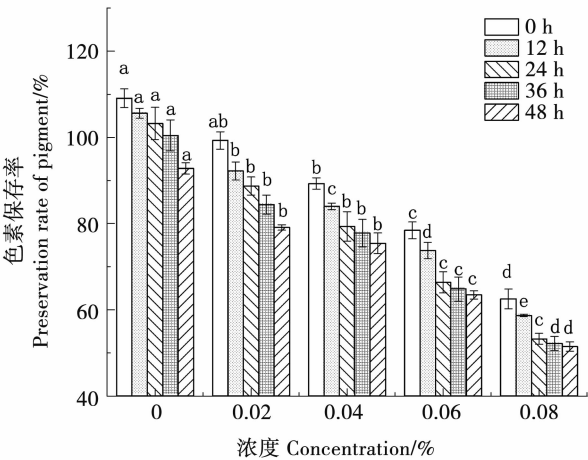
1.4 数据分析

使用Origin 2018 64 Bit软件绘图,使用ISM SPSS Statistics 25软件完成方差分析和Duncan显著性分析。

2 结果与分析

2.1 苯甲酸钠对黑豆红色素稳定性的影响

如图1所示,添加了苯甲酸钠的黑豆红色素溶液的保存率与对照相比有所下降,表明苯甲酸钠对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用。在相同浓度苯甲酸钠的作用下,随着时间延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率逐步降低;苯甲酸钠作用相同时间,随着苯甲酸钠浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率逐步降低;0.08%苯甲酸钠作用48 h,黑豆红色素的保存率为53%,比不加苯甲酸钠对照下降40%。方差分析结果表明,不同浓度苯甲酸钠作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,0.02%、0.06%和0.08%苯甲酸钠作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$),0.02%与0.04%苯甲酸钠作用48 h的影响差异不显著($P>0.05$)。



注:不同字母表示处理间差异性显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different letter indicate significant differences ($P<0.05$) between treatments. The same below.

图1 苯甲酸钠对黑豆红色素保存率的影响

Fig. 1 The effects of sodium benzoate on preservation rate of black bean red pigment

2.2 丙酸钙对黑豆红色素稳定性的影响

如图 2 所示,添加了丙酸钙的黑豆红色素溶液的保存率降低,表明丙酸钙对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用。在相同浓度丙酸钙的作用下,随着时间延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈现下降趋势;丙酸钙作用相同时间,随着浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率逐步降低;0.08% 丙酸钙浓度作用 48 h,黑豆红色素的保存率为 52.7%,比不加丙酸钙对照下降 50%。方差分析结果表明,不同浓度丙酸钙作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.02%、0.04%、0.06% 和 0.08% 丙酸钙作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P < 0.05$)。

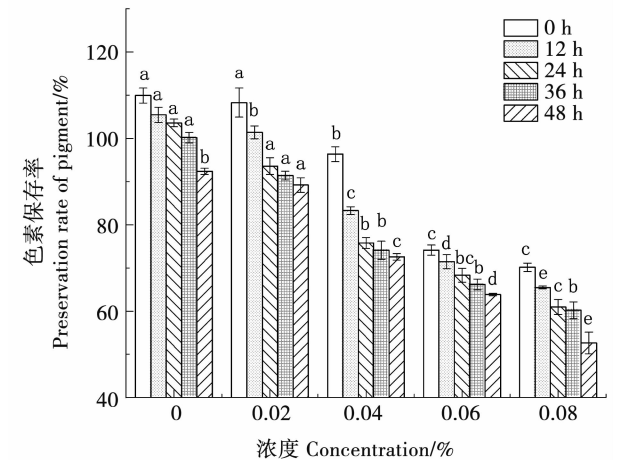


图 2 丙酸钙对黑豆红色素保存率的影响
Fig.2 The effects of calcium propionate on preservation rate of black bean red pigment

2.3 丙酸钠对黑豆红色素稳定性的影响

如图 3 所示,添加了丙酸钠的黑豆红色素的保存率有所提高,表明丙酸钠对黑豆红色素溶液具有辅色作用。在相同的丙酸钠浓度下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率降低,但黑豆红色素的保存率均比对照高;丙酸钙作用相同时间,随着浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率呈现上升趋势;0.08% 丙酸钙浓度作用 48 h,黑豆红色素保存率比不加丙酸钠对照提高 30%。方差分析表明,不同浓度丙酸钠作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.02%、0.06% 和 0.08% 丙酸钠作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P < 0.05$),对照和 0.02% 丙酸钠作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异不显著($P > 0.05$)。

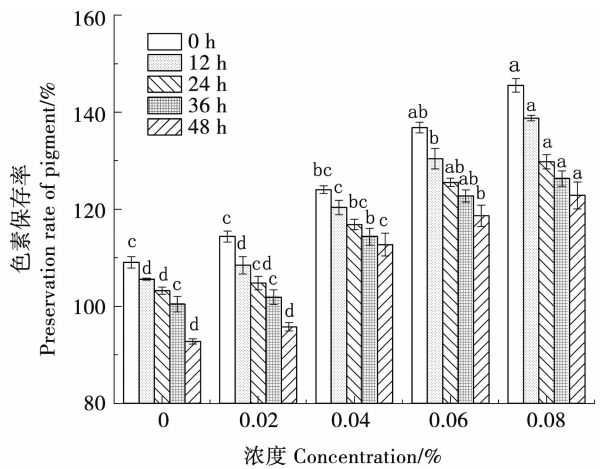


图 3 丙酸钠对黑豆红色素保存率的影响
Fig.3 The effects of sodium propionate on preservation rate of black bean red pigment

2.4 山梨酸钾对黑豆红色素稳定性的影响

如图 4 所示,添加了山梨酸钾的黑豆红色素的保存率有所降低,表明山梨酸钾对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用。在相同浓度的山梨酸钾浓度下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率逐渐降低;山梨酸钾作用相同时间,随着浓度的升高(0%~0.04%),黑豆红色素的保存率逐步降低;0.04% 山梨酸钾作用 48 h,黑豆红色素保存率比不加山梨酸钾对照下降 35%。方差分析结果表明,不同浓度山梨酸钾作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.01%、0.02%、0.03% 和 0.04% 山梨酸钾作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P < 0.05$)。

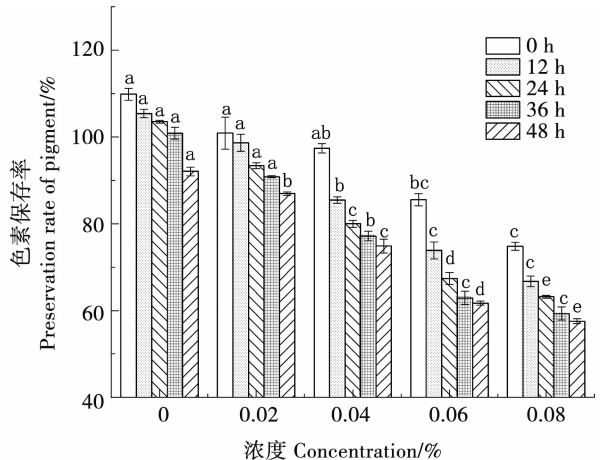


图 4 山梨酸钾对黑豆红色素保存率的影响
Fig.4 The effects of potassium sorbate on preservation rate of black bean red pigment

2.5 对羟基苯甲酸乙酯对黑豆红色素稳定性的影响

如图 5 所示,添加对羟基苯甲酸乙酯的黑豆红

色素溶液的保存率有所提高,表明其对黑豆红色素溶液具有辅色作用。在相同的对浓度下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈现下降趋势,但相比于对照,对羟基苯甲酸乙酯使黑豆红色素的保存率有所提高;对羟基苯甲酸乙酯作用相同时间,随着浓度的升高(0%~0.02%),其保存率上升;0.02%对羟基苯甲酸乙酯作用48 h,黑豆红色素的保存率比不加对羟基苯甲酸乙酯对照提高30%。方差分析结果表明,不同浓度对羟基苯甲酸乙酯作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,0.01%和0.02%对羟基苯甲酸乙酯作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$),0.005%和0.015%对羟基苯甲酸乙酯作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$)。

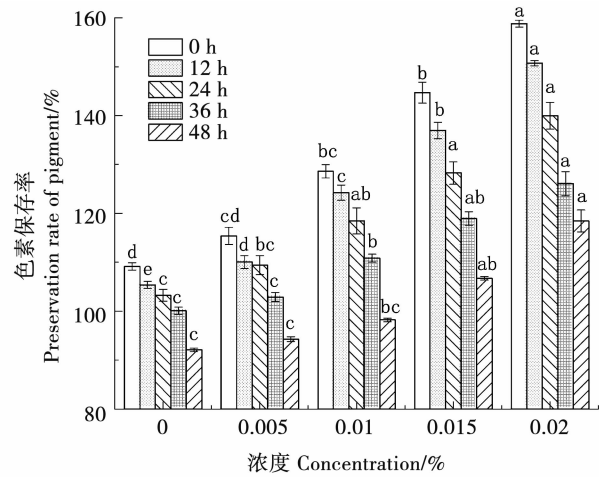


图5 对羟基苯甲酸乙酯对黑豆红色素保存率的影响
Fig.5 The effects of ethyl phydroxybenzoate on preservation rate of black bean red pigment

2.6 亚硝酸钠对黑豆红色素稳定性的影响

如图6所示,添加了亚硝酸钠的黑豆红色素的保存率有所提高,表明亚硝酸钠对黑豆红色素溶液具有辅色作用。在相同浓度的亚硝酸钠作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率逐步下降;亚硝酸钠作用相同时间,随着亚硝酸盐浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率逐渐提高;在0.08%亚硝酸钠作用48 h时,黑豆红色素的保存率比不加亚硝酸钠对照提高30%。方差分析结果表明,不同浓度亚硝酸钠作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.02%、0.04%、0.06%和0.08%亚硝酸钠作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$)。

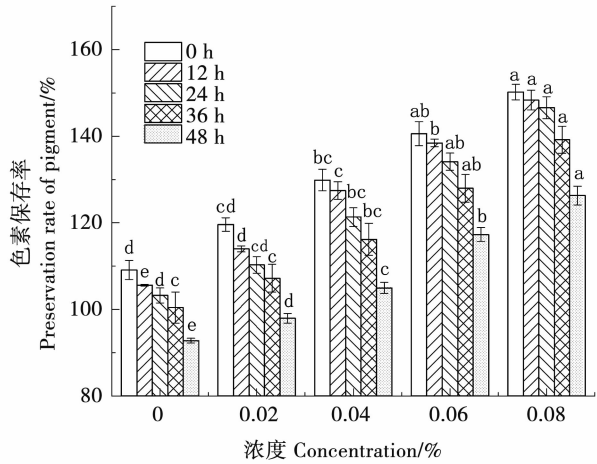


图6 亚硝酸钠对黑豆红色素保存率的影响
Fig.6 The effects of sodium nitrite on preservation rate of black bean red pigment

2.7 漂白剂对黑豆红色素稳定性的影响

如图7所示,添加了漂白剂的黑豆红色素的保存率有所提高,表明漂白剂对黑豆红色素溶液具有辅色作用。在相同浓度的漂白剂作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈现下降趋势,但与对照相比,其保存率有所提高;漂白剂作用相同时间,随着漂白剂浓度的升高(0%~0.04%),黑豆红色素的保存率呈现上升趋势;0.04%漂白剂作用48 h,黑豆红色素的保存率比不加漂白剂对照提高80%。方差分析结果表明,不同浓度漂白剂作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.01%、0.02%和0.03%漂白剂作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$),0.03%和0.04%漂白剂作用48 h对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异不显著($P>0.05$)。

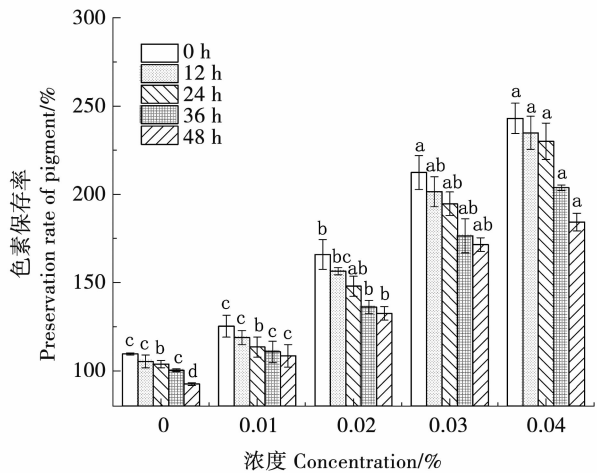


图7 漂白剂对黑豆红色素保存率的影响
Fig.7 The effects of bleach on preservation rate of black bean red pigment

2.8 鱼精蛋白对黑豆红色素稳定性的影响

如图 8 所示,添加了鱼精蛋白的黑豆红色素的保存率有所降低,表明鱼精蛋白对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用。在相同浓度的鱼精蛋白作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率逐步降低;鱼精蛋白作用的相同时间,随着鱼精蛋白浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率在鱼精蛋白浓度为 0%~0.02% 时无较大变化,在 0.02%~0.08% 时有所降低;0.08% 鱼精蛋白作用 48 h,黑豆红色素的保存率比不加鱼精蛋白对照下降 7%。方差分析结果表明,不同浓度鱼精蛋白作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.04% 和 0.08% 鱼精蛋白作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$),0.02%、0.04% 和 0.06% 鱼精蛋白作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异不显著($P>0.05$)。

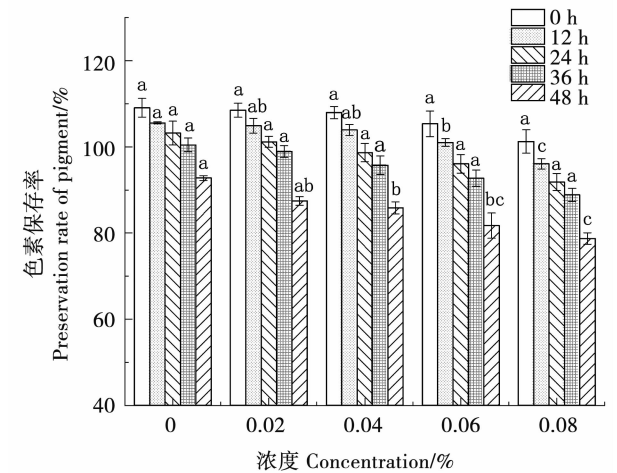


图 8 鱼精蛋白对黑豆红色素保存率的影响
Fig. 8 The effects of protamine on preservation rate of black bean red pigment

2.9 溶菌酶对黑豆红色素稳定性的影响

如图 9 所示,添加了溶菌酶的黑豆红色素的保存率降低,表明溶菌酶对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用。在相同浓度的溶菌酶作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈现下降趋势;溶菌酶作用相同时间,随着溶菌酶浓度的升高(0%~0.08%),黑豆红色素的保存率逐渐降低;0.08% 溶菌酶作用 48 h 时,黑豆红色素的保存率为 43.5%,比不加溶菌酶对照下降 50%。方差分析结果表明,不同浓度溶菌酶作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.02%、0.04%、0.06% 和 0.08% 溶菌酶作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$)。

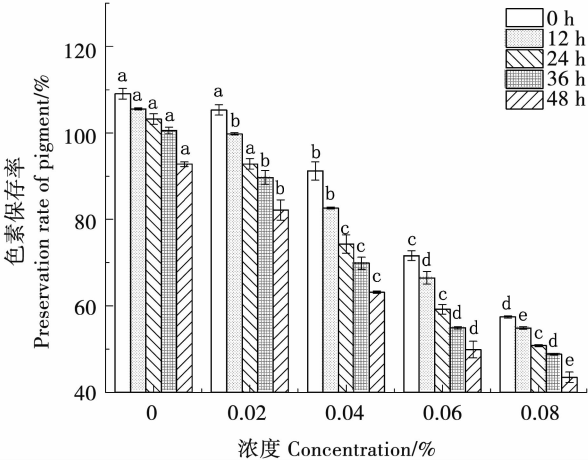


图 9 溶菌酶对黑豆红色素保存率的影响
Fig. 9 The effects of lysozyme on preservation rate of black bean red pigment

2.10 纳他霉素对黑豆红色素稳定性的影响

如图 10 所示,添加了纳他霉素的黑豆红色素的保存率有所提高,表明纳他霉素有利于黑豆红色素溶液的稳定性。在相同浓度的纳他霉素作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈下降趋势;纳他霉素作用相同时间,纳他霉素的浓度为 0%~0.015% 时,黑豆红色素的保存率提高;浓度为 0.015%~0.020% 时,黑豆红色素的保存率降低,但在不同浓度纳他霉素的作用下,黑豆红色素的保存率均比不加纳他霉素对照高;0.02% 纳他霉素作用 48 h,黑豆红色素的保存率比不加纳他霉素对照提高 20%。方差分析结果表明,不同浓度纳他霉素作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.005%、0.01% 和 0.015% 纳他霉素作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著($P<0.05$),0.005% 和 0.02% 纳他霉素作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异不显著($P>0.05$)。

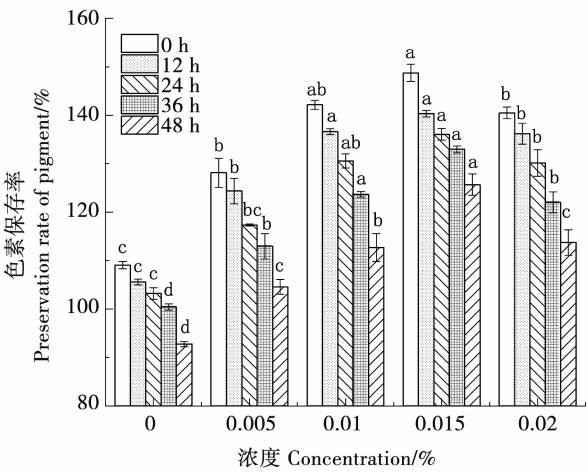


图 10 纳他霉素对黑豆红色素保存率的影响
Fig. 10 The effects of natamycin on preservation rate of black beans red pigment

2.11 乳酸链球菌素对黑豆红色素稳定性的影响

如图 11 所示,添加了乳酸链球菌素的黑豆红色素的保存率有所提高,表明乳酸链球菌素对黑豆红色素溶液具有辅色作用。在相同乳酸链球菌素浓度的作用下,随着时间的延长(0~48 h),黑豆红色素的保存率呈现下降趋势,但均比对照高;乳酸链球菌素作用相同,随着乳酸链球菌素浓度的提高(0%~0.02%),黑豆红色素保存率提高;0.02% 乳酸链球菌素作用 48 h,黑豆红色素保存率比不加乳酸链球菌素对照提高 60%。方差分析结果表明,不同浓度乳酸链球菌素作用相同时间的色素保存率满足方差齐性;显著性分析结果表明,对照、0.01%、0.015% 和 0.02% 乳酸链球菌素作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异显著 ($P<0.05$),0.005% 和 0.01% 乳酸链球菌素作用 48 h 对黑豆红色素溶液稳定性的影响差异不显著 ($P>0.05$)。

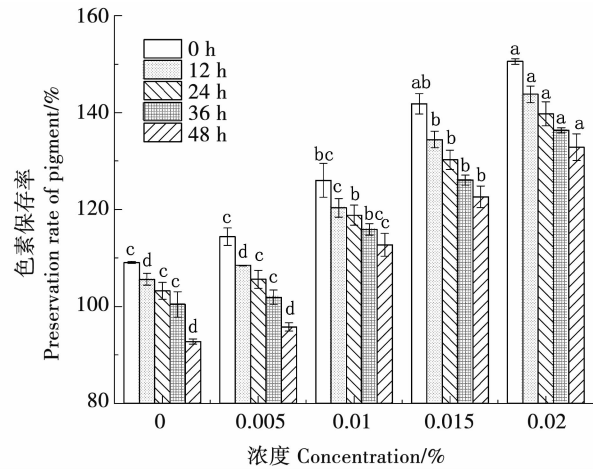


图 11 乳酸链球菌素对黑豆红色素保存率的影响
Fig. 11 The effects of nisin on preservation rate of black beans red pigment

3 讨论

黑豆红色素作为天然食用花青素类色素,因其安全无毒且取自价廉易得的黑豆皮,近年来已被广泛应用于食品、化妆品、医药等领域。但由于黑豆红色素的稳定性容易受到一些因素影响,限制了其使用效果。目前,食品防腐剂已得到广泛的应用,但未见食品防腐剂对黑豆红色素稳定性影响的相关研究报道,所以本研究对于明确在食品生产加工过程中如何合理地使用食品防腐剂来提高黑豆红色素的稳定性具有重要意义。

本研究发现苯甲酸钠对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用,造成这种情况的原因可能是苯甲酸钠使色素的分子结构发生变化,导致色素稳定性降低,与高雪琴^[14]提出的苯甲酸钠对黑豆红色素基本无影响的结论有所差异,与余佳熹等^[15]提出的苯甲酸钠的浓度越高玫瑰花色苷保存率越低的结论

相同。丙酸钙对黑豆红色素溶液的稳定性具有破坏作用,可能是因为丙酸钙破坏了色素分子的助色基团,导致其稳定性降低,该结果与何全光等^[16]提出的丙酸钙不利于色素稳定的结果一致。丙酸钠和乳酸链球菌素有利于黑豆红色素溶液的稳定性,该结果与王登宇等^[17]的研究结果相同,这可能是因为它们与色素分子发生了辅色反应,导致黑豆红色素的保存率提高。山梨酸钾会破坏黑豆红色素溶液的稳定性,该结果与杨娟娟等^[18]研究表明山梨酸钾不利于葡萄皮花色素稳定性的结果相似,这可能是由于山梨酸钾破坏了色素分子的结构,导致色素稳定性降低。对羟基苯甲酸乙酯对黑豆红色素溶液的稳定性有辅色作用,该结果与张伟锋^[19]对火龙果色素稳定性的研究结果一致,这可能是因为发生分子间辅色效应,使得 π - π 共轭体系增加。亚硝酸钠对黑豆红色素溶液的稳定性具有辅色作用,造成这种情况的原因可能是亚硝酸钠的还原性使黑豆红色素不被氧化,并且亚硝酸钠本身具有的一定辅色作用,导致黑豆红色素的稳定性提高^[13],此结果与刘妍等^[20]提出的亚硝酸钠有利于山竹皮色素的保持的研究结果相似,这可能是由于亚硝酸钠具有还原性以及一定的护色作用导致的。漂白剂对黑豆红色素溶液具有辅色作用,这可能是因为漂白剂具有较强的还原性,使黑豆红色素溶液不被氧化,稳定性增强。鱼精蛋白对黑豆红色素溶液的稳定性有一定的破坏作用,这可能是因为鱼精蛋白为碱性蛋白质,碱性环境下黑豆红色素稳定性较弱,保存率下降^[13]。溶菌酶对黑豆红色素溶液的稳定性有破坏作用,这可能是因为溶菌酶破坏了黑豆红色素的分子结构,导致其保存率降低^[21]。纳他霉素有利于黑豆红色素溶液的稳定性,这可能是因为纳他霉素与色素分子发生辅色反应,从而使黑豆红色素稳定性提高。

4 结论

本研究以色素保存率为指标,在低温避光条件下筛选能够促进黑豆红色素稳定性的食品防腐剂。结果表明苯甲酸钠、丙酸钙、溶菌酶和山梨酸钾均使黑豆红色素溶液的保存率降低,对黑豆红色素溶液的稳定性具有破坏作用;亚硝酸钠、纳他霉素、丙酸钠、漂白剂、乳酸链球菌素和对羟基苯甲酸乙酯均可使黑豆红色素的保存率提高,对黑豆红色素溶液具有辅色作用;鱼精蛋白对黑豆红色素溶液的稳定性影响不大。结果说明食品防腐剂对黑豆红色素稳定性的影响与防腐剂的类型无关,其中亚硝酸钠、纳他霉素、丙酸钠、漂白剂、乳酸链球菌素和对羟基苯甲酸乙酯 6 种食品防腐剂可以提高黑豆红色素的稳定性,适合使用在食品生产加工过程中。

参考文献

[1] 王丽. 食品中五种常见防腐剂同时检测技术研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2012: 1-54. (WANG L. Study on the simultaneous detection technique of five preservatives in foods[J]. Yangling: Northwest A & F University, 2012: 1-54.)

[2] XU B J, CHANG S K C. Antioxidant capacity of seed coat, skinning machine bean, and whole black soybeans in relation to their distributions of total phenolics, phenolic acids, anthocyanins, and isoflavones[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(18): 8365-8373.

[3] SHINOMIYA K, TOKUNAGA S, SHIGEMOTO Y, et al. Effect of seed coat extract from black soybeans on radial maze performance in rats[J]. Clinical & Experimental Pharmacology & Physiology, 2005, 32(9): 757-760.

[4] 褚盼盼, 靳泽荣, 乔元彪. 黑豆皮花青素不同提取方法及其体外抗菌活性研究[J]. 大豆科学, 2015, 34(4): 685-689. (CHU P P, JIN Z R, QIAO Y B. Black soybean skin anthocyanin different extraction method and its antibacterial activity *in vitro* [J]. Soybean Science, 2015, 34(4): 685-689.)

[5] GIUSTI M M, WROLSTAD R E. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems[J]. Biochemical Engineering Journal, 2003, 3(14): 217-225.

[6] DOWNHAM A, COLLINS P. Colouring our foods in the last and next millennium[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2000, 35(8): 5-22.

[7] KWON S H. Anti-obesity andhypolipidemic effects of black soybean anthocyanins[J]. Journal of Medicinal Food, 2007, 10(3): 552-556.

[8] 张继曼. 黑豆红花色苷的优化提取及其降血糖作用的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010: 1-76. (ZHANG J M. The optimum extraction and hypoglycemic effect of anthocyanins in black soybean[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2010: 1-76.)

[9] 褚盼盼, 吴姣姣, 陈月桃. 黑豆红色素光稳定性辅色剂的筛选[J]. 大豆科学, 2017, 36(1): 131-137. (CHU P P, WU J J, CHEN Y T. Screening of photostability complementary color agent in black beans red pigment[J]. Soybean Science, 2017, 36(1): 131-137.)

[10] 朱宏达, 张慧, 张美荣, 等. 黑豆红色素的提取工艺及其理化性质的研究[J]. 中国食品添加剂, 2009(1): 86-90. (ZHU H D, ZHANG H, ZHANG M R, et al. The study of black bean red extracting from black soybean and its physical and chemical properties[J]. China Food Additives, 2009(1): 86-90.)

[11] 杨卫民, 刘保琪, 李团霞, 等. 黑豆种皮中红色素的提取及稳定性研究[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 688-691. (YANG W M, LIU B Q, LI T X, et al. Extraction of red pigments from seed coat of black soybean and its stability[J]. Soybean Science, 2010, 29(4): 688-691.)

[12] 崔蕊静, 李凤英, 李春华. 黑豆皮红色素提取及影响其稳定性因素分析[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(1): 48-51. (CUI R J, LI F Y, LI C H. Study on extraction of pnaeolus red pigment and the pigment stability[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2004, 19(1): 48-51.)

[13] 陈玉, 庄纯, 夏增务, 等. 黑豆皮红色素的提取工艺及稳定性研究[J]. 福建师大福清分校学报, 2012(5): 69-77. (CHEN Y, ZHUANG C, XIA Z W, et al. Study on extraction and stability of red pigment from black bean[J]. Journal of Fuqing Branch of Fujian Normal University, 2012(5): 69-77.)

[14] 高雪琴. 黑豆皮红色素的提取工艺、特性及应用研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2006. (GAO X Q. Study on extraction technology, characteristics and application of red pigment from black bean hulls[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2006.)

[15] 余佳熹, 于雅静, 吕远平. 玫瑰花色苷水提液颜色稳定性的研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 144-149, 153. (YU J X, YU Y J, LYU Y P. Study on the color stability of rose anthocyanin aqueous extract solution[J]. China Condiment, 2021, 46(3): 144-149, 153.)

[16] 何全光, 黄梅华, 张娥珍, 等. 不同工艺制备火龙果粉中红色素稳定性的研究[J]. 热带作物学报, 2015(10): 1873-1878. (HE Q G, HUANG M H, ZHANG E J, et al. Pigment stability of pitaya powder[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(10): 1873-1878.)

[17] 王登宇, 钟义丽, 陈梅金, 等. 仙人掌果红色素提取条件及稳定性研究[J]. 怀化学院学报, 2019(11): 57-61. (WANG D Y, ZHONG Y L, CHEN M J, et al. Study on the extraction conditions and stability of the red pigment of cactus fruit[J]. Journal of Huaihua University, 2019(11): 57-61.)

[18] 杨娟娟, 王斌. 赤霞珠葡萄皮花色色素稳定性研究[J]. 粮食与食品工业, 2021(1): 51-54. (YANG J J, WANG B. The stability of anthocyanin of cabernet sauvignon grape skin was study[J]. Cereal & Food Industry, 2021(1): 51-54.)

[19] 张伟锋. 台湾洋火龙果红色素提取和稳定性的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2004: 1-60. (ZHANG W F. Study on extraction and stability of red pigment in Taiwan's Xianglong hylocereus undutus fruit[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2004: 1-60.)

[20] 刘妍, 郭艳峰, 李晓璐, 等. 三种水果果皮中花青素含量测定及其稳定性分析[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(4): 89-93. (LIU Y, GUO Y F, LI X L, et al. Determination and stability analysis of anthocyanidin in three kinds of fruit peels[J]. Storage and Process, 2017, 17(4): 89-93.)

[21] 罗桂杰, 刘博, 陈芬. 宿晓红葡萄色素提取及稳定性研究[J]. 北方农业学报, 2019, 47(2): 104-110. (LUO G J, LIU B, CHEN F. Study on extraction technology and the stability of natural pigment from Suxiaohong grape[J]. Journal of Northern Agriculture, 2019, 47(2): 104-110.)