

王凌云,魏丕伟,熊 俐,等.香蕉皮黄色素的提取工艺及稳定性研究[J].江苏农业科学,2015,43(9):316-320.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.103

香蕉皮黄色素的提取工艺及稳定性研究

王凌云,魏丕伟,熊 俐,廖 伟,陈廷廷

(四川理工学院生物工程学院,四川自贡 643000)

摘要:以香蕉皮为原材料,通过单因素试验和 $L_9(3^4)$ 正交试验对其黄色素的提取工艺进行研究,并研究了该色素提取液在光照、氧化剂和还原剂、不同温度、不同 pH 值、常用配料、常用食品添加剂等条件处理下的稳定性。结果表明:香蕉皮黄色素最佳提取条件为:乙醇体积分数为 85%,提取温度 60℃,料液比 1 g:10 mL,提取时间 3 h,提取 2 次。该色素对光、氧化剂、还原剂、蔗糖、食盐、柠檬酸、山梨酸钾、亚硝酸钠、苯甲酸钠、维生素 C 耐性较强;对热不稳定,在 70℃以上极易褐变;在 pH 值>6.0 时不稳定,颜色发生陡然变化;且该色素对六偏磷酸钠不稳定。试验为天然黄色素的开发和利用以及香蕉皮废弃资源的利用提供了一定的理论依据。

关键词:香蕉皮;黄色素;提取工艺;稳定性

中图分类号: TS264.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0316-05

香蕉 (*Musa nananour*) 属于芭蕉科 (Musace) 芭蕉属 (*Musa*), 是典型的热带经济作物, 也是人们最喜欢的水果之一。通常人们只食用香蕉果肉, 占香蕉 30%~40% 质量的香蕉皮则大多被丢弃, 对香蕉皮资源的开发利用还比较少, 目前香蕉皮主要用于制备果胶、多功能膳食纤维、饲料添加剂。经研究发现, 香蕉皮中主要含有酚类、油脂类、有机酸、缩合鞣质、蛋白质和糖类, 还有多种维生素和无机盐等成分^[1-2], 因此香蕉皮极具开发利用价值。香蕉皮的利用和开发, 既可变废为宝保护环境, 又可提高香蕉加工企业的经济效益^[3]。香蕉皮具有较强的抗氧化性, 主要是多酚类物质, 目前对提取香蕉皮中的多酚物质研究较多^[4]。此外, 有研究者还探讨了香蕉皮黄酮的提取与利用^[5]。由于香蕉皮易发生褐变, 因此, 香蕉皮黑色素的提取工艺也已成熟^[6]。但是, 国内对香蕉皮黄色素的研究还比较少, 仅有香蕉皮黄色素的稳定性初步研究^[7], 未见提取工艺的研究报道。黄色素是一类重要的天然色素, 占市场需求量的 60%, 具有广阔的开发实力及前景。目前国内主要生产的天然黄色素有栀子黄、姜黄和柑橘黄。栀子黄色素用于面类制品着色时, 易发生绿变, 且稳定性不高^[8]。姜黄素对还原剂的稳定性较强, 着色性强, 但对光、热、铁离子敏感。柑橘黄对光很敏感, 易褪色, 在使用时应考虑适当加入抗氧化剂。若能开发一种新来源的天然黄色素, 将是对食品着色剂中黄色素的补充, 故进行本研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 香蕉为市售, 八至九成熟, 表皮完整且呈亮黄色, 无黑色斑迹。将新鲜香蕉皮刮掉内层中软部分后, 用水洗

去内层的胶状物, 再用滤纸吸干水分, 切碎至 0.5 cm×0.5 cm 大小备用。

1.1.2 试剂 95% 乙醇、丙酮、乙酸乙酯、乙醚、30% 过氧化氢、无水亚硫酸钠、浓盐酸、氢氧化钠、蔗糖、氯化钠、柠檬酸、维生素 C、山梨酸钾、亚硝酸钠、六偏磷酸钠、苯甲酸钠等均为分析纯, 购自成都市科龙化工试剂厂。

1.1.3 主要仪器 UV1000 紫外-可见分光光度计, 上海天美科学仪器有限公司; RE-52A 旋转蒸发仪, 上海红叶设备有限公司; SHB-III 循环水式多用真空泵, 郑州长城科工贸有限公司; JD100-4G 电子天平, 沈阳龙腾电子有限公司; HH-S 恒温水浴锅, 江苏省金坛市正基仪器有限公司; KQ-B 玻璃仪器气流烘干器, 北京中兴伟业仪器有限公司; DHG-9075A 电热恒温鼓风干燥箱, 上海齐欣科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 提取溶剂的选择 分别称取 10.000 g 经过预处理的香蕉皮块分装于 6 个 250 mL 三角瓶中, 分别加入蒸馏水、50% 乙醇、95% 乙醇、乙酸乙酯、丙酮、乙醚各 100 mL, 在室温下浸提, 1 h 后在白色背景下观察其溶液颜色和状态。

1.2.2 提取工艺研究 按照“1.2.1”节选定的提取剂, 分别考察提取剂体积分数、温度、料液比、提取时间、提取次数 5 个因素, 分别设定依次递增的 4 个水平, 进行单因素试验。试验材料为 10.000 g 经过预处理的香蕉皮, 提取溶液定容到 100 mL, 以黄色素的最高吸收波长 $\lambda_{\max} = 440 \text{ nm}$ ^[7] 下测得吸光度作为试验结果。在单因素试验基础上, 选择影响较大的 4 个因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验, 最终确定香蕉皮黄色素的最佳提取工艺。

1.2.3 稳定性研究 所用色素溶液均为最佳提取条件下提取得到。

1.2.3.1 温度的影响 将 20 mL 色素提取液分装于 4 支 50 mL 的具塞试管中, 分别置于室温 (25℃左右) 及 50℃、75℃、90℃ 的 3 个恒温水浴锅中, 处理 2 h 后, 观察其颜色的变化并测定其在 440 nm 处吸光度。

1.2.3.2 pH 值的影响 将 5 mL 色素溶液分装于 14 支

收稿日期: 2015-08-04

基金项目: 四川省教育厅项目 (编号: 13ZB0142)。

作者简介: 王凌云 (1982—), 女, 山东章丘人, 博士, 讲师, 主要从事天然产物及功能食品研究。E-mail: wanglingyun2004@163.com。

通信作者: 魏丕伟, 博士, 讲师, 主要从事植物资源利用研究。

E-mail: weipiwei2004@163.com。

10 mL 的具塞试管中,并利用配制好的酸碱液(1 mol/L HCl、1 mol/L NaOH)调节色素溶液的 pH 值使其值为 1~14,振荡 30 s,静置 30 min 后观察其颜色变化,并对颜色变化不大的测定吸光度。

1.2.3.3 光照的影响 将 20 mL 色素提取液分装于 2 支 50 mL 的具塞试管中,分别置于室内黑暗、光照 2 种条件下,温度均为 25 ℃ 左右,每隔 24 h 分别对提取液在紫外-可见分光光度计 440 nm 处测定吸光度,连续测定 7 d。

1.2.3.4 蔗糖的影响 分别吸取 8 mL 色素提取液 4 份置于 10 mL 具塞比色管中,将已配制好的浓度为 1%、5%、10%、15% 的蔗糖溶液分别取 2 mL 加入比色管中,振荡 30 s,静置 2 h 后观察其颜色变化,并测定吸光度。

1.2.3.5 食盐的影响 分别吸取 8 mL 的色素提取液 5 份置于 10 mL 具塞比色管中,将已配制好的浓度为 4%、8%、12%、16%、20% 的食盐溶液分别取 2 mL 加入已加提取液的比色管中,振荡 30 s,静置 2 h 后观察其颜色变化,并测定吸光度。

1.2.3.6 氧化剂(H₂O₂)的影响 分别配制 1.5%、3%、6%、15% 的 H₂O₂ 溶液各 2 mL 于 5 个 25 mL 的具塞比色管中,并各移取 18 mL 色素提取液于每支比色管中,振荡 30 s,静置 3 h 后观察其颜色变化,并测定吸光度。

1.2.3.7 还原剂(Na₂SO₃)的影响 分别配制 0.1%、0.2%、0.5%、1% 的 Na₂SO₃ 溶液 10 mL,并分别移取 1 mL 于 4 支 25 mL 具塞比色管中,再向每支比色管中移取 19 mL 色素提取液,振荡 30 s,静置 3 h 后观察其颜色变化,并测定吸光度^[26]。

1.2.3.8 柠檬酸的影响 分别配制 1%、2%、3%、4% 的柠檬酸溶液各 2 mL 于 4 个 10 mL 的具塞比色管中,再分别吸取 8 mL 色素提取液于各比色管中,振荡 30 s,静置 2 h 后测定其吸光度^[3]。

1.2.3.9 山梨酸钾的影响 分别配制 1%、2%、3%、4% 的山梨酸钾溶液各 1 mL 于 4 个 10 mL 的具塞比色管中,再分别吸取 9 mL 色素提取液于各比色管中,振荡 30 s,静置 2 h 后测定其吸光度。

1.2.3.10 亚硝酸钠的影响 分别配制 0.1%、0.3%、0.6%、1%、2% 亚硝酸钠溶液各 1 mL 于 5 个 10 mL 的具塞比色管中,并分别吸取 9 mL 色素提取液于各比色管中,振荡 30 s,静置 2 h 后测定其吸光度。

1.2.3.11 维生素 C、苯甲酸钠、六偏磷酸钠的影响 溶液配制浓度及操作同“1.2.3.10”节。

2 结果与分析

2.1 提取溶剂选择

由表 1 可知,95% 乙醇、丙酮和乙醚对香蕉皮黄色素提取效果均较好,但丙酮、乙醚有害身体健康,从食品安全性考虑,95% 乙醇更合适,故初步选用高浓度乙醇为提取剂。

2.2 单因素试验结果与分析

2.2.1 乙醇体积分数对色素提取效果的影响 分别称取 5.000 g 经过预处理的香蕉皮于 4 个 250 mL 的圆底烧瓶内,并准确量取 35%、55%、75%、95% 乙醇溶液各 50 mL 于各个烧瓶中,将烧瓶放置于 70 ℃ 的恒温水浴锅中回流 1 h,过滤

表 1 不同提取剂对香蕉皮黄色素的浸提效果比较

提取剂	提取液颜色与状态
乙酸乙酯	无色透明
水	无色浑浊
50% 乙醇	浅黄澄清
95% 乙醇	亮黄澄清
丙酮	亮黄澄清
乙醚	亮黄澄清

滤,收集滤液,所得滤渣转入烧瓶中再量取 50 mL 相同溶剂回流 1 h,再收集滤液,将 2 次所得滤液浓缩至 50 mL,浓缩液在紫外-可见分光光度计 440 nm 处测定其吸光度。以乙醇体积分数为横坐标、吸光度为纵坐标绘制曲线(图 1)。由图 1 可知,95% 体积分数的乙醇溶液使色素溶出最多,吸光度为 0.290,而 75% 乙醇提取液浓缩后吸光度为 0.278,仅次于 95% 乙醇提取液的色素溶出率。55% 乙醇提取液吸光度为 0.162,远小于 75% 乙醇提取液吸光度。因此选择 75% 的乙醇溶液为香蕉皮黄色素的最佳提取剂。

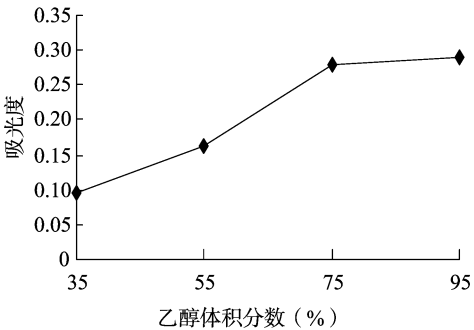


图 1 乙醇体积分数与香蕉皮黄色素提取效果的关系

2.1.2 温度对色素提取效果的影响 按照同样方法,样品 5.000 g,料液比 1 g : 10 mL,提取剂 75% 乙醇,回流提取 2 次,每次 1 h,温度分别设定 25、40、55、70 ℃,提取结束后 440 nm 测定提取液吸光度,结果如图 2 所示。低温条件下色素不易溶出,并且在设定范围内温度越高色素提取效果越好,且 70 ℃ 下,其浓缩液吸光度达到 0.286;但一般色素不耐高温,因此初步确定 55 ℃ 为提取色素的最佳温度。

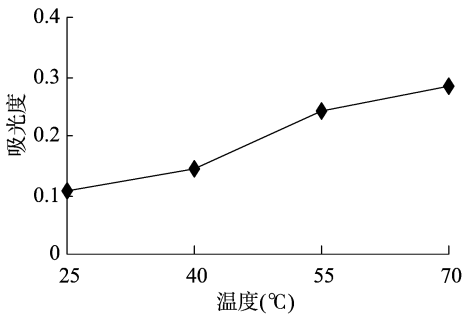


图 2 温度与香蕉皮黄色素提取效果的关系

2.1.3 料液比对色素提取效果的影响 参考栀子黄色素提取工艺最佳料液比是 1 g : 10 mL^[8],故选择料液比(g : mL)为 1 : 5、1 : 10、1 : 15、1 : 20 等 4 个水平进行香蕉皮黄色素提取,其他条件如“2.1.2”节。试验结果(图 3)表明,料液比为 1 g : 10 mL 时,色素溶出率最大,因此初步确定最佳料液

比为 1 g : 10 mL。

2.1.4 提取时间对色素提取效果的影响 在料液比 1 g : 10 mL、75% 乙醇溶液、55 ℃ 的水浴条件下提取 2 次,研究了不同提取时间(1、2、3、4 h)对香蕉皮黄色素提取效果的影响,结果(图 4)表明,随着提取时间的增加,提取效果越来越好,但是由于 2 ~ 4 h 间增加的吸光度为 0.058,不如 1 ~ 2 h 间增加的多,1 ~ 2 h 间增加的吸光度有 0.068。从节省能源及时间来看,选择 2 h 为最佳提取时间。

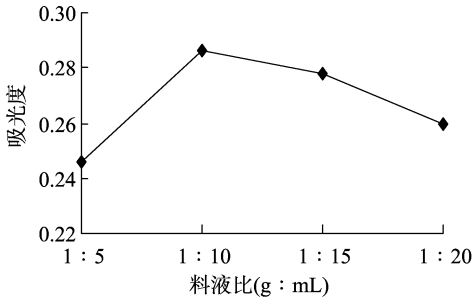


图3 料液比与香蕉皮黄色素提取效果的关系

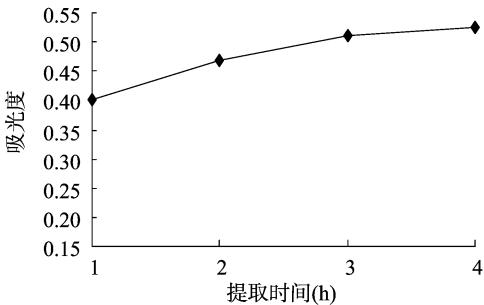


图4 提取时间与香蕉皮黄色素提取效果的关系

2.1.5 提取次数对色素提取效果的影响 按照前面步骤得到的最佳条件,在料液比 1 g : 10 mL、75% 乙醇溶液、55 ℃ 的水浴条件下提取 2 h,分别测定提取 1、2、3、4 次的提取液的吸光度,结果(图 5)表明,随着提取次数的增多,提取效果越好,特别是提取 2 次较提取 1 次增加的吸光度较多,增加达到 0.210,而提取 3 次和 4 次也有增加,但是增加的效果不大,分别为 0.130 和 0.040;因此,选取 2 次为最佳提取次数。

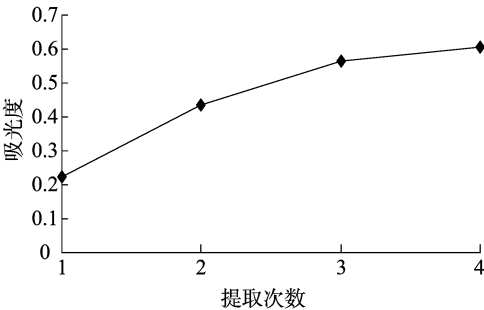


图5 提取次数与香蕉皮黄色素提取效果的关系

2.3 正交试验结果与分析

2.3.1 正交试验因素水平的确定 根据单因素试验结果,乙醇体积分数、温度、料液比、提取时间 4 个因素都对香蕉皮色素的提取影响较大,而提取次数相比其他 4 个因素影响不大,

因此本试验固定提取次数为 2 次,以乙醇体积分数、温度、料液比和提取时间为因素,每个因素设定 3 个水平,进行 4 因素 3 水平正交试验(表 2)。

表 2 香蕉皮黄色素提取正交试验因素水平

水平	因素			
	A:乙醇体积分数 (%)	B:温度 (℃)	C:提取时间 (h)	D:料液比 (g : mL)
1	65	50	1	1 : 10
2	75	60	2	1 : 15
3	85	70	3	1 : 20

2.3.2 正交试验结果与分析 由表 3 可知, $R_c > R_b > R_a > R_d$,即提取时间影响最大,其次是温度,再次是乙醇体积分数,影响最小的是料液比。从正交试验的直观分析看,提取效果最好的条件是 $A_3B_2C_3D_1$,即乙醇体积分数 85%,温度 60 ℃,提取时间 3 h,料液比 1 g : 10 mL;但从每个因素看,最佳条件是每个因素的 k 最大值的条件,即 $A_3B_3C_3D_3$,具体为,乙醇体积分数 85%,温度 70 ℃,提取时间 3 h,料液比 1 g : 20 mL。对这 2 个条件做验证试验,提取过程如“1.2.1”节,吸光度分别为 0.476、0.493。 $A_3B_3C_3D_3$ 比 $A_3B_2C_3D_1$ 提取效果好,但吸光度差值较小,为 0.017,仅提高了 3.57%。由表 4 可知, $0.01 < P_A < 0.05$,故 A 因素,即乙醇体积分数对色素提取具有显著性影响; $0.01 < P_B < 0.05$,故 B 因素,即温度对对色素提取具有显著性影响; $F_c > F_{0.01}(2, 2)$, $P_c < 0.01$,故 C 因素,即提取时间对色素提取具有极显著性影响;而 D 因素(料液比),极差 R 最小,作为误差项,对色素提取效果影响不显著。影响因素从大到小的顺序为提取时间 > 乙醇体积分数 > 提取温度 > 料液比。 $A_3B_3C_3D_3$ 与 $A_3B_2C_3D_1$ 组合相比,提取温度高 10 ℃,所用提取溶液多 1 倍,虽然稍高的温度和稍大的液料比有利于黄色素的溶出,但温度过高容易使色素不稳定,而且在提取过程中也浪费热量,所以选择 60 ℃ 为最佳提取温度。方差分析显示,料液比对提取效果影响很小,没有显著性,可以用 1 g : 10 mL 的料液比溶出大部分色素,没必要再增加提取溶剂用量,既造成乙醇浪费也增加后续溶剂回收的工作量,所以选择 1 g : 10 mL 为最佳料液比。综

表 3 香蕉皮黄色素提取效 $L_9(3^4)$ 正交试验结果

序号	处理组合	A	B	C	D	吸光度
1	$A_1B_1C_1D_1$	1	1	1	1	0.248
2	$A_1B_2C_2D_2$	1	2	2	2	0.328
3	$A_1B_3C_3D_3$	1	3	3	3	0.436
4	$A_2B_1C_3D_2$	2	1	3	2	0.380
5	$A_2B_2C_1D_3$	2	2	1	3	0.364
6	$A_2B_3C_2D_1$	2	3	2	1	0.360
7	$A_3B_1C_2D_3$	3	1	2	3	0.324
8	$A_3B_2C_3D_1$	3	2	3	1	0.488
9	$A_3B_3C_1D_2$	3	3	1	2	0.408
k_1		0.337	0.317	0.340	0.365	
k_2		0.368	0.393	0.337	0.372	
k_3		0.407	0.401	0.435	0.375	
R		0.070	0.084	0.098	0.010	

表 4 香蕉皮黄色素提取 $L_9(3^4)$ 正交试验结果的方差分析

方差来源	偏差平方和	自由度	MS	F	显著性
A	0.007 24	2	0.003 62	52	*
B	0.012 9	2	0.006 45	93	*
C	0.018 4	2	0.009 22	133	**
误差	0.000 139	2	0.000 069 5		

注： $F_{0.05}(2,2)=19.000$ ， $F_{0.01}(2,2)=99.000$ ；“*”为显著，“**”为极显著。

合分析,从香蕉皮中提取黄色素的最佳条件为:乙醇体积分数 85%,温度 60 ℃,料液比 1 g:10 mL,提取时间 3 h。

2.4 稳定性试验结果

2.4.1 温度的影响结果 由表 5 可见,该色素在 70~90 ℃ 之间不稳定,且高温下色素已被破坏,而 25~50 ℃ 之间,色素保持相对稳定。故该色素在 50 ℃ 左右及以下都较稳定,但当温度达到 70 ℃ 以上,色素就不稳定。因此,使用时应限制其温度在 50 ℃ 左右或更低温度。

表 5 不同温度对色素提取液的影响

温度(℃)	吸光度	温度(℃)	吸光度
25	0.243	70	0.351
50	0.255	90	0.430

2.4.2 pH 值的影响结果 由表 6 可知,在 pH 值为 1~6 之间,提取液颜色无明显变化,但是 pH 值=7 时,颜色发生了突变,由黄色变为橙黄色,且随着 pH 值的增大,颜色逐渐加深,直至 pH 值=14 时提取液变为深红色。表明该色素提取液在弱酸性条件下较稳定,在中性偏碱性或碱性条件下都极不稳定。故该色素不应加入碱性溶液中,其最佳 pH 值条件为 4~6。

表 6 不同 pH 值对色素提取液的影响

pH 值	吸光度	pH 值	溶液颜色
1	0.195	7	淡橙黄色
2	0.201	8	淡橙红色
3	0.208	9	橙红色
4	0.212	10	橙红色
5	0.267	11	淡红色
6	0.283	12	淡红色
		13	深红色
		14	深红色

2.4.3 光照的影响结果 图 6 为色素提取液在黑暗和光照下 1 周内吸光度的变化,可见,随着时间的增长,色素吸光度的差值逐渐增大,但到 7 d 时,吸光度相差仅为 0.051,故短时间内(7 d)光照对色素稳定性影响不大。

2.4.4 食品配料(蔗糖、食盐)对色素的影响 由图 7、图 8 可知,蔗糖、食盐等常用的食品配料对色素稳定性影响均较小,且蔗糖在 5% 低浓度时色素颜色增加,吸光度增大,对香蕉皮黄色素有增色作用。因此可在食品中添加低浓度蔗糖以保持色素的着色力。将香蕉皮黄色素添加到食品中,食品中原有蔗糖、食盐等成分不会对其产生影响。

2.4.5 氧化剂(H_2O_2)与还原剂(Na_2SO_3)对色素的影响 H_2O_2 为强氧化剂。由图 9 可知,在 H_2O_2 浓度低于 6% 的条

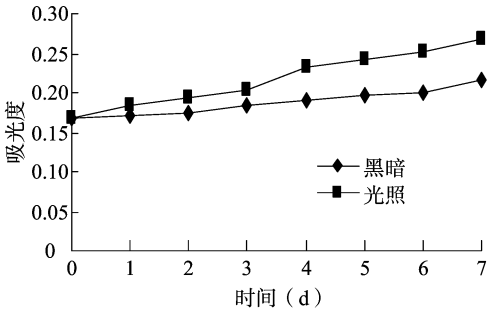


图 6 光照对色素稳定性的影响

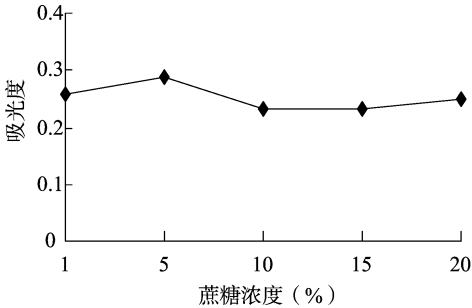


图 7 蔗糖对色素稳定性的影响

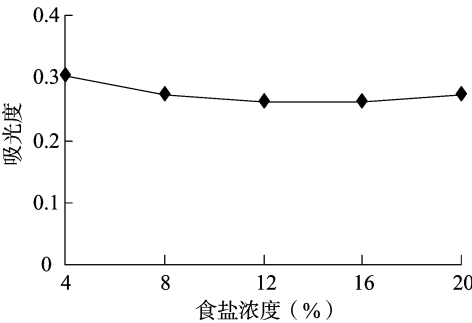


图 8 食盐浓度对色素稳定性的影响

件下,色素非常稳定,直至浓度达到 15% 才使色素提取液的吸光度有少许下降,由最初的 0.266 下降到 0.223,可见 H_2O_2 对色素的稳定性影响不大,即该色素的耐氧化性较强。 Na_2SO_3 为食品中常见的抗氧化剂和护色剂。由图 10 可知,在较低浓度下(0.1%~1.0% 范围内)亚硫酸钠对色素稳定性几乎无影响,且对色素有一定的保护作用,故在食品加工中可同时加入该色素与低浓度的亚硫酸钠。但由于亚硫酸钠具有弱碱性,而该色素在碱性条件下极不稳定,因此在含有该色素的食品中不可加入高浓度的亚硫酸钠,防止色素变质。

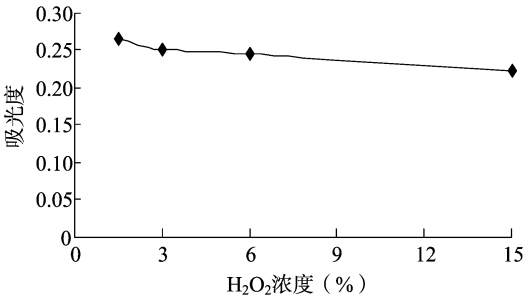


图 9 H_2O_2 对色素稳定性的影响

2.4.6 柠檬酸、山梨酸钾对色素的影响 由图 11 可知,加入不同浓度的柠檬酸,色素的吸光度未发生明显变化,而柠檬酸

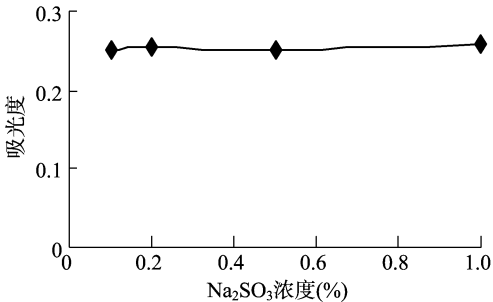


图10 Na_2SO_3 对色素稳定性的影响

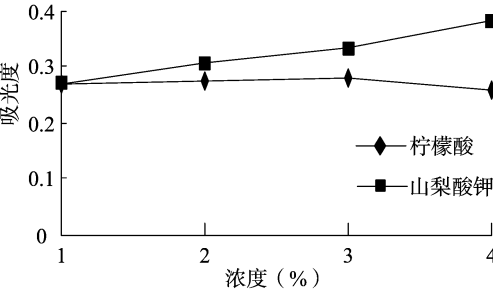


图11 柠檬酸、山梨酸钾对色素稳定性的影响

具有还原性,可见柠檬酸在提取液中对色素有一定的保护作用;因此,柠檬酸作为食品中常用的酸味剂和抗氧化剂可与香蕉皮黄色素同时使用。随着添加防腐剂山梨酸钾浓度的增大,色素吸光度逐渐增大,可见一定浓度的山梨酸钾会使色素的着色力增强;因此,若在食品加工中同时加入该色素和一定浓度的山梨酸钾,后者对前者有增强着色力的效果。

2.4.7 亚硝酸钠、维生素 C、苯甲酸钠对色素的影响 由图 12 可知,在浓度范围为 0.1% ~ 2.0% 内的亚硝酸钠、维生素 C、苯甲酸钠溶液中,色素的吸光度变化均不大,且吸光度均较高,可见,亚硝酸钠、维生素 C、苯甲酸钠对色素的稳定性基本无影响。这 3 种食品添加剂中,亚硝酸钠、维生素 C 均具有还原性,能够很好地抑制色素的氧化,使其保持稳定;苯甲酸钠是酸性防腐剂,香蕉皮黄色素对苯甲酸钠稳定与该色素在酸性条件下稳定相吻合。故在食品加工中一定浓度 (0.1% ~ 2.0%) 的亚硝酸钠、维生素 C、苯甲酸钠可分别与该色素配合使用。

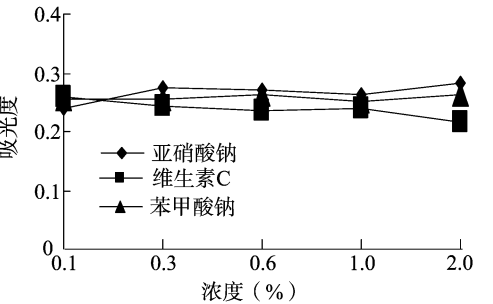


图12 亚硝酸钠、维生素C、苯甲酸钠对色素稳定性的影响

2.4.8 六偏磷酸钠对色素的影响 将 5 种不同浓度

(0.1% ~ 2.0%) 的六偏磷酸钠溶液加入色素提取液,保存 2 h 后观察色素的颜色与状态变化,结果(表 7)表明,随着六偏磷酸钠浓度的增大,色素越来越不稳定;因此,六偏磷酸钠或含有六偏磷酸钠的复合磷酸盐等食品添加剂不可与该色素同时使用。

表 7 不同浓度的六偏磷酸钠对色素的影响

六偏磷酸钠浓度 (%)	颜色及状态	六偏磷酸钠浓度 (%)	颜色及状态
0.1	黄色浑浊	1.0	白色浑浊
0.3	淡黄色浑浊	2.0	白色浑浊
0.6	淡黄色浑浊		

3 结论

本试验采用热回流提取法对香蕉皮黄色素的提取工艺进行了研究。通过单因素和正交试验确定香蕉皮黄色素的最佳提取工艺条件为乙醇体积分数 85%,温度 60 ℃,料液比 1 g : 10 mL,提取时间 3 h,提取次数 2 次。为进一步研究该色素的应用价值,进行了色素对温度、pH 值、光照等条件的稳定性试验,及色素对某些常见食品配料和食品添加剂的稳定性影响。该色素对光较稳定,且氧化剂和还原剂都对其影响不大,大多数常见的添加剂(除六偏磷酸钠)也可与色素同时加入食品中,不影响色素的稳定性。但是只有在一定的温度和酸碱度下才保持稳定,温度若高于 70 ℃,则很不稳定,pH 值 > 6 时色素也极不稳定,在 pH 值为 7 ~ 14 之间,色素颜色发生了剧烈变化,从黄色变为红色。因此在应用该色素时应注意温度、pH 值等条件。

香蕉皮黄色素较稳定,可与大部分食品添加剂配合使用,作为食品着色剂有极高的利用价值;但该色素的纯化、结构、毒理试验及具体使用还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 赵立. 香蕉皮黄色素稳定性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (29): 12548 - 12549, 12562.

[2] 梁盛年, 段志芳, 方旺标, 等. 香蕉皮化学成分的预试验及抑菌初探[J]. 食品科技, 2007 (1): 108 - 111.

[3] 张晓虎, 李新平, 张红燕, 等. 香菊商州药源基地桔梗施肥对比试验初报[J]. 商洛学院学报, 2010, 24 (2): 53 - 56.

[4] 陈晨, 胡文忠, 田沛源, 等. 超声辅助提取香蕉皮多酚工艺优化及其抗氧化性的分析[J]. 食品科学, 2014, 35 (2): 12 - 17.

[5] 李琴. 香蕉皮黄酮提取工艺研究[J]. 陕西农业科学, 2012, 1 (2): 34 - 37.

[6] 朱晓英, 陈桂明. 香蕉皮黑色素的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2009, 30 (10): 171 - 173.

[7] 赞赞开, 王桂丽. 香蕉皮色素的稳定性研究[J]. 江苏农业科学, 2009 (1): 264 - 266.

[8] 叶建中, 王成章, 陈文英, 等. 不同工艺提取栀子黄色素的比较研究[J]. 林产化学与工业, 2007 (S1): 89 - 93.