

“黑美人”马铃薯色素稳定性的研究

曹 竑,丁学海,王爱国

(西北民族大学生命科学与工程学院,甘肃兰州 730030)

摘要:“黑美人”马铃薯是由兰州陇神航天育种研究所历经三载选育成功的土豆新品种,其中富含具有显著抗氧化作用的保健型天然花色苷色素。该色素在酸性条件下性质稳定;光照、高温加快色素降解;在实验添加范围内,金属离子 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 对色素无影响, Na^+ 、 Mg^{2+} 对色素有增色作用,而 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 有不良影响,改变色素溶液的颜色;添加剂如蔗糖、柠檬酸、苯甲酸钠等对色素无影响; H_2O_2 、 Na_2SO_3 对色素的稳定性有显著影响。

关键词:“黑美人”马铃薯,色素,稳定性

Study on the stability of “Black Beauty” potato pigment

CAO Hong, DING Xue-hai, WANG Ai-Guo

(Life Science and Engineering Department, Northwest Minorities University, Lanzhou 730030, China)

Abstract: “Black Beauty” potato was a new variety of potato which was successfully chosen and cultivated by Long Shen Institute of Space Breeding in Lanzhou using 3 years. It contained healthy and natural anthocyanin pigment which had an obvious function of antioxidant. The quality of that pigment was stable in the acid environment. Light and heat would speed up the degradation of that pigment; Within the scope of test add, metalion K^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} did't influence the pigment. Na^+ , Mg^{2+} would deepen the color of it. What was more, Fe^{3+} , Cu^{2+} would change the color of the pigment solution. Additives liked sucrose, citric acid, sodium benzoate, ect, did't influence the pigment, and H_2O_2 , Na_2SO_3 influenced the stability of the pigment obviously.

Key words: “Black Beauty” potato; pigment; stability

°C 中图分类号: TS202.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2011)09-0354-03

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 又名洋芋、土豆、山药蛋,它是一种营养丰富、易于消化吸收、适应性强、用途广、耐贮藏、粮菜兼用的高产茄科作物,是世界十大营养食品之一^[1-2]。“黑美人”马铃薯外形与普通土豆无异,但表皮和内部均为黑紫色,是采用杂交育种育成的土豆新品种。经有关专家鉴定,该品种除营养丰富,钙、钾含量高以外,还含有花青素等一些普通土豆所没有的元素^[3]。长期食用有减肥美容、养颜护眼、和中养胃、健脾利湿、解毒消炎、宽肠通便、降糖降脂等功效。天然食用色素的安全性较高,还有一定的营养和药理作用,并且在着色时色调更能接近天然自然的颜色^[4],其开发已成为热门研究课题之一^[5]。花青素作为一种天然食用色素,安全、无毒、资源丰富^[6]。主要以糖苷的形式广泛存在于植物表皮细胞的液泡内,属于黄酮类化合物^[7],具有抗氧化、抗突变、保护肝脏、预防心血管疾病等功效^[8]。本实验以“黑美人”马铃薯为原料提取花青素,并对该色素的稳定性进行研究,以为该色素的开发和利用提供科学依据,也为“黑美人”马铃薯的深加工提供理论依据。

1 材料与方

收稿日期: 2010-07-16

作者简介: 曹竑 (1962-) 男,教授,主要从事食品科学与工程的教学与科研工作。

1.1 材料与仪器

“黑美人”马铃薯 购于甘肃省兰州市蔬菜市场,产于陇南市; 盐酸、乙醇、 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 、 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 、 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、 $CaCl_2$ 、 KCl 、 $NaCl$ 、蔗糖、苯甲酸钠、柠檬酸、磷酸氢二钠、过氧化氢、亚硫酸钠 均为市售分析纯。

JA2003N 型分析天平 上海精密科学仪器有限公司; DK-S26 型电热恒温水浴锅 上海精宏实验设备有限公司; PB-10 型酸度计、精密型 pH 计 北京赛多利斯仪器系统有限公司; P723 型可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; A-1000S 型水流抽气机, N-10001 型旋转蒸发器 上海爱郎仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 马铃薯色素的提取

马铃薯 → 切碎 $\xrightarrow[\text{料液比 1:40, 盐酸 1.1\%}]{50^\circ C, 1h}$ 浸提 → 抽滤 $\xrightarrow[35^\circ C, 2r/s]{}$ 蒸馏 → 粗品

1.2.2 色素含量的计算 花青素含量主要有两种表示方法: 色价和代入消光系数用公式计算。在新鲜的植物提取物中, 因为很少含有在花色苷的最大吸收区发生吸收的干扰物质, 可直接用花青素在可见区最大吸收波长处吸光度的大小来评定色素含量。本实验采用 Fuleki 方法^[11] 并加以修改来计算色素提取量。

$$C_x = \frac{A \times V \times N \times 1000}{98.2 \times M}$$

表1 pH对色素稳定性的影响

pH	2	3	4	5	6.00	7	8
保存率(%)	100	98.17	95.57	97.84	20.83	65.73	32.47

注:吸光度测定波长为545nm,下同。

表2 光照对色素稳定性的影响

时间(d)	0	1	2	3	4	5
暗处保存率(%)	100	100	97.09	94.66	93.20	92.23
室内自然光保存率(%)	100	88.37	74.42	58.14	34.30	13.95

式中: C_x —果实中总色素质量分数(mg/kg); M —果实质量(g); A —吸光值(以溶剂作参比液,于1cm比色皿中,在最大波长处用分光光度计测定吸光度); V —样品提取液定容体积(mL);98.2—花色苷色素在最大波长处平均消光系数。

1.2.3 色素残存率 取适量待测色素溶液,将溶剂稀释至一定体积,以色素的最大吸收波长为测定波长,测定其各实验条件前后的吸光度,并按下式分别计算色素残存率,以此作为考查色素在不同条件下稳定性的指标。

$$R(\%) = A_x / A_0 \times 100\%$$

式中: R —色素残存率; A_0 —样品的起始吸光度; A_x —样品处理后的吸光度。

1.2.4 色素稳定性的测定^[9-10]

1.2.4.1 pH对色素稳定性的影响 分别吸取1.25mL色素提取液置于7支25mL刻度试管中,利用柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲溶液调节色素液的酸碱度,配制不同pH(pH=2.0~8.0)的色素液,摇匀后测定色素溶液的吸光度,静置1h后再次测定色素溶液的吸光度,以吸光度的变化大小分析pH对色素稳定性的影响。

1.2.4.2 温度对色素稳定性的影响 分别吸取1.25mL色素提取液置于5支25mL刻度试管中,用蒸馏水定容至刻度,摇匀后测定色素溶液的吸光度,分别置于20、40、60、80、100℃的水浴中加热1h,迅速冷却至室温,再次测定色素溶液的吸光度,计算色素残存率 R ,以色素残存率的大小分析温度对色素稳定性的影响。

1.2.4.3 光照对色素稳定性的影响 取色素提取液5mL置于100mL容量瓶中,用蒸馏水定容至100mL,摇匀后测定色素溶液的吸光度,分别置于暗处、室内自然光下,分别在1、2、3、4、5d同一时间取样,测定色素溶液的吸光度,计算色素残存率 R ,以色素残存率的大小分析光照对色素稳定性的影响。

1.2.4.4 金属离子对色素稳定性的影响 先配制浓度分别为0.02、0.04、0.06、0.08、0.10mol/L的 $Al_2(SO_4)_3$ 、 $FeCl_3$ 、 $MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 、 $CuSO_4$ 、 KCl 、 $NaCl$ 溶液。分别吸取1.25mL色素提取液置于35支25mL刻度试管中,分别用不同金属离子浓度的溶液定容至刻度,摇匀后测定色素溶液的吸光度,静置1h后再次测定色素溶液的吸光度,以吸光度的变化大小分析金属离子对色素稳定性的影响。

1.2.4.5 常用添加剂对色素稳定性的影响 先配制浓度为1%、2%、3%、4%、5%的蔗糖、柠檬酸溶液,浓度为0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2.0%的苯甲酸钠溶液。分别吸取1.25mL色素提取液置于15支25mL刻度试管中,分别用不同浓度的添加剂溶液定容至

刻度,摇匀后测定色素溶液的吸光度,静置1h后再次测定色素溶液的吸光度,以吸光度的变化大小分析常用添加剂对色素稳定性的影响。

1.2.4.6 氧化剂对色素稳定性的影响 实验以过氧化氢为氧化剂研究对该色素稳定性的影响。分别吸取1.25mL色素提取液置于5支25mL刻度试管中,分别加入0.5、1.0、1.5、2.0、2.5mL浓度为3%的 H_2O_2 溶液,用蒸馏水定容至刻度,摇匀后测定色素溶液的吸光度,静置1h后再次测定色素溶液的吸光度,以吸光度的变化大小分析氧化剂对色素稳定性的影响。

1.2.4.7 还原剂对色素稳定性的影响 实验以亚硫酸钠为还原剂,研究对该色素稳定性的影响。分别吸取1.25mL色素提取液置于5支25mL刻度试管中,分别加入0.5、1.0、1.5、2.0、2.5mL浓度为0.8%的 Na_2SO_3 溶液,用蒸馏水定容至刻度,摇匀后测定色素溶液的吸光度,静置1h后再次测定色素溶液的吸光度,以吸光度的变化大小分析还原剂对色素稳定性的影响。

2 结果与分析

2.1 pH对色素稳定性的影响

从表1可见,当pH为1~5时,吸光度变化不大,当pH>6时,色素溶液的吸光度明显下降。说明酸性条件对“黑美人”马铃薯色素的稳定保存起保护作用,而碱性环境可破坏色素的稳定性,应在酸性条件下提取。一般食品、饮料均呈偏酸性^[15],故该色素适宜作为食品色素,而且在使用过程应避免接触碱性物质,以防褪色。

2.2 光照对色素稳定性的影响

表2结果显示,在暗藏条件下,“黑美人”马铃薯色素溶液能够稳定保存,而光照可加快色素的分解。色素溶液在暗藏条件下放置5d后,外观无明显变化,色素的保存率仍有92.23%,说明“黑美人”马铃薯色素在暗藏条件下可以稳定存在。在室内自然光下放置5d后,色素颜色几乎褪至无色,保存率仅为13.95%。因此在使用和储藏时,应尽量注意避免强光照射,最好避光保存。

2.3 温度对色素稳定性的影响

从表3可知,“黑美人”色素经加热处理,色素吸光度均有不同程度的损失,并随温度的升高色素的保存率不断下降。45℃加热1h,色素的保存率为92.93%,而90℃处理1h,其色素保存率仅为54.59%。由此可知,在实验范围内,当温度低于60℃时,该色素溶液具有良好的热稳定性,当温度达90℃时,对该色素的稳定性有显著影响。因此该色素在使用时应注意避免高温,不宜用于需经过高温处理的食品中。

表4 金属离子对色素稳定性的影响

浓度 (mol/L)	保存率(%)						
	K ⁺	Na ⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu ²⁺
0.02	96.85	105.06	78.18	101.27	100.00	102.87	99.60
0.04	99.61	110.15	71.05	100.85	100.81	100.00	102.73
0.06	99.63	105.38	63.13	102.33	100.00	102.96	101.59
0.08	99.26	101.15	38.43	100.00	100.00	102.19	100.32
0.10	99.62	101.12	23.08	100.47	100.40	102.41	100.43

表5 常用添加剂对色素稳定性的影响

实验号	蔗糖		苯甲酸钠		柠檬酸	
	浓度(%)	保存率(%)	浓度(%)	保存率(%)	浓度(%)	保存率(%)
1	1	106.43	0.4	100.00	1	104.06
2	2	106.61	0.8	99.52	2	97.57
3	3	106.75	1.2	99.05	3	101.44
4	4	107.11	1.6	99.00	4	95.63
5	5	104.71	2.0	99.51	5	98.08

表3 温度对色素稳定性的影响

温度(°C)	30	45	60	75	90
保存率(%)	95.92	92.93	87.37	80.71	54.59

2.4 金属离子对色素稳定性的影响

由表4可知, K⁺、Ca²⁺、Al³⁺离子的加入, 色素溶液的吸光度基本保持不变, 说明该离子对“黑美人”土豆色素的影响不大; Na⁺、Mg²⁺离子的加入, 使色素吸光度有所增加, 说明这种金属离子对色素有增色作用; Cu²⁺、Fe³⁺离子的加入对色素溶液的影响较大。Cu²⁺的加入, 虽然色素溶液的吸光度没有变化, 但是改变了色素溶液的颜色, 使其变为棕红色; Fe³⁺离子的加入不仅使色素的吸光度变小, 而且使色素液呈现浅黄色。因此, 在“黑美人”土豆色素的生产及使用过程中应尽量避免与铜、铁接触。

2.5 常用添加剂对色素稳定性的影响

从表5可知, 各种添加剂的加入, 对“黑美人”马铃薯色素的性质无明显影响, 可以放心使用。其中蔗糖、柠檬酸的加入使色素的吸光度增加, 有微弱的增色作用; 苯甲酸钠的加入对色素的吸光度无明显变化。

2.6 氧化剂对色素稳定性的影响

从表6可知, 随着H₂O₂浓度的增加, 色素溶液的吸光度逐渐减小。在静置1h后, 色素溶液的吸光度明显的下降, 说明氧化剂对该色素的稳定性影响很大, 在使用时应注意避免与氧化剂接触。

表6 氧化剂对色素稳定性的影响

H ₂ O ₂ (mL)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
保存率(%)	62.63	53.90	36.80	51.35	13.86

2.7 还原剂对色素稳定性的影响

从表7可知, 随着Na₂SO₃浓度的增加, 色素溶液的吸光度逐渐减小。在静置1h后, 色素溶液的颜色变为乳白色并有少量的絮状物出现导致吸光度明显增加, 说明还原剂对该色素的稳定性影响很大, 在使用时应注意避免与还原剂接触。

表7 还原剂对色素稳定性的影响

Na ₂ SO ₃ (mL)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
保存率(%)	74.26	167.57	282.57	591.75	1114.63

3 结论

3.1 “黑美人”马铃薯色素在可见光区545nm处有

强烈的吸收峰, 具有一般花青素类的色素特征。

3.2 色素产品生产出来以后, 它的稳定性将直接影响到它在利用、运输、保存中的各个环节, 直接影响到它的使用范围和开发前景。

稳定性实验结果表明: “黑美人”马铃薯色素在酸性环境中具有较好的稳定性, 适合用于酸性饮料和食品的着色, 安全性高; 蔗糖、柠檬酸、苯甲酸钠和K⁺、Ca²⁺、Al³⁺、Na⁺、Mg²⁺对色素溶液的稳定性无明显影响。“黑美人”马铃薯色素有一定的开发和利用价值, 是一种理想的天然食用色素; 光照、高温、氧化剂、还原剂及金属离子Fe³⁺、Cu²⁺、对其稳定性有显著影响。因此, 在综合开发利用“黑美人”马铃薯色素产品时应尽量避免这些因素的影响。

3.3 本实验仅对“黑美人”马铃薯色素的稳定性做了初步研究, 对于色素的纯化、浓缩干燥的条件及使用等还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 吴兴壮, 李利峰, 朱华. 马铃薯的综合利用研究概述及前景预测[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(2): 27-29.
- [2] 段光明, 刘加, 李霞. 马铃薯糖苷生物碱的生物学作用及开发利用[J]. 资源开发与市场, 1995, 11(2): 61-65, 96.
- [3] 吴正楠. “黑美人”土豆有望产业化[J]. 甘肃经济日报, 2007: 2.
- [4] 董爱文, 向中, 李立君, 等. 爬山虎红色素的定性定量分析[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(6): 99-102.
- [5] 朱玉昌, 周大寨, 彭辉, 等. 阳荷红色素的提取及稳定性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 293-297.
- [6] 赵宇瑛, 张汉锋. 花青素的研究现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(5): 904-905, 907.
- [7] 顾林, 朱洪梅, 顾振新. 花青素的生物合成和成色机理及提高其稳定性的途径[J]. 食品工业科技, 2007(11): 240-243.
- [8] 方忠祥, 倪元颖. 花青素生理功能研究进展[J]. 广州食品工业科技, 2001, 17(3): 60-62.
- [9] 王晓梅, 徐为民, 曹士锋, 等. 红心萝卜花色苷稳定性的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 98-100.
- [10] 陈小全, 刘静静, 邵辉莹, 等. 红枣色素提取方法的改进及稳定性实验[J]. 中国酿造, 2009(1): 129-130.