

膨化玉米黄粉中天然黄色素的稳定性研究*

董海洲,段纯明,侯汉学

(山东农业大学食品科学与工程学院,山东泰安,271018)

摘 要 从膨化玉米黄粉中提取的天然黄色素是一种安全无毒的食用色素。文中主要研究了该色素的稳定性以及食品中常用的几种食品添加剂对该色素稳定性的影响。结果表明:该色素耐光性较差,有一定的耐热性,食用植物油对其有很好的保护作用,对 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 等离子极不稳定,对高浓度的氧化剂稳定性较差而对酸、碱、还原剂、含氧酸根、 Fe^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 等较稳定;其中,木糖醇对该色素有一定的保护作用, V_C 和香兰素对该色素也有较强的保护作用,且香兰素的保护作用要明显优于 V_C 的保护作用。

关键词 膨化,玉米黄粉,玉米黄色素,功能性天然色素,稳定性,食品添加剂

目前,食品市场使用的色素主要为合成色素。自从发现合成色素的毒害作用后,天然色素和微生物色素的研究与开发工作日益受到重视,而且近年来发展迅速。现在国际市场和国内许多发达地区正在限制合成色素的使用。天然色素将逐步取代合成色素成为食用色素的主流。因此,寻求和开发天然食用色素对保障人民身体健康,促进食品工业的发展具有十分重要的意义。

玉米黄色素(maize yellow pigment)是一种利用价值较高的功能性天然食用色素,为油溶性色素,可用于人造黄油、人造奶油等食品中,其着色效果良好,产品质量稳定,正在逐渐取代柠檬黄、日落黄等合成黄色素^[1~9]。近年来研究发现,玉米黄色素能够预防癌症,并对白内障有明显的治疗和预防作用。因此,它在食品、医药等行业有着广泛的应用前景^[10~13]。

本试验所用玉米黄色素是通过将玉米黄粉进行膨化处理后提取出来的,主要研究不同条件对该玉米黄色素稳定性的影响,为其贮藏、运输和应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

玉米黄粉,由山东西王集团生产,低温干燥贮藏备用。

1.2 试剂与仪器

1.2.1 试 剂

无水乙醇、体积分数 75% 乙醇、盐酸、氢氧化钠、

氯化钠、氯化镁、氯化钾、无水氯化钙、氯化铝、硝酸钠、无水硫酸钠、硫酸铜、无水硫酸铁、七水合亚硫酸铁、硫酸锌、磷酸氢二钠、碳酸钠、碳酸氢钠、焦磷酸钠、过氧化氢(质量分数 30%)、无水亚硫酸钠、柠檬酸、山梨酸钾、 V_C 、木糖醇、香兰素等试剂均为分析纯,所用水均为去离子水。

1.2.2 主要仪器与设备

AY220 电子分析天平(日本岛津公司),DS56-X 双螺杆全膨化生产线(济南赛信机械有限公司);仪表恒温水浴锅,LXJ-II B 多管离心机(上海安亭科学仪器厂),NE-1001 旋转蒸发器(日本东京理化株式会社),UV-2501PC 型紫外可见分光光度计(日本岛津公司);KDN-04A 凯氏定氮仪(上海新嘉电子有限公司)等。

1.3 色素提取工艺路线

玉米黄粉→粉碎→挤压膨化→有机溶剂提取→离心分离→提取液→浓缩→干燥→成品^[14]

1.4 试验方法

1.4.1 玉米黄色素含量的计算

天然色素中色素含量的表示方法很多,国外多用色价法表示。由于色价的计算方法随色素种类而异,不便于比较。我国食品添加剂标准化委员会建议采用比吸光度 $E_{1\text{cm}}^{1\%}(\lambda_{\text{max}})$ 表示色素含量^[15]。

$$E_{1\text{cm}}^{1\%}(\lambda_{\text{max}}) = A/m$$

式中: A ——样品稀释至 100 mL 时,用 1 cm 比色皿测得最大吸收波长(λ_{max})下的吸光度; m ——样品质量(g)。

将浓缩后的玉米黄色素,用无水乙醇稀释成色素试验液,在 UV-2501 紫外可见分光光度计下进行波谱扫描。测出色素吸收峰所对应的最大吸收波长后,在此波长下测定不同影响条件下该色素溶液的吸

第一作者:博士,教授。

* 山东农业大学博士研究生科研基金资助项目,山东省泰安市大学生科技创新行动计划项目(No. 2006D1040)

收稿日期:2007-06-08,改回日期:2007-08-07

光度值(A),然后计算不同影响条件下色素试验液中黄色素的含量。本试验以色素溶液吸光度值为指标来反映不同影响条件下该色素试验液中黄色素的含量。

1.4.2 光照对玉米黄色素稳定性的影响

将玉米黄色素分别用体积分数为75%的乙醇和大豆色拉油定容,立即测其吸光度值,并分别倒入数支50 mL比色管中分别放置在室内自然光下、日光直射处及暗处相隔一定的时间测其吸光度值。

1.4.3 温度对玉米黄色素稳定性的影响

将玉米黄色素分别用体积分数为75%的乙醇和大豆色拉油定容,立即测其吸光度值,并分别倒入数支50 mL比色管中。将色素的乙醇溶液放置在30、40、50、60℃恒温下,将色素的油溶液放置在80、100℃恒温下,每间隔一定时间取样1次,迅速冷却后测其吸光度值。

1.4.4 pH值对玉米黄色素稳定性的影响

将玉米黄色素溶解于体积分数为75%的乙醇溶液中,然后调节溶液pH值在1~14,使pH值恒定,每间隔一定时间取样一次,然后测定其吸光度值。

1.4.5 离子对玉米黄色素稳定性的影响

1.4.5.1 金属离子对玉米黄色素稳定性的影响

由于玉米黄色素不溶于水,但溶解于体积分数为75%的乙醇溶液中。因此将玉米黄色素溶解于体积分数为75%的乙醇溶液中,然后加入常见的 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 K^{+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Na^{+} 等金属离子,离子浓度为0.2 mg/mL。将该溶液摇匀后室温放置在暗处,静置24 h后测定其吸光度值。

1.4.5.2 含氧酸根阴离子对玉米黄色素稳定性的影响

将玉米黄色素溶解于体积分数为75%的乙醇溶液中,然后加入适量 $NaSO_4$ 、 $NaNO_3$ 、 Na_2HPO_4 、 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $Na_4P_2O_7$,使溶液的含氧酸根阴离子浓度为0.2 mg/mL。将该溶液摇匀后室温放置在暗处,静置24 h后测定其吸光度值。

1.4.6 氧化剂对玉米黄色素稳定性的影响

以过氧化氢为氧化剂,将适量的过氧化氢加入到玉米黄色素的乙醇溶液中,配制不同的浓度。然后室温下放置于暗处,相隔不同的时间取样测定其吸光度值。

1.4.7 还原剂对玉米黄色素稳定性的影响

以亚硫酸钠为还原剂,将适量的亚硫酸钠加入到玉米黄色素的乙醇溶液中,配制不同的浓度。然后

室温下放置于暗处,相隔不同的时间取样测定其吸光度值。

1.4.8 食品添加剂对玉米黄色素稳定性的影响

将玉米黄色素溶解于体积分数为75%的乙醇溶液中,然后加入适量柠檬酸、山梨酸钾、木糖醇、 V_C 、香兰素等常见的食品添加剂。配制含不同添加剂浓度的同浓度色素溶液,然后室温下放置于暗处,相隔不同的时间取样测定其吸光度值。

2 结果与讨论

2.1 玉米黄色素的最大吸收波长的确定

将色素提取液离心、浓缩,用无水乙醇稀释成色素试验液,在波长400~500 nm之间,以1 nm为间隔进行波谱扫描,测出色素吸收峰所对应的最大吸收波长及其吸光度值,结果如图1所示。

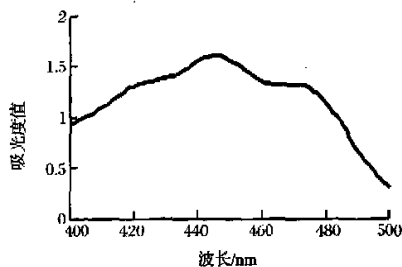


图1 色素试验液的扫描光谱图

由图1可知,玉米黄色素在446 nm处有最大吸收峰,即最大吸收波长为446 nm。

2.2 光照对玉米黄色素稳定性的影响

将色素溶解于乙醇溶液中,室内自然光照射3 d色素保存率为94.6%,日光照射3 d色素保存率为76.0%,暗处放置3 d色素保存率为98.5%;室内自然光照射60 d色素的保存率为60.8%,日光照射60 d色素的保存率为36.1%,而暗处放置60 d色素的保存率为89.5%。将色素溶解于色拉油里面,室内自然光照射60 d色素的保存率为94.5%,相当于在乙醇溶液中自然光照射3 d的色素保存率;日光照射60 d色素的保存率为88.1%,而暗处放置60 d色素的保存率为99.4%。光照对该色素稳定性的影响结果如图2所示。

这些结果说明,日光对玉米黄色素有明显的破坏作用,而室内自然光及放置在暗处对玉米黄色素的影响较小;食用植物油对该色素有很好的保护作用,可在很大程度上减少光照对它的破坏作用。所以该色素在贮存时最好将其溶解在食用植物油里面,而用该

色素着色的食品在贮存和运输过程中应尽量避免日光直射以保持食品色泽。

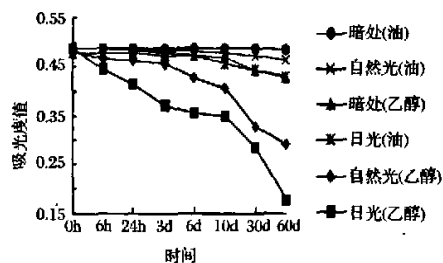


图2 光照对玉米黄色素的影响

2.3 温度对玉米黄色素稳定性的影响

色素乙醇溶液在30、40、50、60℃分别放置10 h后,色素保存率依次为96.1%、96.1%、93.4%、92.5%;色素食用油溶液在80、100℃放置10 h后,其保存率分别为92.9%、85.2%。温度对该色素稳定性的影响结果如图3所示。

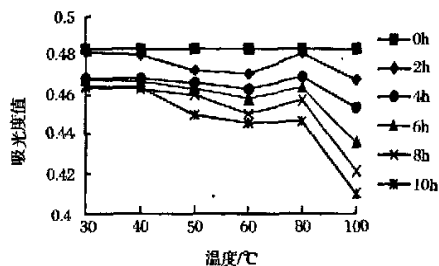


图3 温度对玉米黄色素稳定性的影响

这些结果说明,随着温度的升高,玉米黄色素降解速度增加,温度对玉米黄色素有一定的破坏作用,但是其降解速度增加缓慢,说明玉米黄色素具有较强的耐热性,尤其是在植物油中的其耐热性显著提高,这可能与自身溶解性质有关,植物油对它有很好的保护作用。所以该色素在储存和食用时最好以食用油为载体,而用该色素着色的食品在加工和储运过程中应尽量避免高温以保持食品的色泽和营养价值。

2.4 pH值对玉米黄色素稳定性的影响

在酸性范围内,该色素溶液的吸光度值随酸性的增强而减小,且随着时间的延长而变小;在弱酸性和中性范围内色素溶液的吸光度值基本保持平稳,随着时间的延长变化幅度较小;在碱性范围内吸光度值略有增加,且随着时间的延长其变化幅度较小。pH值对该色素稳定性的影响结果如图4所示。

这一结果说明,pH值对玉米黄色素的稳定性影响较小,在弱酸性和中性范围内该色素比较稳定,它

更适合于碱性食品的着色,这与国外多数关于类胡萝卜素pH值稳定性的研究结果相一致^[15,16]。

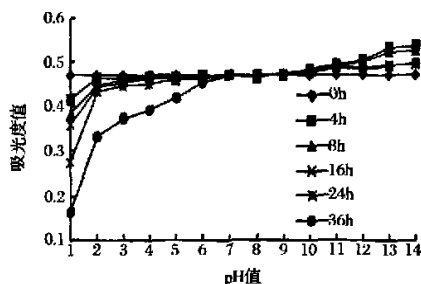


图4 pH值对玉米黄色素稳定性的影响

2.5 离子对玉米黄色素稳定性的影响

2.5.1 金属离子对玉米黄色素稳定性的影响

含 Al^{3+} 的色素溶液室温暗处放置24 h色素保存率为20.2%,含 Fe^{3+} 的色素溶液色素保存率为42.0%,含 Cu^{2+} 的色素溶液色素保存率为61.0%,其它含 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的色素溶液色素保存率分别为85.2%、90.0%、91.3%,而含 Fe^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 的色素溶液,其色素保存率基本未变,分别为96.7%、98.3%和98.7%。金属离子对该色素稳定性的影响结果如图5所示。

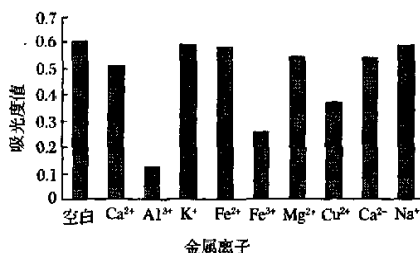


图5 金属离子对玉米黄色素稳定性的影响

这些结果说明, Al^{3+} 对玉米黄色素影响最大,破坏作用最强, Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 次之,而 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对玉米黄色素有一定的影响,但影响不大,而 Fe^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 对该色素基本无影响。所以在该玉米黄色素的制取、使用和储运过程中应尽量避免铝制、铁制和铜制容器。

2.5.2 含氧酸根阴离子对玉米黄色素稳定性的影响

添加有含氧酸根阴离子的色素溶液在室温暗处放置24 h后色素保存率均在90%以上,并且 $NaNO_3$ 和 Na_2CO_3 对其吸光度值有增加的效果,二者的增色机理尚待进一步研究,而含磷酸根离子对该色素的稳定性几乎无影响。含氧酸根阴离子对该色素稳定性的影响结果如图6所示。

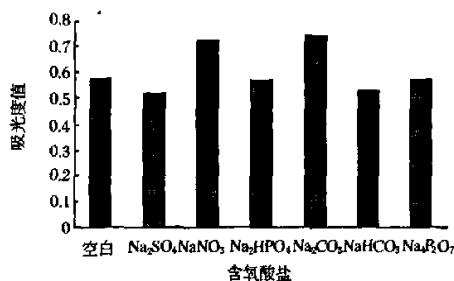
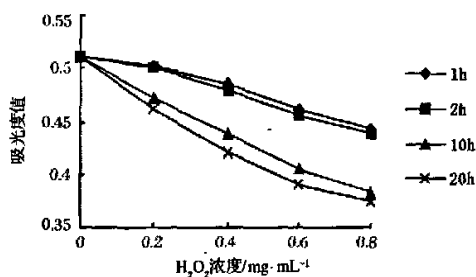


图6 含氧酸根阴离子对玉米黄色素稳定性的影响

这些结果说明含氧酸根阴离子对该玉米黄色素的稳定性影响不大。

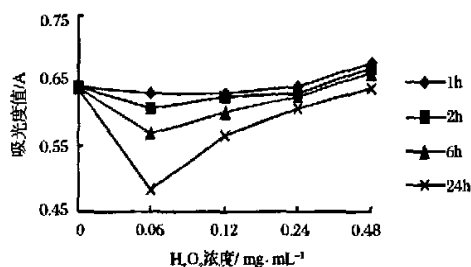
2.6 氧化剂对玉米黄色素稳定性的影响

研究以过氧化氢(H_2O_2)为氧化剂,在 H_2O_2 浓度为0.2 mg/mL时,分别放置1 h、2 h、10 h、20 h后,色素保存率依次为98.2%、97.8%、92.4%和90.2%;在 H_2O_2 浓度为0.4 mg/mL时,分别放置1、2、10、20 h后,色素保存率依次为94.9%、93.7%、85.7%和82.4%;在 H_2O_2 浓度为0.6 mg/mL时,分别放置1 h、2 h、10 h、20 h后,色素保存率依次为90.4%、89.2%、79.3%和76.3%;在 H_2O_2 浓度为0.8 mg/mL时,分别放置1、2、10、20 h后,色素保存率依次为86.7%、85.7%、74.9%和73.6%。氧化剂对该色素稳定性的影响结果如图7所示。

图7 氧化剂(H_2O_2)对玉米黄色素稳定性的影响

这些结果表明,随着氧化剂(H_2O_2)浓度的增加玉米黄色素的吸光度值在下降,且随着时间的延长,该色素在被慢慢的氧化降解,但降解幅度不大;由色素的保存率可以看出,在放置10 h之内,该色素的被氧化速率是慢慢增加的;在放置10 h至20 h之间,该色素被氧化的速率在降低。这说明玉米黄色素有一定的抗氧化能力,但是高浓度的氧化剂对其还是有较强的破坏性,这是由于 H_2O_2 分子结构中的羟基($-OH$)是一个生色基团,它可以破坏色素的分子结构从而使其颜色发生变化,故在该色素的使用过程中应避免与强氧化剂接触。

2.7 还原剂对玉米黄色素稳定性的影响

图8 还原剂(Na_2SO_3)对玉米黄色素稳定性的影响

从图8可以看出,向玉米黄色素溶液中加入较低浓度的 Na_2SO_3 时,溶液吸光度值有所下降,说明玉米黄色素发生了降解。但加入较高浓度的 Na_2SO_3 时,吸光度值反而增加,说明还原剂 Na_2SO_3 对该黄色素起到了保护作用。

2.8 食品添加剂对玉米黄色素稳定性的影响

2.8.1 柠檬酸和山梨酸钾对玉米黄色素稳定性的影响

添加有柠檬酸的色素溶液,其吸光度值减小,但减小幅度不大,约为3%~5%;随着柠檬酸浓度的增加,色素溶液的吸光度值基本不变,并且不随时间的延长而大幅度减小;添加有山梨酸钾的色素溶液,其吸光度值增加,但增加幅度<3%,并且其吸光度值不随山梨酸钾浓度的增加和放置时间的延长而大幅度增加。柠檬酸和山梨酸钾对该色素稳定性的影响结果如图9所示。

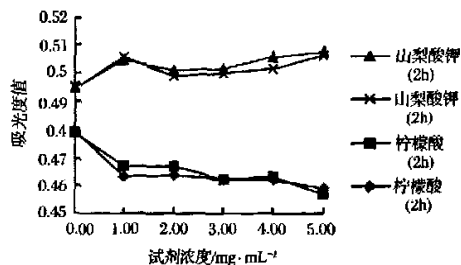


图9 柠檬酸和山梨酸钾对玉米黄色素稳定性的影响

这说明,柠檬酸和山梨酸钾的添加及其浓度的变化对该色素的稳定性影响不大。

2.8.2 木糖醇对玉米黄色素稳定性的影响

木糖醇是一种具有食品和医药功能的甜味物质,甜度与蔗糖相近,但热量比蔗糖低,人体吸收迅速,因此,它既是健康人群日常糖的代用品,又是糖尿病人的营养剂和治疗剂。作为一种新型的甜味剂,研究其对玉米黄色素的影响是有必要的。木糖醇对该色素

稳定性的影响结果如图 10 所示。

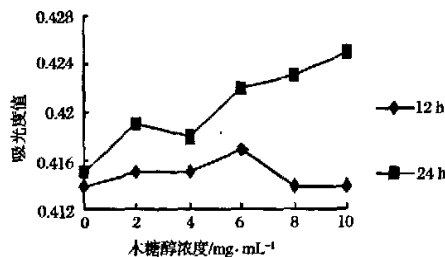


图 10 木糖醇对玉米黄色素稳定性的影响

从图 10 中可以看出,添加有木糖醇的色素溶液,其吸光度值随木糖醇浓度的增加几乎不变;并且随着放置时间的延长,吸光度值略有增加。这说明,木糖醇对该色素有一定的保护作用;在食品加工或口香糖的制作过程中,可以将二者添加在一起。

2.8.3 V_C 对玉米黄色素稳定性的影响

放置相同的时间时,随着 V_C 浓度的增加,色素溶液的吸光度值也逐渐增加,但在较短时间(4 h)内,色素溶液的吸光度值不随放置时间而变化;随着放置时间的延长,含有较高浓度 V_C 的色素溶液吸光度值基本不变,而含有较低浓度 V_C 的色素溶液吸光度值则接近于空白溶液的吸光度值。 V_C 对该色素稳定性的影响如图 11 所示。

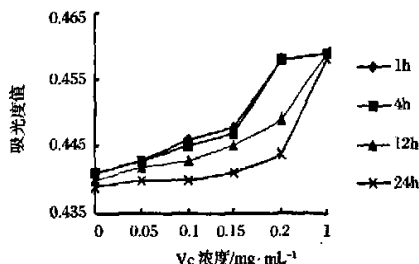


图 11 V_C 对玉米黄色素稳定性的影响

这一结果说明 V_C 对该色素稳定性有一定的保护作用。这可能是由于 V_C 是一种还原剂,它比色素更易被氧化,从而起到保护色素的作用。这一结果,与还原剂 Na_2SO_3 对该色素稳定性的影响相一致。

2.8.4 香兰素对玉米黄色素稳定性的影响

香兰素在食品上的应用,主要是改善食品风味,增添食物色泽,是食品工业中常用的添加剂。它对该色素稳定性的影响结果如图 12 所示。

由图 12 可以看出,放置相同的时间时,随着香兰素浓度的增加,色素溶液的吸光度值也逐渐增加;随着放置时间的延长,色素溶液的吸光度值在减小,但

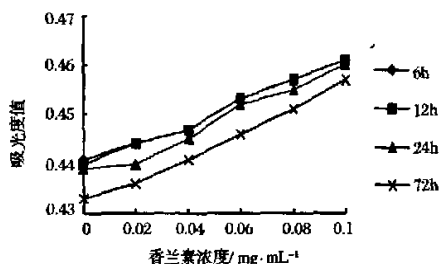


图 12 香兰素对玉米黄色素稳定性的影响

在放置 24 h 内吸光度值基本不变;在放置 72 h 时,含有低浓度(0.02 mg/mL)香兰素的色素溶液吸光度值基本接近于空白溶液的吸光度值。这说明香兰素对玉米黄色素有较强的保护作用。

香兰素在国内除直接用于制作食品外,主要用于调制食用香精,香兰素对含油食品具有明显的抗氧化作用,可显著延长含油食品的保质期,对细菌及真菌的生长也有明显的抑制作用^[17]。将图 12 与图 11 作比较可以看出,添加较低浓度香兰素的色素溶液,其吸光度值接近或高于添加较高浓度 V_C 的色素溶液,并且从时间变化来看,含有香兰素的色素溶液其稳定时间大大长于含有 V_C 的色素溶液。这说明香兰素对玉米黄色素的保护作用明显优于 V_C 。这可能是由于香兰素是一种很好的抗氧化剂,具有良好的抗氧化活性,尤其是对于脂溶性的玉米黄色素,其抗氧化活性明显强于 V_C 。

3 结 论

(1)玉米黄色素的耐光性较差,具有一定的耐热性。食用植物油对它有很好的保护作用,可在很大程度上减少光和热对它的影响。在贮存时最好将其溶解在食用植物油里面,而用该色素着色的食品在储运和加工过程中应尽量避免日光直射和高温,以保持食品色泽。

(2)pH 值对玉米黄色素的稳定性影响较小,在弱酸性和中性范围内该色素比较稳定,它更适合于碱性食品的着色。

(3) Al^{3+} 、 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对玉米黄色素影响大,破坏作用强,而 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对它影响不大, Fe^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 基本无影响;含氧酸根阴离子对它的稳定性影响不大。在玉米黄色素的制取、使用和贮运过程中应尽量避免铝制、铁制和铜制容器。

(4)玉米黄色素有一定的抗氧化能力,但是高浓度的氧化剂对其还是有较强的破坏性,故在该色素的

使用过程中应避免与强氧化剂接触;还原剂 Na_2SO_3 对该色素起到保护作用。

(5)柠檬酸和山梨酸钾等常用食品添加剂对该色素的稳定性影响不大;木糖醇对玉米黄色素有一定的保护作用; V_c 和香兰素对该色素都有较强的保护作用,但香兰素的保护作用要明显优于 V_c 的。

参 考 文 献

- 1 凌关庭. 食品添加剂手册(第二版)[M]. 北京:化学工业出版社,1997
- 2 Karnaukhov V N. Review: carotenoids: recent progress, problems and prospects[J]. Comp Biochem Physiol, 1990, 95 B (1):1~20
- 3 Wills R B H, Ranga A. Determination of carotenoids in Chinese vegetables[J]. Food Chemistry, 1996, 56 (4):451~455
- 4 Chen B H, Yang S H. An improved analytical method for determination of Carotenes and xanthophylls in dried plant materials and mixed feeds[J]. Food Chemistry, 1992, 44 (1):61~66
- 5 Bendich A. Carotenoids and the immune response[J]. Nutr, 1989 (119):112~115
- 6 Kinsky N I. Carotenoids and cancer in animal models[J]. Nutr, 1989 (119):123~126
- 7 Moon R C. Comparative aspects of carotenoids and retinoids as chemo preventive agents for cancer[J]. Nutr, 1989 (119):127~134
- 8 Zieler M. A review of epidemiologic evidence that carotenoids reduce the risk of cancer[J]. Nutr, 1989 (119):116~122
- 9 Margaret Barth M, Cen Zhou, Kellie M Kute, et al. Determination of optimum conditions for supercritical fluid extraction of carotenoids from carrot tissue[J]. Agric Food Chem, 1995, 43 (2):2 876~2 878
- 10 Bushway R J. Separation of carotenoids in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography [J]. Liquid Chromatography, 1985, 8(8):1 527~1 547
- 11 吕 欣,毛忠贵. 玉米黄色素研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2003, 23(3):57~60
- 12 张存芳. 玉米淀粉厂副产物综合利用途径的研究[J]. 西部粮油科技, 2001, 26(4):55~57
- 13 惠伯棣. 类胡萝卜素化学及生物化学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2005. 253~254
- 14 段纯明,董海洲. 膨化玉米黄粉中天然黄色素的制取工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(3):128~132
- 15 刘咏秋,曾政权. 一种优质的天然食用色素——精制萝卜红性能研究[J]. 重庆大学学报, 1999(2):131~136
- 16 Francis F J. Carotenoids as colorants[J]. World of Ingredients, 1995, (9, 10):34~35, 37~38
- 17 Kearsley M W. The stability and use of natural colors in foods: anthocyanin, β -carotene and riboflavin [J]. Journal of Food Technology, 1981, 16(4):421~431

The Stability of Maize Yellow Pigment from Extruded Corn Gluten

Dong Haizhou, Duan Chunming, Hou Hanxue

(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

ABSTRACT The stability of maize yellow pigment from extruded corn gluten was investigated, the effect of several food additives on maize yellow was also discussed. The results showed that the maize yellow pigment was very sensitive to light, resistant to certain heat, edible vegetable oil can prevent it from oxidation. It was less stable to Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} and oxidant of high concentration. However, it was stable to acid, alkali, reducing agent, oxacid root negative ions, Fe^{2+} , Na^+ , K^+ and so on. Xylitol, vitamin C and vanillin can effectively prevent the maize yellow pigment from degradation. The protection depends on their antioxidation ability. As far as the antioxidation ability, the antioxidant activity of vanillin was better than vitamin C.

Key words extrusion, corn gluten, maize yellow pigment, functional natural colorants, stability, food additive

2007 第二届中国国际工业表面活性剂展览会将在上海举行

2007(第二届)中国国际工业表面活性剂展览会将于2007年10月22~23日在上海世贸商城举办。

展出内容:(1)表面活性剂。阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂、非离子表面活性剂、两性离子表面活性剂等。(2)表面活性剂原料。烷基苯(AB)、环氧乙烷(EO)、环氧丙烷(PO)、壬基酚(NP)、乙二醇(EG)、脂肪酸、脂肪醇、脂肪胺等。(3)复配表面活性剂。农乳剂及其他专用乳化剂、油田用破乳剂及泥浆处理剂、抗静电剂、分散剂、增稠剂、匀染剂、精练剂、渗透剂、固色剂、化纤油剂、加脂剂、消泡剂、阻燃剂、固色剂、防水剂、润滑剂、修补剂、阻垢缓蚀剂、杀菌剂、降黏剂、清洗剂、流平剂等。(4)表面活性剂工业用分析测试仪器及设备。

联系人:李芳、高晓晨,联系电话:010-64447112,传真:010-64447112,邮件地址 lif@icif.cn。