

不同颜色菜花生长过程中抗氧化活性与成分的变化研究

关文强^{1,2,3}, 张 怡⁴, 刘莉莉³, 孙德岭³

(1. 天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学 生物技术与食品科学学院, 天津 300134; 2. 天津大学 化工学院, 天津 300072; 3. 天津科润农业科技股份有限公司 蔬菜研究所, 天津 300382; 4. 天津农学院 农学系, 天津 300384)

摘要:不同颜色的菜花具有不同的色素和营养价值,通过分析不同颜色菜花生长过程中花球的抗氧化活性及相关色素成分变化,为菜花的合理消费与采收、品质育种提供参考。在菜花的生长初期、中期和后期,测试分析了不同颜色菜花的抗氧化活性与相关成分等的变化。结果表明,生长前期,各种菜花的抗氧化活性差异不大;生长后期,抗氧化活性大小顺序为绿菜花、紫菜花、白菜花、黄菜花。各种颜色菜花的总酚含量差异明显,大小顺序为紫菜花、绿菜花、黄菜花和白菜花。不同颜色菜花的各种色素含量明显不同,绿菜花的叶绿素和类胡萝卜素含量最高,且生长过程中不断增加。紫菜花类黄酮和花青素含量最高,生长过程中增加幅度显著。黄菜花的各种色素含量均低于绿菜花。菜花生长过程中,紫菜花和绿菜花花球的可溶性固形物含量增加幅度较大,各种花球的含水量维持在90%左右。综合来看,不同颜色菜花的抗氧化活性大小是各个成分综合作用的结果,紫菜花和绿菜花的主要抗氧化物质及色素成分含量较高。

关键词:菜花;西兰花;抗氧化活性;色素;花球生长

中图分类号:S635.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2013)06-0186-06

Primary Study on Antioxidant Compounds and Pigments during Floret Development of Cauliflower with Different Color

GUAN Wen-qiang^{1,2,3}, ZHANG Yi⁴, LIU Li-li³, SUN De-ling³

(1. Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Department of Biotechnology and Food Sciences, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2. College of Chemical and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 3. Vegetable Research Institute, Tianjin Kernel Agricultural Limited Company, Tianjin 300382, China; 4. Department of Agronomy, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: Cauliflower with different color has different pigments and nutritional value. In order to provide information in proper consumption, harvest time and cauliflower breeding, changes of antioxidant activity and pigments were studied during floret development of cauliflower with white, green, purple and yellow color. The analysis was carried at earlier, middle and later period of floret development. The results showed that antioxidant activity did not change apparently during floret development of different cauliflower, while the order of antioxidant activity from high to low was the purple, green, white and yellow cauliflower. There was significant difference of total phenol content of florets, and the order from high to low was the purple, green, yellow and white cauliflower. There was significant difference of pigments among four kinds of cauliflower. Green cauliflower (broccoli) had the highest content of chlorophyll and carotenoid which kept increasing during the growth. The purple cauliflower had the highest content of flavonoid and anthocyanin which increased significantly during growth. The content of pigments of yellow cauliflower was lower than that of broccoli. The soluble solid content (SSC) of florets kept increasing during growth, and purple and green cauliflower had higher SSC. The water content of different cauliflower kept at about 90%. Overall, the an-

收稿日期:2013-08-19

基金项目:国家大宗蔬菜产业技术体系花椰菜育种项目(CARS-25-A-43);“十二五”农村领域国家计划课题(2011BAD24B00);天津市科技小巨人成长计划项目(2011-JXR12091)

作者简介:关文强(1974-),男,河南泌阳人,教授,博士后,主要从事农产品质量与安全控制研究。

tiioxidant activity attributes to comprehensive effect of different compounds ,the purple and green cauliflower have higher content of antioxidant compounds and pigments .

Key words: Cauliflower; Broccoli; Antioxidant activity; Pigment; Florets development

菜花 (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), 为十字花科芸薹属中以花球为产品的甘蓝类蔬菜, 又名花菜、椰菜花、花甘蓝、洋花菜、球花甘蓝, 既具有丰富的营养成分, 又具有保健功效, 是人们喜欢的一种蔬菜^[1]。随着蔬菜产业和育种技术的发展, 近年来各种颜色的菜花均已经出现并走上消费者的餐桌, 目前常见的有白菜花 (花椰菜)、绿菜花 (西兰花)、黄菜花、紫菜花等。白菜花 (花椰菜) 是产量最大的菜花, 含有芥子油苷、多酚等生物活性物质, 在抗诱变、抗肿瘤、抗病毒、抗微生物及抗衰老等方面具有显著的作用, 被认为是潜在的抗突变和抗癌物质^[1], 还含有丰富的维生素 C、类胡萝卜素等植物天然抗氧化成分^[2]。彩色蔬菜含有丰富的各种色素, 如叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮和花色素苷等, 这些成分又具有抗氧化活性^[3]。大量医学和营养学研究也表明, 经常摄食绿菜花 (西兰花) 可有效降低多种癌症的发生率, 其抗癌性相关成分为芥子油苷 (4-甲基亚磺酰丁基硫苷) 降解产物萝卜硫素^[4]。有研究表明, 紫花菜的多种营养成分高于白菜花^[5]。因此, 彩色菜花被认为营养价值更高, 在市场上也更受欢迎。

果蔬的抗氧化活性及成分的相关研究一直受到人们的重视^[6-7], 相关研究已经很多。然而, 关于不同颜色菜花生长发育过程中主要抗氧化活性及主要色素成分变化的研究尚未见报道。本研究通过定期测定不同颜色菜花花球生长发育过程中抗氧化活性和相关成分的变化, 旨在分析不同颜色菜花功能营养因子及颜色在生长发育过程中的变化规律和差异, 为菜花的着色机理、合理采收期、适宜食用阶段、品质育种等提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为 4 种菜花, 分别为白菜花 (BX-1)、绿菜花 (BX-6)、紫菜花 (BX-7) 以及黄菜花 (BX-8), 分别于 2010 年 5-6 月期间采自于天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所武清基地试验大棚中。每种菜花分前期 (花头 2~4 cm)、中期 (花头 5~7 cm)、后期 (花头 10~12 cm) 3 期采摘。每个时期采摘 9 个花球, 每个重复 3 个花球, 3 次重复。

采后从距花头 3~4 cm 部位切下, 取花头部分,

将其切碎并装入自封袋中标注, 经过液氮速冻, 放置 -70 ℃ 超低温冰箱中贮存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 抗氧化活性的测定 采用 DPPH· 法^[8-9] 并进行改进。称取不同发育阶段的菜花 5 g, 加 50 mL 50% 乙醇用西贝乐多功能食品加工粉碎机 (上海帅佳电子科技有限公司, 型号 SQ2002) 高速匀浆 1 min, 4 ℃ 离心 10 min (15 000 r/min), 取上清液, 加入 2×10^{-4} mol/L DPPH (2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, 二苯代苦味酰肼自由基, SIGMA 公司) 溶液 2 mL 后在 517 nm 波长下测定吸光值, 依据标准曲线计算 DPPH 浓度。单位样品对 DPPH 实际清除量计算公式如下:

$$\text{DPPH 清除量 (mg/g)} = (C_0 - C_{\text{DPPH}}) \times M \times V / m$$

其中, C_{DPPH} 为自由基清除过程中某一时刻 DPPH 的摩尔浓度 (mol/L), C_0 为 DPPH 的原始摩尔浓度, M 为 DPPH 摩尔质量, V 为溶液体积 (L), m 为样品质量 (g)。

1.2.2 总酚的测定 采用 Folin-Ciocalteu 试剂比色法进行测定^[10]。称取材料 5 g, 加入 50 mL 75% 的甲醇溶液匀浆, 在 55 ℃ 下密封水浴浸提 3 h, 放入离心管中冷冻离心 10 min (15 000 r/min), 取上清液 0.5 mL, 加入 Folin-Ciocalteu 试剂 1 mL, 3.5 mL 去离子水, 混匀, 然后加入 3 mL Na_2CO_3 溶液 (20%)。室温下静置 2 h。用紫外可见分光光度计, 在波长 765 nm 处测定吸光度值, 以焦性没食子酸作标样进行测量。

1.2.3 抗坏血酸的测定 采用碘液滴定法。称取 10 g 样品, 加入适量 1% 草酸匀浆后并定容至 250 mL, 用脱脂棉过滤。吸取 20 mL 滤液, 分别加入 1% 淀粉 1 mL, 1% 草酸 20 mL, 用标准碘液滴定, 计算抗坏血酸含量。

1.2.4 叶绿素和类胡萝卜素含量测定 采用分光光度法^[8]。称取切碎的菜花 1 g, 放入研钵中, 加少量石英砂和碳酸钙粉及 2~3 mL 95% 乙醇研成匀浆, 再加无水乙醇 10 mL, 继续研磨至组织变白, 静置 3~5 min。用滤纸过滤到 25 mL 棕色容量瓶中, 用无水乙醇定容。以 95% 乙醇为空白, 用紫外可见分光光度计分别在波长 665, 649, 470 nm 下测定吸光度。依据公式进行叶绿素和类胡萝卜素的百分含量计算。

1.2.5 类黄酮含量测定 采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ 比色法^[10]。分别称取不同颜色菜花 5 g, 加入 50 mL 70% 乙醇匀浆后密封并置于 65 ℃ 下浸泡 1.5 h, 4 ℃ 离心 10 min (15 000 r/min), 取上清液 1 mL、70% 乙醇 1 mL、0.3 mL 5% 的 NaNO_2 , 充分混合后加入 0.3 mL 10% 的 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 放置 6 min 后加入 2 mL 4% NaOH , 混匀放置 10 min, 510 nm 处测定吸光值。以芦丁为标准品制定标准曲线。

1.2.6 花青素含量测定 参考文献[11]的方法。称量 5 g 菜花, 加入 30 mL 2% 盐酸甲醇溶液匀浆, 置于 50 mL 烧杯中浸泡, 杯口用封口膜扎紧以防挥发, 置室温避光处浸提 2 h, 至肉眼观察叶组织完全变白取出过滤。用 2% 盐酸甲醇溶液定容至 50 mL 容量瓶中, 用紫外可见分光光度计在波长 530 nm 下进行测定。

1.2.7 可溶性固形物含量测定 取 20 g 菜花匀浆, 用手持折光仪(日本 ATAGO 袖珍式数显折射仪 PAL-1)测定其质量分数, 重复 10 次, 计算平均值。

1.2.8 水分含量 采用质量法。准确称取 1 g 菜花放入开盖玻璃培养皿中, 放置烘干箱内 120 ℃ 烘干 24 h。根据烘干前后质量, 计算水分含量。

1.2.9 数据处理 采用 SPSS 15.0 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 花球抗氧化活性的变化

利用 DPPH· 可以快速灵敏地测定物质抗氧化活性, DPPH 的清除率越高表明材料的抗氧化性越强^[8]。

由图 1 可见, 在整个生长过程中各种菜花的抗氧化活性变化差异均不显著 ($P > 0.05$), 其中绿菜花和黄菜花的抗氧化活性不断增加, 白菜花和紫菜花的抗氧化活性有所下降。整个生长过程中, 黄菜花的抗氧化活性显著低于其他 3 种菜花 ($P < 0.05$)。

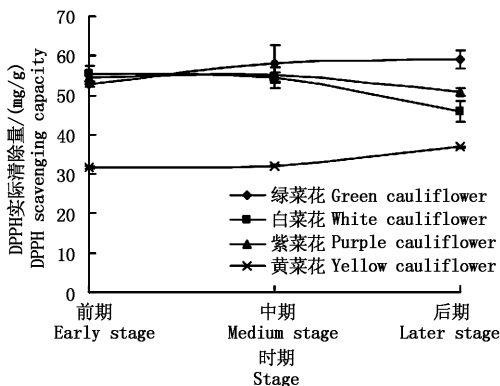


图 1 四种菜花生长过程中花球的抗氧化活性变化

Fig. 1 The antioxidant activity of four kinds of cauliflower during growth

在生长前期和中期, 绿菜花、紫菜花和白菜花的抗氧化活性差异不大 ($P > 0.05$)。在生长后期, 绿菜花的抗氧化活性为 58.98 mg/g, 显著高于其他 3 种菜花 ($P < 0.05$); 黄菜花的抗氧化活性最低为 36.90 mg/g, 显著低于其他 3 种菜花 ($P < 0.05$); 白菜花和黄菜花的抗氧化活性分别为 45.95 mg/g 和 50.80 mg/g, 两者间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 花球总酚含量的变化

植物多酚是一类广泛存在于植物体内的重要次生代谢产物, 普遍认为多酚具有较强的抗氧化能力^[12]。4 种菜花的总酚含量在生长过程中呈上升趋势(图 2), 但上升趋势并不显著 ($P > 0.05$)。各种颜色菜花的总酚含量差异较大, 在生长后期, 紫菜花的总酚含量最高为 2.93 mg/g, 远高于其他几种菜花 ($P < 0.01$); 其次是绿菜花 1.77 mg/g, 显著高于黄菜花和白菜花 ($P < 0.05$); 黄菜花为 0.98 mg/g, 白菜花为 0.68 mg/g, 两者间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 花球 Vc 含量的变化

由图 3 可见, 在生长过程中, 绿菜花、紫菜花和白菜花的 Vc 含量是呈缓慢上升的趋势, 但黄菜花

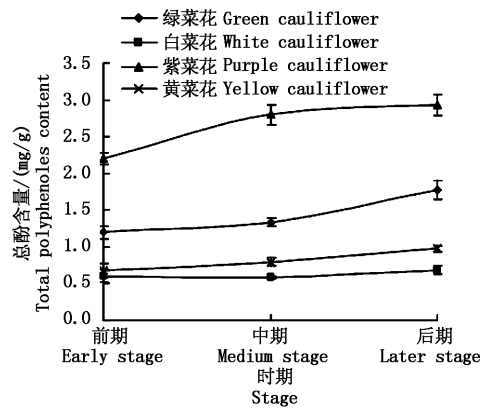


图 2 四种菜花生长过程中花球的总酚含量变化

Fig. 2 The total polyphenols content of four kinds of cauliflower during growth

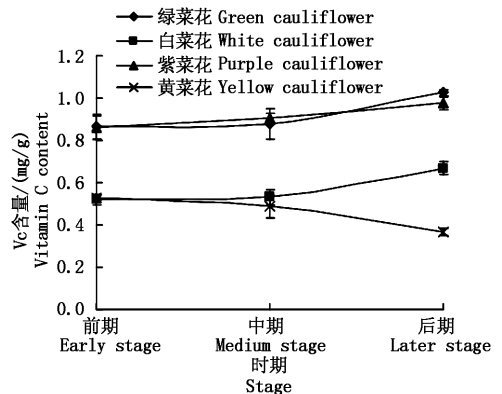


图 3 四种菜花生长过程中花球的 Vc 含量变化

Fig. 3 Vitamin C content of four kinds of cauliflower during growth

的Vc含量反而逐渐下降。绿菜花与紫菜花中Vc的含量差异不显著($P>0.05$),但显著高于白菜花和黄菜花($P<0.05$)。生长后期,黄菜花的Vc含量最小,显著低于其他3种菜花($P<0.05$)。

2.4 花球叶绿素和类胡萝卜素含量的变化

绿菜花中叶绿素及类胡萝卜素含量最高,其次是黄菜花,白菜花和紫菜花的叶绿素及类胡萝卜素含量都较低(表1)。绿菜花整个生长期中叶绿素

a、叶绿素b及类胡萝卜素含量不断增加,到后期的含量分别为67.50,25.98,16.65 mg/kg。与绿菜花相比,黄菜花的叶绿素及类胡萝卜素的含量在整个生长过程中变化差异不显著($P>0.05$)。白菜花的叶绿素及类胡萝卜素含量不断降低,紫菜花的叶绿素含量变化差异不显著($P>0.05$),类胡萝卜素在中后期含量比初期显著升高($P<0.05$)。

表1 四种菜花生长过程中花球的叶绿素和类胡萝卜素含量变化

Tab.1 The content of chlorophyll and carotenoids of four kinds of cauliflower during growth					mg/kg
种类 Variety	时期 Stage	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content	类胡萝卜素含量 Carotenoid content	
绿菜花 Green cauliflower	前期	36.32 ± 2.85	11.77 ± 1.86	9.84 ± 0.19	
	中期	53.53 ± 8.32	22.68 ± 6.61	12.56 ± 1.62	
	后期	67.50 ± 0.89	25.98 ± 5.87	16.65 ± 1.17	
白菜花 White cauliflower	前期	1.58 ± 0.49	1.81 ± 0.26	0.47 ± 0.26	
	中期	1.21 ± 0.35	1.16 ± 0.58	0.46 ± 0.06	
	后期	0.75 ± 0.02	0.71 ± 0.38	0.35 ± 0.15	
紫菜花 Purple cauliflower	前期	1.24 ± 0.25	3.57 ± 0.13	1.02 ± 0.28	
	中期	0.83 ± 0.36	3.08 ± 0.74	1.85 ± 0.55	
	后期	1.15 ± 0.13	2.82 ± 1.79	1.88 ± 0.10	
黄菜花 Yellow cauliflower	前期	19.09 ± 1.48	9.48 ± 0.78	2.29 ± 0.30	
	中期	18.04 ± 2.98	8.45 ± 2.16	3.59 ± 0.76	
	后期	17.35 ± 0.50	9.87 ± 0.48	3.04 ± 0.01	

2.5 花球类黄酮含量的变化

如图4所示,类黄酮含量大小顺序为紫菜花、绿菜花、黄菜花和白菜花,其中紫菜花在整个生长过程中类黄酮含量均显著高于其他3种菜花($P<0.05$),生长后期达1.674 mg/g,为白菜花的6.21倍。整个生长过程中,紫菜花和绿菜花中类黄酮含量明显增加,到生长后期类黄酮含量均显著高于其生长初期($P<0.05$),黄菜花与白菜花的类黄酮含量相对稳定,不同生长期变化差异并不显著($P>0.05$)。

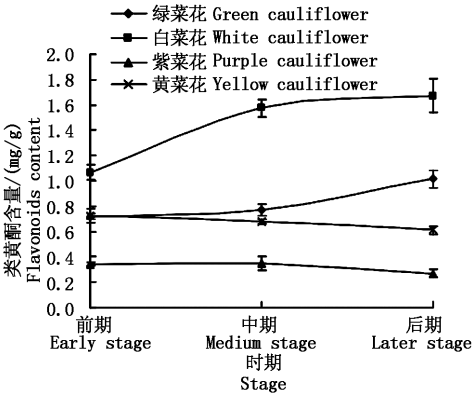


图4 四种菜花生长过程中花球的类黄酮含量变化

Fig.4 The flavonoids content of four kinds of cauliflower during growth

2.6 花球花青素含量的变化

白菜花中花青素含量极低,不能检出,其他3种菜

花的花青素含量在生长过程中逐渐增加(表2)。紫菜花的花青素含量最高,极显著高于绿菜花和黄菜花($P<0.01$),后期含量分别是二者的43.29,54.21倍。

表2 四种菜花生长过程中花球的花青素含量变化

Tab.2 Anthocyanins content of four kinds of cauliflower during growth					mg/g
种类 Variety	前期 Early stage	中期 Medium stage	后期 Later stage		
绿菜花 Green cauliflower	3.63 ± 0.30	9.82 ± 0.37	13.11 ± 0.19		
白菜花 White cauliflower	-	-	-		
紫菜花 Purple cauliflower	377.32 ± 26.23	477.18 ± 9.30	567.58 ± 22.89		
黄菜花 Yellow cauliflower	1.00 ± 0.19	10.34 ± 0.37	10.47 ± 0.18		

2.7 花球可溶性固形物含量的变化

由图5可知,生长前期,可溶性固形物含量大小顺序是黄菜花、白菜花、绿菜花、紫菜花。然而,在生长过程中,紫菜花和绿菜花的可溶性固形物含量的上升趋势较快,生长后期时,紫菜花的可溶性固形物含量最高为14.24%,显著高于绿菜花、黄菜花和白菜花($P<0.05$);绿菜花的可溶性固形物含量最高为12.32%,显著高于黄菜花和白菜花($P<0.05$);黄菜花和白菜花的可溶性固形物分别为10.27%和9.72%,两者间差异不显著($P>0.05$)。

2.8 花球含水量的变化

菜花的含水量在90%左右,白菜花的含水量要

稍微大于其他 3 种菜花,但差异不显著($P>0.05$),但在生长过程中各种菜花的含水量变化不大($P>0.05$)(表 3)。

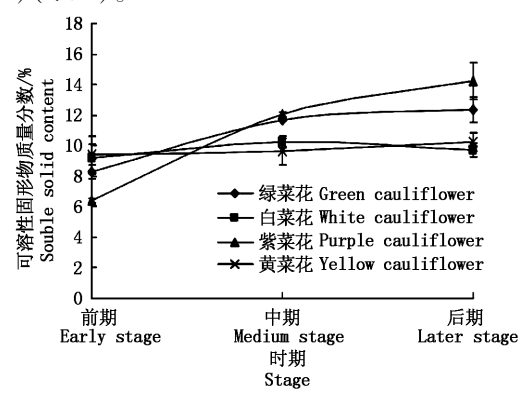


图 5 四种菜花生长过程中花球的可溶性固形物含量变化

Fig. 5 The soluble solids content of four kinds of cauliflower during growth

表 3 四种菜花生长过程中花球的含水量变化

Tab. 3 The water content of four kinds of cauliflower during growth

种类	前期	中期	后期
Variety	Early stage	Medium stage	Later stage
绿菜花 Green cauliflower	89.88 ± 0.73	90.6 ± 0.32	88.06 ± 1.38
白菜花 White cauliflower	92.24 ± 0.05	92.65 ± 0.20	92.42 ± 0.05
紫菜花 Purple cauliflower	91.32 ± 0.08	90.52 ± 0.68	89.94 ± 2.73
黄菜花 Yellower cauliflower	88.91 ± 0.15	89.65 ± 0.13	89.08 ± 0.12

3 讨论

关于植物组织中与抗氧化活性直接相关的活性成分种类目前尚有争议。一般认为,植物的抗氧化活性成分主要有多酚类、维生素类、生物碱类、皂苷类、多糖类、多肽类等。植物的抗氧化成分之间存在相互补充、相互协调的关系,在体内通过电子和/或质子转移作用于氧化酶和抗氧化酶、螯合钝化过渡金属离子、影响基因表达等途径联合发挥抗氧化作用^[13]。

Leja 等^[14]研究认为,在 20 ℃ 条件下贮藏的西兰花的抗氧化活性与总酚含量的增加相关,然而在 5 ℃ 条件下贮藏,相关性下降。Velioglu 等^[6]测定了 28 种植物产品的抗氧化活性,发现大多材料的高抗氧化活性与酚类含量并不相关,可能其他因素起主要的抗氧化作用。从本研究结果可以看出,不同颜色菜花的抗氧化活性与总酚含量相关性不大。本研究结果表明,在生长初期和中期,绿菜花、紫菜花和白菜花的抗氧化活性差异不大,生长后期,绿菜花的抗氧化活性高于紫菜花,紫菜花的抗氧化活性稍高于白菜花。黄菜花的抗氧化活性明显低于其他 3 种菜花,说明菜花的抗氧化活性大小是各个成分的综

合作用结果。这与许多文献的报道一致^[15]。

果蔬的颜色主要由叶绿素、类胡萝卜素和水溶性酚类(花色苷、原花青素等)等天然色素决定,叶绿素及其衍生物呈绿色、蓝绿色等,类胡萝卜素呈红黄色,花青素使果实呈现红色、紫红色、蓝色等^[16]。各种色素在果蔬中的不同比例决定了果蔬的颜色,各种色素的含量和组成随着产品的成熟衰老而发生变化^[3]。另外,果蔬中的天然色素,如花青素、类胡萝卜素、类黄酮、叶绿素等均具有较强的抗氧化能力^[15]。目前关于不同颜色菜花色素含量及生长过程中的色素种类和含量的变化报道较少。本研究结果表明,不同菜花的各种色素含量明显不同。绿菜花的叶绿素和类胡萝卜素是主要呈色物质,且生长过程中不断增加,其他色素含量也高于白菜花。紫菜花呈色物质主要是类黄酮和花青素,生长过程中类黄酮和花青素增加幅度显著,且明显高于其他菜花。黄菜花呈色物质包括叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮、花青素,但只有花青素在生长过程中增加幅度较大,且这些色素含量均低于绿菜花。白菜花的色素含量最低,花青素甚至不能检出。总的来看,紫菜花和绿菜花的各种成分在生长过程中积累较快,含量较高,而黄菜花和白菜花的相关成分较低。

需要注意的是,不同产品中主要营养成分的含量受品种、长势等的影响,本试验过程中各种菜花种植环境和栽培方法一致,但发育速度和大小明显不同,黄菜花长势最慢,花球体积发育速度慢于其他菜花,紫菜花和绿菜花的花球大于黄菜花,但小于白菜花。对于不同颜色菜花的营养价值和主要成分的比较尚需要大量的试验来进行比较和验证。

参考文献:

[1] 孙 勃,许映君,袁高峰,等. 花椰菜主要生物活性物质及其抗氧化能力分析[J]. 核农学报,2010,24(2): 330-335.

[2] Bahorun T, Amitabye L R, Crozier A, et al. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables [J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 2004, 84(12): 1553-1561.

[3] 刘维侠,曹振木,廖 易. 不同彩色甜椒果实发育过程中色素和抗氧化物质含量的变化[J]. 热带作物学报, 2010, 31(12): 2187-2192.

[4] 姚雪琴,谢祝捷,李光庆,等. 青花菜不同器官中 4-甲基亚磺酰丁基硫苷及萝卜硫素含量分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(4): 851-858.

[5] 郁 伟,王志强,巩万合. 紫花菜氮磷钾最佳用量初探[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 163-164.

- [6] Velioglu Y S, Mazza G, Gao L, *et al.* Anti-oxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products [J]. *J Agric Food Chem*, 1998, 46 (10): 4113 – 4117.
- [7] Piotr G, Łboczyński, Zofia Lisiewska. Comparison of the level of selected antioxidative compounds in frozen broccoli produced using traditional and modified methods [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2006, 7 (3): 239 – 245.
- [8] 关文强, 张 怡, 刘莉莉, 等. 西兰花生长过程中花球抗氧化活性及相关成分变化 [J]. *天津农业科学*, 2012, 18 (4): 1 – 3.
- [9] 胡喜兰, 韩照祥, 陶 莹, 等. DPPH 法测定 17 种植物的抗氧化活性 [J]. *食品科技*, 2006 (10): 264 – 268.
- [10] Aviram M, Fuhrman B. Polyphenolic flavonoides inhibit macrophage mediated oxidation of LDL and attenuate atherogenesis [J]. *Atherosclerosis*, 1998, 137 (1): 45 – 50.
- [11] Gebhardt R. Antioxidative and protective of extracts from leaves of the artichoke (*Cynara scolymus* L.) against hydroperoxide-induced oxidative stress in cultured rat hepatocytes [J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1997, 144 (2): 279 – 286.
- [12] 冯 丽, 宋曙辉, 赵 霖, 等. 植物多酚种类及其生理功能的研究进展 [J]. *江西农业学报*, 2007, 19 (10): 105 – 107.
- [13] 谭楦新, 叶 涛, 刘湘新, 等. 植物提取物抗氧化成分及机理研究进展 [J]. *食品科学*, 2010, 31 (15): 288 – 292.
- [14] Leja M, Mareczek A, Starzynska A, *et al.* Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage [J]. *Food Chemistry*, 2001, 72 (2): 219 – 222.
- [15] 张名位, 郭宝江. 果蔬抗氧化作用研究进展 [J]. *华南师范大学学报: 自然科学版*, 2001 (4): 115 – 121.
- [16] 莱亚 阿弗奈南. 现代食品包装技术 [M]. 崔建云, 任发政, 郑丽敏, 等译. 北京: 中国农业大学出版社, 2006: 396.

《天津农业科学》征订启事

《天津农业科学》是天津市农业科学院信息研究所主办的综合性学术期刊, 创刊于 1974 年。国际刊号: ISSN 1006 – 6500, 国内刊号: CN12 – 1256/S。本刊为月刊, 大 16 开, 100 页, 每期定价 5 元, 全年 60 元。

本刊为中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊, 中国学术期刊综合评价数据统计源期刊, 全国优秀农业期刊。

开设栏目有: 生物技术、作物栽培与设施园艺、植物保护、土壤肥料与节水灌溉、畜牧兽医与水产养殖、园林绿化、贮藏加工、农产品安全、行业标准、新品种选育、植物生理、农业经济与信息技术、农业科研管理、新品种保护、三农问题研究、农业区划等。

适合各级农业科技人员、农技推广人员、农业行政管理干部、农业大中专院校师生参阅。

欢迎订阅, 欢迎投稿!

通讯地址: 天津市南开区白堤路 268 号农科大厦 1905 室

邮 编: 300192

电话/传真: 022 – 23678601

E-mail: tjnykx@163.com

开户行: 建设银行南开新技术产业园区支行

账 号: 12001650472050001417 – 3

户 名: 天津市农业科学院信息研究所