

西瓜种质资源番茄红素含量比较研究

高美玲¹, 袁成志¹, 李冬梅¹, 魏晓明²

(1. 齐齐哈尔大学 生命科学与农林学院, 齐齐哈尔大学遗传工程重点实验室, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2. 齐齐哈尔市园艺研究所, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘 要:以 44 个二倍体西瓜品种为试材, 分析比较了西瓜品种中心和边缘部位番茄红素的含量及其与西瓜瓤色和可溶性固形物含量的相关性, 以期西瓜优质育种中亲本选配及高番茄红素西瓜育种提供依据。结果表明: 红瓤与黄瓤西瓜中番茄红素含量变化很大, 红瓤西瓜品种中心部位含量范围在 3.687~4.039 mg/100gFW, 边缘部位含量范围在 3.473~3.953 mg/100gFW, 黄瓤西瓜品种中心部位含量范围在 0.518~0.955 mg/100gFW, 边缘部位含量范围在 0.435~0.905 mg/100gFW。中心和边缘部位番茄红素含量呈极显著的正相关, 相关系数为 0.987; 中心和边缘部位番茄红素含量与瓤色表现为极显著正相关, 相关系数分别为 0.8135 和 0.8044, 与可溶性固形物含量相关性不显著。

关键词:西瓜; 瓤色; 番茄红素; 种质资源

中图分类号:S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)07-0009-04

西瓜(*Citrullus lanatus*)是世界十大水果之一, 番茄红素是西瓜果实中重要的功能性成分, 具有抗氧化、抗癌、预防心血管疾病等功效^[1], 高番茄红素育种是西瓜品质育种的重要目标之一。鲜食番茄果实番茄红素平均含量为 31 mg/kgFW (USDA - NCCC carotenoid Database, 1998), 有研究发现西瓜果实中的番茄红素有效性比番茄多出 40%, 且能被人体直接吸收^[2], 所以, 西瓜作为番茄红素的一个重要来源, 开发利用前景广阔, 番茄红素的研究也受到了普遍关注^[3-6]。该研究用 44 个西瓜品种, 通过分光光度法测定其番茄红素的含量, 分析比较了不同品种(系)西瓜果实中番茄红素含量的关系, 筛选出番茄红素含量高的品种, 以期西瓜优质育种中亲本选配提供帮助, 同时为番茄红素遗传研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为齐齐哈尔园艺研究所提供的 44 个二倍体西瓜品种, 有自交系品种和杂交品种。具体品种特性及名称见表 1。

第一作者简介:高美玲(1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为西甜瓜遗传育种及生物技术。E-mail:gaomeiling0539@163.com.

基金项目:黑龙江省普通高等学校青年学术骨干支持计划资助项目(1155G65); 齐齐哈尔大学青年教师科研启动资助项目(2010K-Z04)。

收稿日期:2012-12-13

表 1 试验材料及其外观性状

Table 1 Test materials cultivar name and fruit appearance quality

自交系名称 Inbred lines name	瓤色 Flesh color	重量 Weight /kg	瓜皮颜色 Rind color	杂交品种名称 Hybrids name	瓤色 Flesh color	重量 Weight /kg	瓜皮颜色 Rind color
2	红色	3.4	嫩绿色花皮	杂 16	红色	5.3	绿色花皮
4	鲜红色	3.5	嫩绿色花皮	杂 1	大红色	4.5	绿色花皮
20	粉红色	2.2	绿色花皮	杂 58	大红色	5.8	墨绿皮
12	粉红色	3.4	核桃纹	杂 22	大红色	5.3	绿色花皮
21	红色	9.0	绿色网纹	杂 62	粉红色	5.1	墨绿皮
31	粉红色	7.3	绿色花皮	杂 4	大红色	3.5	绿色花皮
40	黄色	4.5	绿色花皮	杂 52	大红色	4.5	墨绿皮
51	红色	4.3	墨绿色	杂 3	红色	5.8	绿色花皮
52	黄红色	3.2	绿色花皮	杂 15	粉红色	3.9	绿色花皮
49	红色	2.7	绿色花皮	杂 54	大红色	4.1	墨绿皮
53	黄色	1.7	绿色花皮	杂 14	粉红色	4.4	深绿色花皮
28 花叶	深红色	8.8	绿色花皮	杂 2	红色	3.4	绿色花皮
23 花叶	深红色	5.0	绿色花皮	杂 55	粉红色	3.7	深绿色网纹
29 花叶	紫红色	6.5	绿色花皮	杂 13	红色	3.9	绿色花皮
37	粉红色	7.2	绿色网纹	杂 5	大红色	4.8	绿色花皮
6 花叶	紫红色	7.0	嫩绿色花皮	杂 48	大红色	5.6	墨绿皮
30 花叶	红色	8.5	绿色花皮	杂 9	大红色	3.8	绿色花皮
38	红色	7.5	绿色网纹	杂 8	粉红色	5.7	绿色花皮
10 花叶	红色	5.5	深绿色花皮				
5	红色	6.0	深绿色花皮				
39	大红色	5.0	深绿色花皮				
35	大红色	3.1	绿色花皮				
20 板叶	红色	5.0	绿色花皮				
32	大红色	5.7	绿色花皮				
17 花叶	红色	5.8	绿色花皮				
8 板叶	大红色	5.3	绿色花皮				

1.2 试验方法

于 2011 年的 4 月 15 日, 将上述品种按照完全随机

排列,3次重复,每次重复种植10株,株距0.8m,行距2m,播种于齐齐哈尔园艺研究所西瓜试验基地,统一的浇水施肥、田间管理和防治病虫害。根据不同品种成熟情况于7月初和8月中下旬采收,每次取同一天授粉成功的瓜,每个品种采2个,采瓜的时间均在上午的9:00,分别于中心和边缘部位取样,各取瓜瓢约100g(图1),取样完成后,所取的瓜样尽快带回实验室,放入-80℃的冰箱中,待测。进行不同部位总番茄红素含量与可溶性固形物含量间的相关分析时,将瓢色数量化处理,由深色到浅色(紫红色、深红色、大红色、红色、粉红色、黄红色、黄色)分别量化为7、6、5、4、3、2、1。

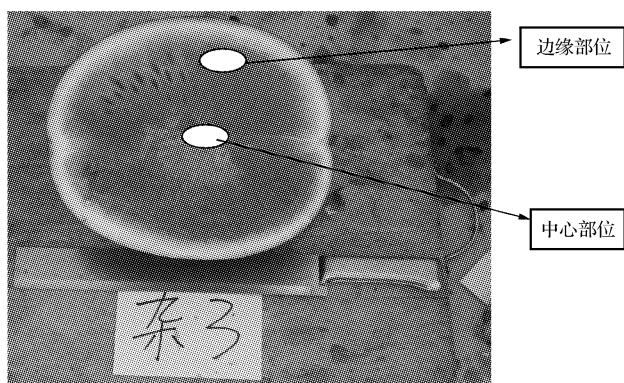


图1 西瓜取样示意

Fig. 1 Watermelon sample schematic

1.3 项目测定

1.3.1 样品中番茄红素提取及测定 番茄红素的测定选用放在-80℃冷冻贮藏西瓜样品,准确称取5g西瓜冻样,放入研钵中(为避免研磨过程中,番茄红素氧化分解,在研钵下放1个冰座),迅速研磨成匀浆,加入浸提剂,浸提剂为10mL含有2%二氯甲烷的正己烷,5mL无水乙醇,进行提取,提取时间为30min,放入避光的盒子中,每隔2min摇晃1次,增加番茄红素与浸提剂的接触。然后将浸提液全部转入离心管中,迅速配平,放入冷冻离心机中离心,温度条件为2~4℃,4000r/min离心20min,离心后,吸取上清液,放入比色杯中,用含有2%二氯甲烷的正己烷:无水乙醇=2:1作为空白对照,在503nm条件下测定其吸光值。测出吸光值后代入标准曲线,求得含量,再根据公式换算成西瓜中的含量,番茄红素(mg/100g)=(A·V_总·D/W·10³)×100, A:标准曲线上查的番茄红素的含量(μg/mL),V_总:西瓜样品液总毫升数(mL),W:西瓜样品重量(g),D:样品液稀释倍数。

1.3.2 番茄红素标准曲线的绘制 分光光度计测定番茄红素时,用苏丹红I标准品代替番茄红素标准品绘制标准曲线。准确称取25mg苏丹1,用无水乙醇溶解并定容至50mL的棕色容量瓶中,标准溶液浓度为0.5mg/mL,吸取0.26、0.52、0.78、1.04、1.30mL分别注

入50mL的容量瓶中,均用无水乙醇定容至刻度,充分混合,它们分别相当于0.5、1.0、1.5、2.0、2.5μg/mL的番茄红素,以无水乙醇作为空白对照,在503nm下测定其吸光值并绘制标准曲线,得到5组数据,以吸光值为纵坐标,以浓度为横坐标,通过回归方程的计算得出标准曲线方程(图2)。

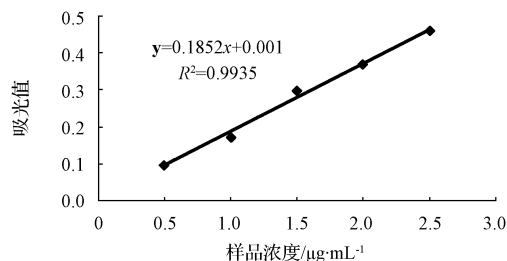


图2 番茄红素标准曲线

Fig. 2 Canonical plotting of lycopene content

1.4 数据分析

运用SPSS 20.0数据分析软件进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 西瓜果实中番茄红素含量比较

由表2可以看出,黄瓢品种中番茄红素含量极低,中心部位平均为0.685mg/100gFW,边缘部位平均为0.5965mg/100gFW,中心部位番茄红素含量均大于边缘部位,颜色越深番茄红素含量越高,黄红瓢>黄瓢。

红瓢品种番茄红素中心部位含量粉红瓢平均为3.745mg/100gFW,红瓢为3.822mg/100gFW,大红瓢为3.934mg/100gFW,紫红瓢为4.028mg/100gFW,深红瓢中心部位样品丢失没有得到数据。可见中心部位番茄红素含量与瓢色的深浅相关,颜色越深,其含量亦越高,紫红瓢>大红瓢>红瓢>粉红瓢;边缘部位番茄红素含量粉红瓢中平均为3.665mg/100gFW;红瓢中为3.730mg/100gFW;大红瓢中为3.852mg/100gFW;深红瓢中为3.945mg/100gFW,紫红瓢中为3.940mg/100gFW,可见边缘部位番茄红素含量亦与瓢色的深浅相关,颜色越深,其含量亦越高,紫红瓢>深红瓢>大红瓢>红瓢>粉红瓢。黄瓢和红瓢品种中心部位番茄红素含量均大于边缘部位。

2.2 西瓜果实番茄红素含量与可溶性固形物含量的相关性分析

由表3可知,中心部位总番茄红素含量与瓢色表现为极显著的正相关关系,相关系数为0.8135,也就是西瓜品种中瓢色越深,中心部位总番茄红素含量越高;中心部位可溶性固形物含量与瓢色、中心部位总番茄红素含量相关性不显著;边缘部位总番茄红素含量与瓢色表现为极显著的正相关的关系,相关系数为0.8044,意味着西瓜品种中瓢色越深,边缘部位总番茄红素含量越

表 2 不同西瓜品种不同部位总番茄红素含量

Table 2 Total lycopene content of different watermelon varieties in different parts mg/100g				
品种名称 Variety name	品系(2n) Lines	瓤色 Flesh color	平均值±标准偏差 中心 Center	Mean±SD 边缘 Edge
40 号	自交系品种	黄瓤	0.542±0.031	0.501±0.047
53 号	自交系品种	黄瓤	0.571±0.029	0.422±0.008
52 号	自交系品种	黄红瓤	0.941±0.016	0.886±0.020
全部	平均		0.685±0.025	0.596±0.025
	范围		0.518~0.955	0.435~0.905
		普通		
20 号	自交系品种	粉红瓤	—	3.652±0.006
12 号	自交系品种	粉红瓤	—	3.661±0.004
31 号	自交系品种	粉红瓤	3.748±0.029	3.763±0.010
杂 62	杂交品种	粉红瓤	3.734±0.012	3.642±0.146
杂 15	杂交品种	粉红瓤	3.749±0.016	3.601±0.009
杂 14	杂交品种	粉红瓤	3.777±0.018	3.668±0.016
杂 55	杂交品种	粉红瓤	3.699±0.014	3.667±0.007
杂 8	杂交品种	粉红瓤	3.729±0.011	—
全部	平均		3.745±0.017	3.665±0.028
	范围		3.687~3.797	3.473~3.771
		高		
2 号	自交系品种	红瓤	—	3.724±0.015
4 号	自交系品种	红瓤	3.852±0.016	3.769±0.019
21 号	自交系品种	红瓤	—	3.719±0.010
51 号	自交系品种	红瓤	—	3.813±0.009
49 号	自交系品种	红瓤	—	3.811±0.016
30 花叶	自交系品种	红瓤	3.762±0.017	3.686±0.043
38 号	自交系品种	红瓤	—	3.762±0.018
10 花叶	自交系品种	红瓤	—	3.752±0.009
5 号	自交系品种	红瓤	3.841±0.014	3.741±0.015
杂 16	杂交品种	红瓤	3.829±0.014	3.742±0.015
杂 3	杂交品种	红瓤	3.870±0.005	—
杂 2	杂交品种	红瓤	3.833±0.013	3.721±0.015
杂 13	杂交品种	红瓤	—	3.636±0.002
20 板叶	自交系品种	红瓤	3.811±0.021	3.669±0.068
17 花叶	自交系品种	红瓤	3.776±0.009	3.673±0.004
全部	平均		3.822±0.014	3.730±0.018
	范围		3.747~3.875	3.616~3.827
		非常高		
37 号	自交系品种	大红瓤	3.913±0.009	3.850±0.005
39 号	自交系品种	大红瓤	3.916±0.014	3.839±0.009
杂 1	杂交品种	大红瓤	3.968±0.012	3.847±0.010
杂 58	杂交品种	大红瓤	3.963±0.011	3.892±0.021
杂 22	杂交品种	大红瓤	3.934±0.006	3.853±0.016
杂 4	杂交品种	大红瓤	—	3.863±0.003
杂 52	杂交品种	大红瓤	—	3.842±0.004
杂 54	杂交品种	大红瓤	3.917±0.013	—
杂 5	杂交品种	大红瓤	3.918±0.017	3.848±0.018
杂 48	杂交品种	大红瓤	3.920±0.018	3.871±0.019
杂 9	杂交品种	大红瓤	3.947±0.022	3.853±0.016
35 号	自交系品种	大红瓤	3.959±0.074	3.832±0.015
32 号	自交系品种	大红瓤	3.922±0.009	—
8 板叶	自交系品种	大红瓤	—	3.834±0.011
全部	平均		3.934±0.019	3.852±0.012
	范围		3.892~4.039	3.819~3.907
		很高		
28 花叶	自交系品种	深红瓤	—	3.938±0.015
23 花叶	自交系品种	深红瓤	—	3.951±0.025
全部	平均		—	3.945±0.020
	范围		—	3.924~3.974
6 花叶	自交系品种	紫红瓤	4.028±0.016	3.941±0.013
29 花叶	自交系品种	紫红瓤	—	3.938±0.013
全部	平均		4.028±0.016	3.940±0.013
	范围		4.009~4.039	3.927~3.953

注:“—”表示样品丢失,数据缺失。
Note:“—”in the cells mean the value is absent.

高;中心部位总番茄红素含量与边缘部位总番茄红素含量表现为极显著的正相关关系,相关系数高达 0.987,也就是说中心部位总番茄红素含量高,那么边缘总番茄红素含量也高;中心部位可溶性固形物与边缘部位可溶性固形物表现为显著的正相关关系。

表 3 不同部位总番茄红素含量与可溶性固形物含量间的相关分析

Table 3 Correlation analysis between contents of lycopene and soluble solids in different parts					
因素 Factor	瓤色 Flesh color	总番茄红素 (中心) Total lycopene (Center)	中心部位 可溶性固形物 Soluble solids of the central part	总番茄红素 (边缘) Total lycopene (Edge)	边缘部位 可溶性固形物 Soluble solids of the edges
	瓤色				
总番茄红素 (中心)	0.8135 **				
中心部位 可溶性固形物	0.0312	0.0211			
总番茄红素 (边缘)	0.8044 **	0.9870 **	0.0490		
边缘部位 可溶性固形物	-0.1801	-0.1400	0.4614 *	-0.1390	

注: $P<0.01$ **, $0.01<P<0.05$ *。
Note: $P<0.01$ **, $0.01<P<0.05$ *。

3 讨论与结论

鲜食西瓜中的番茄红素可以直接被人体吸收^[1-2],番茄红素的提取方法包括有机溶剂浸提法、超临界 CO₂萃取法、酶反应等,番茄红素的测定方法有高效液相色谱法、分光光度法。Heinonen 等^[7-8]利用 ODS 柱实现了蔬菜中番茄红素、α-胡萝卜素、β-胡萝卜素、γ-胡萝卜素、玉米黄质和叶黄素的同时检测;分光光度法简单迅速,可以用苏丹红 I 代替番茄红素标准品做标准曲线^[9]。张亮等^[10]建立了用含 2% 二氯甲烷的石油醚为番茄红素的浸提剂,503 nm 为检测波长测定番茄红素。该试验中采用有机溶剂浸提法,用含 2% 二氯甲烷的正己烷或含 2% 二氯甲烷的石油醚为浸提剂的浸提效果好。

该试验测定的红瓤西瓜品种中的番茄红素含量相差不大,基本上集中在 3.000~4.000 mg/100gFW,而 Perkins 等^[11-12]报道红瓤西瓜番茄红素含量为 33~100 mg/kgFW,二倍体西瓜中番茄红素含量范围在 33~75 mg/kgFW 有差距,应该是由于品种自身特性的关系。Perkins 等^[13]测定 15 个西瓜品种包括二倍体、三倍体和杂交种,结果表明西瓜不同品种的番茄红素含量从 3.5~7.6 mg/100gFW 不等,2 个黄瓤品种的茄红素含量很低,约为 0~0.5 mg/100gFW,与该研究结果一致,另外,还认为只有红瓤品种含有番茄红素,其中无籽品种番茄红素含量比有籽品种高,杂交种含量高于普通品种。万学闪等^[6]研究表明,不同倍性红瓤西瓜瓜瓤中番茄红素含量存在差异,三倍体>四倍体>二倍体;三

倍体比二倍体平均高 19.5%，四倍体比二倍体平均高 13.4%，三倍体比四倍体平均高 7.1%。

王镇等^[14] 分析比较了不同品种(系)小型西瓜果实中番茄红素含量的差异表明,红瓢和粉红瓢小西瓜果实中番茄红素主要在果实发育的后期合成,授粉后第 18~24 天是西瓜果实番茄红素合成的关键时期,橙、黄瓢西瓜中番茄红素含量的变化不明显;西瓜果实中番茄红素含量因品种、瓢色差异显著,红瓢品种>粉红瓢品种>橙瓢品种>黄瓢品种,与该试验中从黄瓢、黄红瓢、粉红到紫红番茄红素含量逐渐升高的结果基本一致。西瓜中番茄红素含量与可溶性固形物的关系,Perkins 等^[12] 通过对 50 个西瓜品种中番茄红素含量研究后认为,可溶性固形物含量与番茄红素含量呈正相关,相关系数小,该试验中番茄红素含量高低与可溶性固形物含量的相关性不显著,只在红瓢西瓜中存在这个规律,黄瓢品种中,番茄红素含量低,但可溶性固形物含量高。

该试验中测定了不同瓢色的番茄红素含量表明,西瓜果实中番茄红素含量与西瓜瓢色呈正相关,这和曲瑞芳等^[15] 研究番茄中番茄红素所得出的结论是一致的。该试验测定了不同部位番茄红素的含量表明,西瓜果实中心部位的番茄红素含量均大于边缘部位的番茄红素含量。

参考文献

- [1] Gerster H. The potential role of lycopene for human health[J]. J Am Coll Nutr, 1997, 16: 109-126.
- [2] Edwards A J, Vinyard B T, Wiley E R, et al. Consumption of watermelon

juice increases plasma concentrations of lycopene and beta-carotene in humans [J]. J Nutr, 2003, 133: 1043-1050.

- [3] 张帆,王倩,何洪巨,等. 西瓜果实中番茄红素研究进展[J]. 中国西瓜甜瓜, 2003(6): 20-22.
- [4] 孙利祥,丁淑丽,李建勇,等. 8 个西瓜品种番茄红素含量的比较分析[J]. 上海农业学报, 2006, 22(1): 66-68.
- [5] 万学闪,刘文革,阎志红,等. 无籽西瓜果实不同部位维生素 C 和番茄红素含量测定[J]. 中国瓜菜, 2009(3): 4-9.
- [6] Perkins-Veazie, Collins J K, Davis A R. Carotenoid content of 50 watermelon cultivars[J]. Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54: 2593-2597.
- [7] Heinonen M I, Ollianinen V, Linkola E K. Carotenoids in Finnish foods, vegetables, fruits, and berries[J]. Agri Food Chem, 1989, 37: 655-659.
- [8] Heinonen M I. Carotenoids and provitamin A activity of carrot cultivars[J]. Agri Food Chem, 1990, 38: 609-612.
- [9] 张连富,丁霄霖. 番茄红素简便测定方法的建立[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(3): 51-55.
- [10] 张亮,张坤生,吕晓玲,等. 番茄红素测定方法的研究[J]. 中国食品学报, 2005, 5(1): 75-77.
- [11] Perkins-Veazie P. Lycopene content differs among red-fleshed watermelon[J]. Journal of Food Science, 2000, 81: 983-987.
- [12] Perkins-Veazie, Collins J K, Davis A R. Carotenoid content of 50 watermelon cultivars[J]. Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54: 2593-2597.
- [13] Perkins-Veazie, Julie K C, Pair S. Watermelon: Lycopene content changes with ripeness stage, germplasm, and storage[C]. Cucurbitaceae, 2002: 427-430.
- [14] 王镇,党选民. 小型西瓜果实中番茄红素含量的比较研究[J]. 长江蔬菜, 2009(6): 24-26.
- [15] 曲瑞芳,梁燕,巩振辉,等. 番茄不同品种间番茄红素含量变化规律的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 121-123.

Study on Comparision of Lycopene Contents Among Watermelon Germplasm Resources

GAO Mei-ling¹, YUAN Cheng-zhi¹, LI Dong-mei¹, WEI Xiao-ming²

(1. Qiqihar University Genetic Engineering Key Laboratory, College of Life Science, Agriculture and Forest, Qiqihaer University, Qiqihaer, Heilongjiang 161006; 2. Horticultural Institution of Qiqihaer, Qiqihaer, Heilongjiang 161006)

Abstract: The lycopene content of 44 cultivars and lines of watermelons in center and edge position were determined. The correlation of the lycopene content and flesh color, the soluble solids content were analyzed, in order to provide the basis for quality of watermelon breeding parent matching and high lycopene watermelon breeding. The results showed that red and yellow-fleshed cultivars varied greatly in lycopene content, ranging from 3.687 to 4.039 mg/100gFW in red-fleshed center position, 3.473~3.953 mg/100gFW in edge position. Total lycopene content varied from 0.518 to 0.955 mg/100gFW among yellow-fleshed watermelons in center position, from 0.435 to 0.905 mg/100gFW in edge position. The lycopene content in center position had very significant positive correlation with in edge position. Correlation coefficient was 0.987. The lycopene content in center and edge position had very significant positive correlation with the flesh color. Correlation coefficient was 0.8135, 0.8044, respectively. The lycopene content in center and edge position had no correlation with the soluble solids content.

Key words: watermelon; flesh color; lycopene; germplasm resources