



勿吉斯古冷, 沈琦, 张忠祥, 等. 生育后期甜瓜果实中营养成分累积变化机制研究[J]. 江西农业大学学报, 2023, 45(4): 875–883.

WUJISIGULENG, SHEN Q, ZHANG Z X, et al. Study on the mechanism of cumulative changes of nutrients in melon fruit in the late growth period[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2023, 45(4): 875–883.

生育后期甜瓜果实中营养成分 累积变化机制研究

勿吉斯古冷^{1,2}, 沈琦², 张忠祥^{1,2}, 王晓婷¹, 何伟忠^{2*}, 王成^{3*}

(1. 新疆农业大学 食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所/农业农村部农产品质量安全风险评估实验室/农业农村部荒漠绿洲生态区特色农产品功能营养与健康重点实验室(部省共建)/新疆农产品质量安全重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091; 3. 新疆农业科学院, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要:【目的】明确甜瓜果皮、果肉生育后期不同阶段营养成分的累积变化规律。【方法】于7月20日至8月1日, 间隔1 d采集甜瓜果皮、果肉样品, 根据对应国标方法, 开展了样品中烟酰胺、烟酸、VB₁、VB₂、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、富马酸、果糖、葡萄糖、蔗糖12项营养指标的定量分析, 并根据定量分析结果, 开展了甜瓜果皮果肉生育后期营养品质累积规律的研究与探讨。【结果】7月20日至8月1日, 甜瓜果皮、果肉中果糖、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、烟酰胺、维生素B₂含量均呈先升高后降低的趋势, 极大值出现多在7月26日左右; 果肉中维生素B₂、果皮中烟酸含量变化也呈先升高后降低的趋势, 极大值出现时间有所不同, 分别是7月26日和7月28日; 果肉中维生素B₁、果皮中维生素B₂含量呈先降低后升高再降低的趋势, 极大值出现在7月24日左右; 果皮中维生素B₁含量呈先升高后降低再升高的趋势, 极大值出现在7月22日; 而果肉中烟酸含量整体呈波动降低的趋势, 极大值出现为7月20日。【结论】甜瓜果皮、果肉中果糖及葡萄糖为有优势可溶性糖, 而有机酸含量则由苹果酸及柠檬酸决定; 生育后期不同营养成分的累积变化规律有所差异, 宜根据目标营养成分种类, 选择适宜的干预调控阶段。

关键词: 甜瓜; 营养成分; 累积规律

中图分类号: S38 文献标志码: A

文章编号: 1000-2286(2023)04-0875-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the Mechanism of Cumulative Changes of Nutrients in Melon Fruit in the Late Growth Period

WUJISIGULENG^{1,2}, SHEN Qi², ZHANG Zhongxiang^{1,2},
WANG Xiaoting¹, HE Weizhong^{2*}, WANG Cheng^{3*}

收稿日期: 2023-04-21 修回日期: 2023-06-07

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系资助项目、新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A02006-1)和新疆西甜瓜产业技术体系资助项目(CARS-25)

Project supported by the Ministry of Finance and Ministry of Agriculture and Rural Affairs: National Modern Agricultural Industry Technology System Grant, Xinjiang Uygur Autonomous Region Major Science and Technology Special Project(2022A02006-1) and Xinjiang Watermelon Industry Technology System Grant(CARS-25)

作者简介: 勿吉斯古冷, 硕士生, orcid.org/0009-0009-7541-2302, w2653607358@163.com; *通信作者: 何伟忠, 研究员, 主要从事农产品品质及其质量安全控制技术研究, hewei198112@126.com; 王成, 研究员, 博士, 主要从事农产品质量安全及其功能营养特性研究, wangcheng321@sina.com。

(1.College of Food Science and Pharmacy , Xinjiang Agricultural University , Urumqi 830052 , China ;
2.Laboratory of Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology , Ministry of Rural Agriculture/Key Laboratory of Functional Nutrition and Health of Distinctive Agricultural Products in Desert Oasis Ecological Zone , Ministry of Rural Agriculture (jointly established by Ministry and Province)/Xinjiang Key Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China ;
3.Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: [Objective] This study aims to clarify the cumulative changes of nutrient composition at different stages of melon peel and pulp in the later stages of growth. [Method] Melon peel and pulp samples were collected from July 20 to August 1, according to the national standard, the quantitative analysis of 12 nutritional indexes of niacinamide, niacin, VB₁, VB₂, tartaric acid, malic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid, fructose, glucose and sucrose was conducted, Based on the quantitative analysis results, the accumulation of nutritional quality in the late growth stage of melon peel pulp were explored and discussed. [Result] From July 20 to August 1, the contents of fructose, malic acid, citric acid, succinic acid, niacinamide and vitamin B₂ in the peel and pulp of melon increased first and then decreased, and the maximum value occurred around July 26. The content of vitamin B₂ in pulp and niacin in peel also showed a trend of first increasing and then decreasing, and the maximum value occurred at different times, which were July 26 and July 28, respectively. The content of vitamin B₁ in pulp and vitamin B₂ in peel showed a trend of first decreasing and then increasing and finally decreasing, and the maximum value occurred around July 24; The content of vitamin B₁ in the peel first increased, then decreased and finally increased, and the maximum occurred on July 22. The content of nicotinic acid in the pulp showed a trend of fluctuating decrease, and the maximum value appeared on July 20. [Conclusion] Melon peel, pulp seed fructose and glucose are dominant soluble sugars, while organic acid content is determined by malic acid and citric acid. The cumulative changes of different nutrients in the later stages of growth are different, and it is advisable to select the appropriate intervention and regulation stage according to the type of target nutrients.

Keywords: melon; nutrients; cumulative regularity

【研究意义】2020年新疆甜瓜产量高达221.66万t,位于全国各省份前列^[1]。甜瓜果肉富含有机酸、糖、维生素,具有抗癌、抗氧化、抗炎等作用,而备受消费者青睐^[2-7];同时,新近研究显示:甜瓜果皮或其提取物具有改善肠道健康^[8]、缓解2型糖尿病^[9]、降低甘油三酯和总胆固醇等功效^[10]。在此背景下,解析不同时期甜瓜果皮、果肉营养成分的累积变化规律,明确目标营养成分的适宜干预调控阶段,利于支撑甜瓜果肉的品质提升及果皮的深度开发利用。【前人研究进展】目前,国内外学者已开展了果实营养成分累积变化规律的研究与报道,涉及的作物种类主要包括苹果^[11]、樱桃^[12]、梨^[13]、柑橘^[14]、甜樱桃^[15]、库尔勒香梨^[16]等;甜瓜是我国优势农产品,已见不同阶段甜瓜果实中糖和酸累积变化规律的研究与探讨,如李响等^[17]的研究结果显示:随着生育期的延长,薄皮甜瓜中果糖和葡萄糖的含量呈先升高后降低的趋势;而马慧等^[18]、张凯莉等^[19]和汤溢等^[20]的研究则表明:不同阶段甜瓜果实中果糖含量变化幅度不大,且保持较低水平。另外,有研究表明:果实发育过程中甜瓜果实柠檬酸呈逐渐升高的趋势^[21];与之不同,郑贺云等^[22]和刘颖^[23]研究发现:在果实发育过程中,甜瓜果实中柠檬酸含量呈持续降低的趋势。【本研究切入点】综上所述可知,目前关于不同生育期甜瓜糖酸累积变化规律的研究报道存在一定分歧,且未见果肉维生素及果皮营养成分累积变化规律的系统研究报道。【拟解决的关键问题】糖、酸和维生素等营养成分共同决定了甜瓜的风味^[24],且生育后期果实生物量的变幅也相对较高,因此本文于该时期即7月20日至8月1日,间隔1d采集甜瓜果皮、果肉样品,根据对应国标方法,开展了样品中烟酰胺、烟酸、VB₁、VB₂、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、富马酸、果糖、葡萄糖、蔗糖12项营养成分的定量分析,并根据定量分析结果,进行了生育后期营养成分累积变化规律的研究与探讨,以期为甜瓜果肉果皮营养成分的科学调控奠定前期基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

在新疆农业科学院安宁渠综合试验场开展田间试验,种植的甜瓜品种为“金莹黄蜜宝”;种植时间是 2021 年 5 月 4 日,7 月 20 日至 8 月 1 日,每间隔 1 d 采集甜瓜果实样品,每份样品采集 3 株,分果皮、果肉相应部位混合、匀浆后装入样品盒,置于冰柜中冷冻备用。参照 NY/T2342-2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 甜瓜》进行田间的日常管理。

盐酸(HCl)、冰乙酸(CH₃COOH)、氢氧化钠(NaOH)、三水乙酸钠(CH₃COONa·3H₂O)、甲醇(CH₃OH)、高氯酸(HClO₄)、异丙醇(C₃H₈O)、庚烷磺酸钠(C₇H₁₅NaO₃S)、正丁醇(CH₃CH₂CH₂CH₂OH)、铁氰化钾[K₃Fe(CN)₆]、乙酸钠(CH₃COONa·3H₂O)、氯化钙(CaCl₂)、无水乙醇(CH₃CH₂OH)、磷酸(H₃PO₄)。

1.2 仪器与设备

仪器与设备有 pH 计(精度 0.01)、涡旋振荡器、恒温水浴锅、分光光度计、超声波振荡器、pH 精密试纸、pH 广泛试纸、0.22 μm 微孔滤头等(表 1)。

表 1 仪器与设备
Tab.1 The text instruments and equipment

仪器名称	厂家
e2695 液相色谱仪	美国沃特世公司
7890B 型气相色谱仪	美国安捷伦公司
BAS223S 型电子天平	德国赛多利斯公司
Millipore Mill-Q 型超纯水机	美国 Millipore 公司

1.3 试验方法

根据国标进行营养成分的定量分析,各指成分所参照的标准方法依次是:烟酰胺、烟酸,GB 5009.89—2016《食品中烟酸和烟酰胺的测定》;VB₁、VB₂,GB/T5009.84《食品中维生素 B₁的测定》、GB/T5009.85—2016《食品中食品中维生素 B₂的测定的测定》;酒石酸、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、富马酸,GB/T5009.157—2016《食品中有机酸的测定》;果糖、葡萄糖以及蔗糖,GB/T5009.8—2016《食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》。

1.4 数据分析

采用 GraphPad8.0 绘制营养成分累积变化规律折线图。

2 结果与分析

2.1 甜瓜果皮、果肉中葡萄糖、果糖含量的变化

分析了甜瓜果肉、果皮中果糖、葡萄糖、蔗糖 3 种糖的含量,其中蔗糖未检出,随时间延长甜瓜果肉果皮中果糖、葡萄糖含量的变化如图 1、图 2 所示。

由图 1 可知,7 月 20 日至 8 月 1 日,甜瓜果肉中果糖含量整体高于葡萄糖含量。7 月 20 日至 7 月 26 日,甜瓜果肉中果糖、葡萄糖含量呈逐渐升高的趋势;与之不同,7 月 26 日至 8 月 1 日,甜瓜果肉中果糖、葡萄糖含量则呈逐渐降低的趋势。

由图 2 可知,7 月 20 日至 8 月 1 日,甜瓜果皮中果糖含量整体高于葡萄糖含量。与果肉中果糖、葡萄糖含量的变化一致,7 月 20 日至 7 月 26 日,甜瓜果皮中果糖、葡萄糖含量呈逐渐升高的趋势;之后在 7 月 26 日至 8 月 1 日,呈逐渐降低的趋势。

由此可见,甜瓜果肉和果皮中果糖、葡萄糖含量并不随着时间延长而持续升高,可通过多种方式,调控 7 月 26 日至 8 月 1 日果糖和葡萄糖含量的降低,利于提升甜瓜果肉、果皮的糖含量。

2.2 甜瓜果皮、果肉中有机酸含量的变化

分析了样品中酒石酸、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、富马酸等 5 种有机酸的含量,其中酒石酸未检出。4 种检出的有机酸中,苹果酸含量最高,果肉、果皮中含量分别为 4.38 g/kg、5.62 g/kg,其次由高到低依次为柠檬酸、丁二酸、富马酸,由此可知,苹果酸是本文涉及甜瓜品种的主要有机酸(图 3,4)。

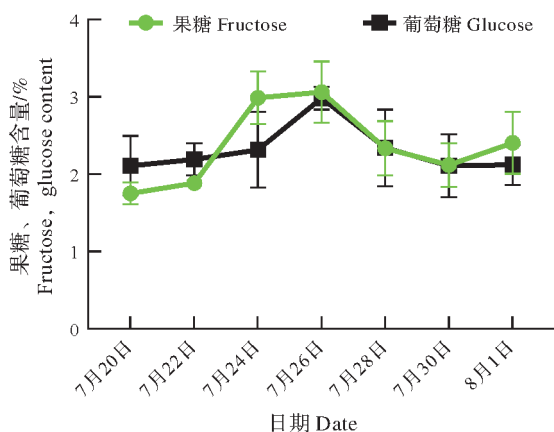


图1 甜瓜果肉中可溶性糖组成

Fig.1 Soluble sugar composition in the pulp of melon

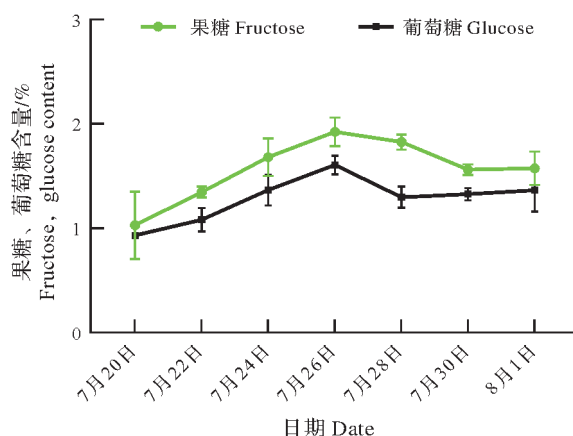


图2 甜瓜果皮中可溶性糖组成

Fig.2 Composition of soluble sugars in the peel of melon

由图3可知,随时间延长,7月20日至7月26日,甜瓜果肉中苹果酸、柠檬酸、丁二酸含量呈升高趋势,之后在7月26日至8月1日呈降低的趋势;与之不同,7月20日至8月1日,甜瓜果肉中富马酸含量呈现一定的波动性,7月20日和8月1日样品含量接近。

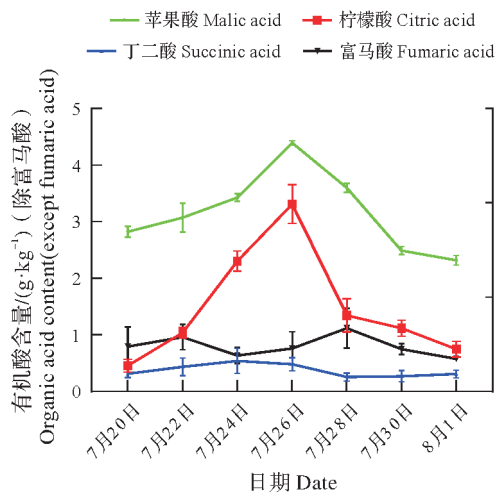


图3 甜瓜果肉中有机酸含量的变化

Fig.3 Changes in organic acid content in melon pulp

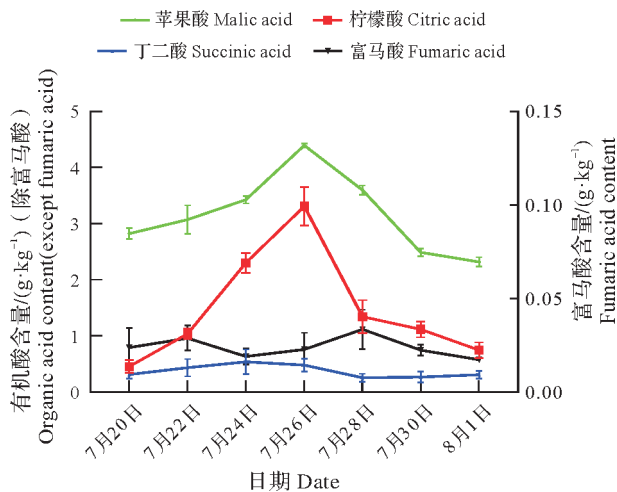


图4 甜瓜果皮中有机酸含量的变化

Fig.4 Changes in organic acid content in melon peel

由图4可知,7月20日至7月26日,随时间延长,甜瓜果皮中苹果酸、丁二酸含量呈逐步升高的趋势,之后在7月26日至8月1日间呈降低趋势;甜瓜果皮柠檬酸含量也呈先升高后降低的趋势,但极大值出现时间有所不同,为7月28日;与之不同,随着时间延长,在7月20日至8月1日,甜瓜果皮富马酸含量则呈先升高后趋于稳定的变化趋势。

上述结果表明:7月26日及7月28日以后,甜瓜果皮果肉中苹果酸、丁二酸及柠檬酸含量有降低趋势,为调控甜瓜有机酸含量的重要阶段。

2.3 甜瓜果皮、果肉中烟酸、烟酰胺含量的变化

烟酸为无色针状晶体,易溶于水,也被称为维生素B₃、维生素PP,是人体中所必需的水溶性维生素之一^[25];烟酰胺又称尼克酰胺,是烟酸的酰胺化合物^[26]。随时间延长,甜瓜果肉、果皮中烟酸、烟酰胺含量的变化如图5、6所示。

由图5可知,7月20日至8月1日,甜瓜果肉中烟酸含量极大值出现时间为7月20日,含量为0.28 mg/100 g;8月1日,甜瓜果肉中烟酸含量为0.19 mg/100 g,由此分析,受试时间段内,甜瓜果肉中烟酸含量整体呈波动降低的趋势。7月20日至8月1日,甜瓜果肉中烟酰胺含量呈小幅递增后递减的趋势(图5)。

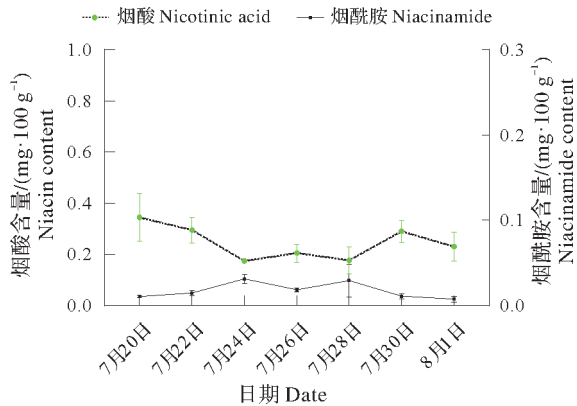


图5 甜瓜果肉中烟酸烟酰胺含量变化

Fig.5 Changes in niacinamide content in melon pulp

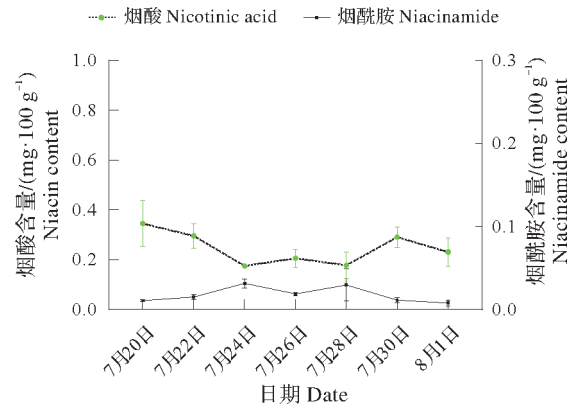


图6 甜瓜果皮中烟酸烟酰胺含量变化

Fig.6 Changes in niacinamide content in melon peel

由图6可知,7月20日至8月1日,甜瓜果皮中烟酸含量随时间延长呈先递增后快速降低的趋势,极大值出现在7月28日,含量达0.34 mg/100 g。随时间延长,甜瓜果皮中烟酰胺含量在7月20日至8月1日,整体呈前期(7月20日至7月24日)小幅升高、中期(7月24日至7月28日)和末期(7月28日至8月1日)趋于稳定的变化趋势,总体呈降低趋势(图6)。

综上分析可知:7月24日和7月28日分别为甜瓜果肉烟酰胺和果皮烟酸含量降低的时间节点,对应后续时间是调控其含量的重要阶段;甜瓜果肉烟酸果皮烟酰胺含量整体呈降低趋势,调控其含量的重要阶段为7月20日之后。

2.4 甜瓜果皮、果肉中维生素B₁、维生素B₂含量的变化

甜瓜果肉、果皮中维生素B₁、B₂含量随时间延长累积变化规律如图7,8所示。

由图7可知,随时间延长,甜瓜果肉中维生素B₁含量呈先降低后升高再降低的趋势,7月24至7月26日果肉维生素B₁的含量相对较高;同时间段内,维生素B₂含量呈先上升后降低的趋势,7月26至7月30日果肉维生素B₂的含量相对较高。

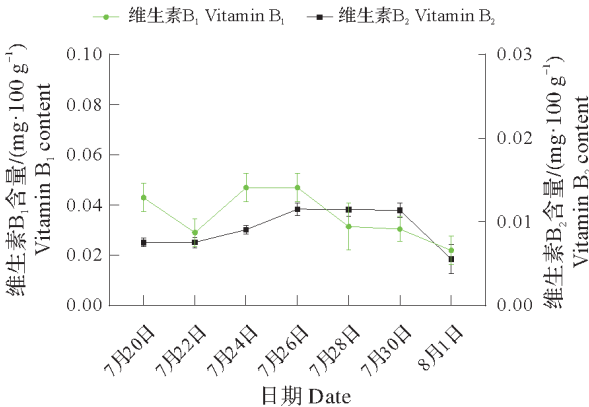


图7 甜瓜果肉中维生素B₁、B₂含量变化

Fig.7 Changes in vitamin B₁ and B₂ content in melon pulp

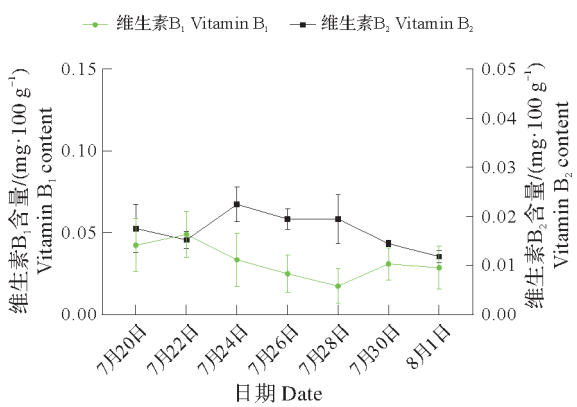


图8 甜瓜果皮中维生素B₁、B₂含量变化

Fig.8 Changes of vitamin B₁ and B₂ content in melon peel

随时间延长,甜瓜果皮中维生素B₂含量总体呈先降低后升高再降低的趋势,极大值出现在7月24日,达0.045 mg/100 g(图7);同时间段内,甜瓜果皮中维生素B₁含量呈先升高后降低再升高的趋势(图8),极大值出现在7月22日。

综上,7月26日和7月30日之后,果肉中维生素B₁和维生素B₂在日含量分别有降低趋势;7月22日和7月24日之后,果皮中维生素B₁和维生素B₂含量也分别有降低趋势,上述时间段为调控甜瓜果肉、果皮维生素B₁和维生素B₂含量的重要阶段,后续研究中重点关注7月24日至8月1日,对甜瓜维生素B₁、B₂进行干预调控,从而达到提高甜瓜果皮、果肉中维生素B₁、B₂含量的目的。

3 讨论与结论

3.1 讨论

甜瓜糖积累类型及组分受果实发育期、品种基因型和果实部位的影响^[27-28]。如鲍甜甜等^[29]、杨永等^[30]的研究结果显示:随着时间的延长,‘羊角蜜’、k9-2(HH)、k9-3(LL)和K9-6(HL)品种甜瓜果实中果糖葡萄糖含量呈先升高后降低的趋势;与之不同,马慧等^[18]、郭小鸥^[31]和Ming等^[32]的研究结果则表明:随着成熟期的临近,“河套蜜瓜”“楼兰王”“玉美人”“黄金瓜”“月瓜”品种甜瓜果实中果糖和葡萄糖含量呈先升高后趋于稳定或整体变化不大的趋势。同时,贾斌鑫^[33]和卢克云^[34]研究结果显示:随着生育期的延长,“甘甜蜜宝”“西州蜜1号”“早醉仙”“201”甜瓜品种的果实中有机酸含量呈先升高后降低的趋势;而郑贺云等^[22]、刘秀杰等^[35]、Cheng等^[36]、Tang等^[37]的报道则表明:“西州密25号”、东方甜瓜、“雪里红”和“风味3号”甜瓜品种苹果酸含量呈持续降低趋势,柠檬酸含量呈持续升高趋势。有机酸在水果营养中起着至关重要的作用,其含量取决于酸的合成和降解之间的平衡^[38],中等浓度的有机酸可以增强水果的口感,但过高的有机酸含量往往会降低水果的品质^[39],柠檬酸和苹果酸是甜瓜果实中的主要有机酸^[40]。上述报道表明:糖酸组分及含量的差异使不同类型品种各自呈现独特的风味,而其中品种是影响甜瓜果实糖酸累积变化的重要因素,解析品种间糖酸累积变化差异的形成机制,利于支撑发育后期甜瓜果实糖酸品质的保持与提升。

有报道显示:果实有机酸的代谢是一个复杂的生理过程,其含量取决于酸的合成和降解平衡,随着果实的成熟,物质代谢与呼吸作用逐渐增强,使得有机酸一部分转化为糖类,一部分作为呼吸底物变成 H_2O 与 CO_2 ,还有一部分被 K^{2+} 、 Ca^{2+} 等离子中和而生成有机盐、酯等^[41]。因此可从果实糖酸转化角度来解析品种中糖酸累积变化存在差异的机理机制。

维生素是维持动植物正常生理功能所必需的一类有机化合物,具有种类繁多,性质各异的特点,其生理功能对物质代谢过程起着非常重要的调节作用,如饲草料中维生素长期缺乏或不足时,可引起动物代谢紊乱和出现病理状态,形成维生素缺乏症^[42]。俞尧等^[43]的研究结果显示:3种不同类型的鲜食玉米材料中,随着授粉后天数的增加,维生素 B_2 含量整体均呈下降趋势;而营养酸模中的维生素 B_1 、 B_2 含量在生育期内则呈先升高后降低的趋势^[42]。本文研究结果与俞尧的报道相同。

张明方等^[44]和乔永旭等^[45]的研究结果显示:网纹甜瓜、“伊丽莎白”和“乌引1号”甜瓜果实中蔗糖是累积速度最快的糖分;与之不同,有报道发现在“冰糖雪梨”和“花宝”两个甜瓜品种中未检出蔗糖。本文甜瓜果肉和果皮中蔗糖含量未检出可能与品种有关。

3.2 结论

7月20日至8月1日,甜瓜果皮、果肉中果糖、苹果酸、柠檬酸、丁二酸、烟酰胺、维生素 B_2 含量均呈先升高后降低的趋势,极大值出现时间多在7月26日左右;果肉中维生素 B_2 、果皮中烟酸含量变化也呈先升高后降低的趋势,极大值出现时间有所不同,分别是7月26日和7月28日;果肉中维生素 B_1 和果皮中维生素 B_2 含量呈先降低后升高再降低的趋势,极大值出现在7月24日左右;果皮中维生素 B_1 含量呈先升高后降低再升高的趋势,极大值出现在7月22日;而果肉中烟酸含量整体呈波动降低的趋势,极大值出现在7月20日。综上可以得出:生育后期不同营养成分的累积变化规律存在差异,宜根据目标营养成分种类来选择适宜的干预调控阶段。

参考文献 References:

- [1] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴2022[M].北京:中国统计出版社,2022.
Statistic Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Xinjiang statistical yearbook 2022 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [2] 古娜斯·叶尔肯,魏征,王豪杰,等.新疆地区栽培5种甜瓜营养成分比较分析[J].食品研究与开发,2019,40(6): 115-119.
GUNASI Y, WEI Z, WANG H J, et al. Comparative analysis of nutritional ingredients in five different melon varieties in Xin-

- jiang[J].Food research and development,2019,40(6):115-119.
- [3] 刘文君,齐秀玲,高忠奎,等.厚皮甜瓜营养物质含量差异性和综合营养品质分析[J].北方园艺,2014(17):34-36.
LIU W J, QI X L, GAO Z K, et al. Analysis of differences in nutrient content and comprehensive nutritional quality in thick-skin melon[J].Northern horticulture, 2014(17):34-36.
- [4] 盛云燕,韩雨,王霞.不同甜瓜品种果实品质差异分析[J].安徽农业科学,2013,41(19):8097-8099.
SHENG Y Y, HAN Y, WANG X. Analysis on the difference of fruit quality of muskmelon cultivars[J].Journal of Anhui agricultural sciences, 2013,41(19):8097-8099.
- [5] 陈年来,胡敏,代春艳,等.诱抗处理对甜瓜叶片酚类物质代谢的影响[J].园艺学报,2010,37(17):1759-1766.
CHEN N L, HU M, DAI C Y, et al. The effects of inducing treatments on phenolic metabolism of melon leaves[J].Acta horticulturae Sinica, 2010,37(17):1759-1766.
- [6] GARCIA-MAS J, BENJAK A, SANSEVERINO W, et al. The genome of melon (*Cucumis melo* L.)[J].Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America, 2012,109(29):11872-11877.
- [7] LIAN Q, FU Q, XU Y, et al. QTLs and candidate genes analyses for fruit size under domestication and differentiation in melon (*Cucumis melo* L.) based on high resolution maps[J].BMC plant biology, 2021,21(1):126.
- [8] RICARDO G-G, SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ M, FREITAS-COSTA C, et al. Prebiotic effect, bioactive compounds and antioxidant capacity of melon peel (*Cucumis melo* L.inodorus) flour subjected to in vitro gastrointestinal digestion and human faecal fermentation[J].Food research international, 2022,154(11):111045.
- [9] YING Q O, HARITH S, SHAHRIL M R, et al. Acute effect of melon manis terengganu peel powder on glycemic response, perceived satiety, and food intake: a randomized, placebo-controlled crossover trial in adults at risk of type 2 diabetes[J].BMC nutrition, 2022,8(1):75.
- [10] UMERAH N, ONYEJI G N, OKOLIE U V, et al. Anti-diabetic and lipidemic effect of muskmelon fruits and seeds on streptozocin induced diabetic rat[J].European journal of nutrition & food safety, 2022,14(8):38-46.
- [11] HULME A C, WOOLTORTON S C. The organic acid metabolism of apple fruits: changes in individual acids during growth on the tree[J].Journal of the science of food and agriculture, 1957,8(3):117-122.
- [12] 管西林,吴长春,刘彬,等.设施基质条件下不同茬口樱桃番茄的养分吸收及分配规律研究[J].土壤通报,2018,49(6):1415-1422.
GUAN X L, WU C C, LIU B, et al. Nutrients uptake and distribution in different cropping seasons of cherry tomato in substrate culture[J].Chinese journal of soil science, 2018,49(6):1415-1422.
- [13] LI Q, QIAO X, JIA L, et al. Transcriptome and resequencing analyses provide insight into differences in organic acid accumulation in two pear varieties[J].International journal of molecular sciences, 2021,22(17):9622.
- [14] ANTOINE S, PAILLY O, GIBON Y, et al. Short-and long-term effects of carbohydrate limitation on sugar and organic acid accumulation during mandarin fruit growth[J].Journal of the science of food and agriculture, 2016,96(11)3906-3914.
- [15] 魏国芹,孙玉刚,孙杨,等.甜樱桃果实发育过程中糖酸含量的变化[J].果树学报,2014,31(S1):103-109.
WEI G Q, SUN Y G, SUN Y, et al. Changes of sugar and acid constituents in sweet cherry during fruit development[J].Journal of fruit science, 2014,31(S1):103-109.
- [16] 郭航,张瑞,王智,等.库尔勒香梨果实生育期品质变化规律[J].新疆农业科学,2022,59(2):377-384.
GUO H, ZHANG R, WANG Z, et al. Study on the regularity of the quality change of korlafragrant pear during the growth period[J].Xinjiang agricultural sciences, 2022,59(2):377-384.
- [17] 李响,王玲,聂鑫,等.不同肉色薄皮甜瓜糖积累变化规律[J].北方园艺,2016(20):22-27.
LI X, WANG L, NIE X, et al. Sugar accumulation change in thin skin melons with different flesh colors[J].Northern horticulture, 2016(20):22-27.
- [18] 马慧,白立华,李浩然,等.2种甜度差异型甜瓜果实糖分积累及其相关酶代谢特征研究[J].中国农学通报,2016,32(31):51-56.
MA H, BAI L H, LI H R, et al. Sugar accumulation and enzymes metabolic characteristics of two kinds of muskmelon with different sweetness[J].Chinese agricultural science bulletin, 2016,32(31):51-56.

- [19] 张凯莉,张敏敏,孔维萍,等.甜瓜不同发育阶段糖分积累与生理指标的相关分析[J].北方园艺,2022,509(14):24-30.
ZHANG K L,ZHANG M M,KONG W P,et al.Correlation analysis of sugar accumulation and physiological indexes in different developmental stages of muskmelon[J].Northern horticulture,2022,509(14):24-30.
- [20] 汤谧,别之龙,吴明珠,等.甜瓜果实发育中有机酸和相关代谢酶活性变化[J].中国瓜菜,2019,32(8):233-234.
TANG M,BIE Z L,WU M Z,et al.Changes in organic acids and acid metabolism enzymes in melon fruit during development [J].China cucurbits and vegetables,2019,32(8):233-234.
- [21] 付秋实,张新英,朱慧琴,等.甜瓜果实发育过程中叶片和中果皮中糖及有机酸含量的变化[C]//中国园艺学会:中国园艺学会2012年学术年会论文摘要集,2012.
FU Q S,ZHANG X Y,ZHU H Q,et al.Changes of sugar and organic acid content in leaves and mesocarp during fruit development of melon fruit [C]//Chinese Horticultural Society.Proceedings of the 2012 Annual Conference of the Chinese Horticultural Society.Editorial Office of Acta Horticulturae Sinica,2012:1.
- [22] 郑贺云,耿新丽,姚军,等.甜瓜生长发育过程中品质动态变化规律[J].北方园艺,2020,453(6):38-43.
ZHENG H Y,GENG X L,YAO J,et al.Dynamic variation of quality in the development of melon fruits [J].Northern horticulture,2020,453(6):38-43.
- [23] 刘颖.甜瓜果实发育过程中糖积累及蔗糖代谢相关酶的变化[D].郑州:河南农业大学,2010.
LIU Y.Sugar accumulation and its metabolism-related enzyme during developing fruits of melon [D].Zhengzhou:Henan Agricultural University,2010.
- [24] 陈俊伟,张良诚,张上隆.果实中的糖分积累机理[J].植物生理学通讯,2000(6):497-503.
CHEN J W,ZHANG L C,ZHANG S L.Sugar accumulation mechanism in fruits [J].Plant physiology journal,2000(6):497-503.
- [25] 周思渝.微生物法测定食品中烟酸和烟酰胺[J].现代食品,2020(12):187-188+191.
ZHOU S Y.Determination of niacin and niacinamide in food by microbiological method [J].Modern food,2020(12):187-188.
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.WS/T 476—2015 营养名词术语[Z].2015-12-29.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China.WS/T 476—2015 Nutrition terminology [Z].2015-12-29.
- [27] BURGER Y,SHEN S,PETREIKOY M,et al.The contribution of sucrose to total sugar content in melons [J].Acta horticulturae,2000,510:479-485.
- [28] BURGER Y,SCHAFFER A A.The contribution of sucrose metabolism enzymes to sucrose accumulation in *Cucumis melo* [J].Journal of the American society for horticultural science,2007,132(5):704-712.
- [29] 鲍甜甜,王硕硕,王建全,等.‘羊角蜜’甜瓜不同部位发育及品质差异形成机制研究[J].植物生理学报,2021,57(1):149-158.
BAO T T,WANG S S,WANG J Q,et al.Study on the formation mechanism of development and quality difference in different parts of ‘Yangjiaomi’ melon [J].Plant physiology journal,2021,57(1):149-158.
- [30] 杨永,翟文强,张学军,等.新疆厚皮甜瓜果实可溶性糖积累规律及其差异分析[J].新疆农业科学,2021,58(1):1-8.
YANG Y,ZHAI W Q,ZHANG X J,et al.A comparative analysis of the difference and soluble sugar accumulation rule of Xinjiang Muskmelon Fruit [J].Xinjiang agricultural sciences,2021,58(1):1-8.
- [31] 郭小鸥.薄皮甜瓜果实成熟品质形成与蛋白质组学分析[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
GUO X O.Proteomics and fruit quality formation at different development stages of oriental melon [D].Shenyang:Shenyang Agricultural University,2017.
- [32] Zhang M F,Li Z L.A comparison of sugar-accumulating patterns and relative compositions in developing fruits of two oriental melon varieties as determined by HPLC [J].Food chemistry,2004,90(4):785-790.
- [33] 贾斌鑫.新疆不同品种厚皮甜瓜品质特征比较及其相关基因挖掘[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2022.
JIA B X.Comparison of quality characteristics of different varieties of muskmelons in Xinjiang and excavation of related

- genes[D].Urumqi:Xinjiang Agricultural University,2022.
- [34] 卢克云.甜瓜果实发育中有机酸积累和相关代谢酶活性的关系[D].郑州:河南农业大学,2018.
- LU K Y.The Relationship between organic acid accumulation and related metabolic enzymes in melon fruit development[D].Zhengzhou:Henan Agricultural University,2018.
- [35] 刘秀杰,高越,刘继秀,等.3种甜瓜果实糖分、有机酸和Vc含量对比分析[J].高师理科学刊,2022,42(6):85-88.
- LIU X J,GAO Y,LIU J X,et al.Comparative analysis of sugar,organic acid and Vc contents of three kinds of melon fruits[J].Journal of science of teachers' college and university,2022,42(6):85-88.
- [36] CHENG H,KONG W,TANG T,et al.Identification of key gene networks controlling soluble sugar and organic acid metabolism during oriental melon fruit development by integrated analysis of metabolic and transcriptomic analyses [J].Frontiers in plant science,2022,13:830517.
- [37] TANG M,BIE Z L,WU M Z,et al.Changes in organic acids and acid metabolism enzymes in melon fruit during development [J].Scientia horticulturae,2010,123(3):360-365.
- [38] ZAMPINI M,WANTLING E,PHILLIPS N,et al.Multisensory flavor perception: Assessing the influence of fruit acids and color cues on the perception of fruit-flavored beverages[J].Food quality and preference,2008,19(3):335-343.
- [39] GAO L,ZHAO S,LU X,et al.Comparative transcriptome analysis reveals key genes potentially related to soluble sugar and organic acid accumulation in watermelon[J].Plos one,2018,13(1):e0190096.
- [40] FLORES F B,MARTÍNEZ-MADRID M C,SÁNCHEZ-HIDALGO F J,et al.Differential rind and pulp ripening of transgenic antisense ACC oxidase melon[J].Plant physiology and biochemistry,2001,39(1):37-43.
- [41] 白宝谭,张宪政.植物生物学[M].北京:中国科学技术出版社,1992:219.
- BAI B T,ZHANG X Z.Plant Biology[M].Beijing:China Science & Technology Press,1992:219.
- [42] 白钧,牛锋,赵宗蕃,等.营养酸模维生素含量的动态变化规律研究[J].草业科学,2002(2):40-43.
- BAI J,NIU F,ZHAO Z F,et al.Study on the dynamic variation rule of vitamin content in nutritious dock [J].Pratacultural science,2002(2):40-43.
- [43] 俞尧.鲜食玉米籽粒花青素和维生素B₂种质鉴定及其含量累积动态研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2022.
- YU Y.Identification and accumulation dynamics analysis of anthocyanidins and vitamin B₂ contents in fresh-eating maize ears[D].Urumqi:Xinjiang Agricultural University,2022.
- [44] 张明方,李志凌,陈昆松,等.网纹甜瓜发育果实糖分积累与蔗糖代谢参与酶的关系[J].植物生理与分子生物学学报,2003,29(5):455-462.
- ZHANG M F,LI Z L,CHEN K S,et al.The relationship between sugar accumulation and enzymes related to sucrose metabolism in developing fruits of muskmelon[J].Physiology and molecular biology of plants,2003,29(5):455-462.
- [45] 乔永旭,刘栓桃,赵智中,等.甜瓜果实发育过程中糖积累与蔗糖代谢相关酶的关系[J].果树学报,2004,21(5):447-450.
- QIAO Y X,LIU Q T,ZHAO Z Z,et al.Study on the correlation of sugar accumulation and sucrose-metabolizing enzymes during the developing period of muskmelon (*Cucumis melon*) [J].Journal of fruit science,2004,21(5):447-450.