

张毅,孙健,钮福祥,等.甘薯中糖组分含量与甜度的相关性分析[J].江苏农业科学,2021,49(23):190-194.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.23.033

甘薯中糖组分含量与甜度的相关性分析

张毅^{1,2},孙健¹,钮福祥¹,徐飞¹,朱红¹,岳瑞雪¹,张文婷¹,马晨¹

(1.江苏徐淮地区徐州农业科学研究所/中国农业科学院甘薯研究所,江苏徐州 221131;

2.江苏师范大学生命科学学院,江苏徐州 221116)

摘要:以 50 份甘薯种质资源为研究对象,采用高效液相色谱法测定熟化前后薯块中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量并计算生化甜度,再与食味评价的甜度结果进行相关性分析。结果表明,生鲜薯和熟化薯中均含有 4 种可溶性糖组分,生鲜薯中蔗糖含量最高;而熟化薯块中,麦芽糖含量大幅增加,可溶性总糖含量高低主要由麦芽糖含量决定。熟化薯生化甜度与食味甜度的相关系数最大($r=0.97$),因此选择熟化薯中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量作为自变量,食味甜度作为因变量,进行多元线性逐步回归分析,选择 R^2 最大(0.938)时拟合模型,建立的回归方程较好,因变量对自变量的解释度较高。熟化薯可溶性总糖组分对甜度的贡献大小依次为果糖>麦芽糖>蔗糖>葡萄糖,其中果糖和麦芽糖 2 种组分对甜度的贡献超过 60%,处于主导地位,可以作为反映甘薯甜度的核心指标。

关键词:甘薯;糖组分;甜度;相关性分析;高效液相色谱;熟化薯;可溶性总糖

中图分类号: S531.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)23-0190-05

甘薯生产一直在我国国民经济中占有重要位置,在甘薯作为主粮的年代,“一季甘薯半年粮”为解决人口激增带来的温饱问题作出了重要贡献^[1]。在粮食结构优化进程中,淀粉型甘薯又作为重要的饲料和淀粉工业原料,为农业全面发展提供了巨大的调整空间。随着社会经济的快速发展以及人们生活水平的不断提高,甘薯的作用再次发生转变,鲜食型甘薯作为健康辅食得以迅速发展,其食用品质备受关注。

与淀粉型品种相比,食用型品种淀粉含量较低,可溶性糖含量较高^[2]。甘薯中可溶性总糖包括还原糖(果糖、葡萄糖、麦芽糖)和非还原糖(蔗糖)^[3-4],是甜味的主要来源。甘薯的甜度是消费者对品质的追求,是种植者对品质的核量,也是育种者的育种目标之一。在育种实践和现有文献中,通常以生鲜薯可溶性总糖含量作为甘薯品质分析

和品种评价的主要指标^[5]。但是甘薯不宜生食,熟化后的甘薯块根甜度明显增加,可能与生鲜薯可溶性总糖含量不一致。李良等研究发现,块根蒸煮后的适口性和风味与块根的淀粉含量呈负相关,与还原糖含量呈正相关^[6],而吴列洪等测定了 357 个甘薯育种选种圃群体蒸煮前后的糖组分,发现近 80% 的甜度增量来自蒸熟过程中产生的可溶性总糖^[7]。因此甘薯熟化前后的糖分含量及相关性值得探究。

由于人们对各种糖组分甜度的感觉不同,可溶性总糖含量越高,并不意味着口感越甜,还与单体的组成成分有关。本研究以 50 份甘薯种质资源为研究对象,准确测定它们熟化后果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量并计算生化甜度,再与食味评价的甜度结果进行相关性分析,以期找到适宜作为甘薯甜度评价的主要指标,为后续种质资源利用和高糖化鲜食品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

50 份甘薯种质资源由中国农业科学院甘薯研究所提供,本次试验所有样品在相同的土壤、气候、栽培及管理条件下统一收获,收获后 12 ℃ 贮藏。

1.2 试验设计

试验材料于 2020 年 6 月 22 日栽插,10 月 22 日收获,甘薯贮藏 15 d 后在江苏徐淮地区徐州农业科

收稿日期:2021-06-14

基金项目:国家现代农业产业技术体系(编号:CARS-10-B20);江苏省农业科学院探索性颠覆性创新计划[编号:ZX(21)1228];徐州市科技项目(编号:KC19243);徐州市农业科学院科研基金(编号:XK2020007)。

作者简介:张毅(1987—),男,江苏徐州人,硕士,助理研究员,主要从事甘薯产后加工研究。E-mail:zhangyjsnu@163.com。

通信作者:孙健,硕士,副研究员,主要从事薯类深加工研究。E-mail:sjsg9902@126.com。

学研究所进行测定与评价,选取薯皮光滑,薯块无畸形、无创伤、无开裂、无虫伤、无病害,质量约 300 g 的典型薯块,横向切半,一半测定鲜薯干物率及糖组分含量,另一半测定蒸熟后薯块中糖组分含量并进行食味评价。

1.3 测定指标与方法

鲜薯块根干物率的测定采用笔者所在实验室之前的测定方法^[8];熟化前后甘薯的果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖含量,采用高效液相色谱法^[9]测定,检测设备:Agilent 1260,色谱柱:Repromer H, 9 μm (300 mm \times 4.6 mm),流速:0.5 mL/min,流动相:纯水,检测器 ELSD,温度:80 $^{\circ}\text{C}$,氮气流速 2.5 mL/min,进样量 4.0 μL ;熟化薯块根的食味评价采用笔者所在实验室之前的评价方法^[8];生化甜度(biochemical sweetness, Bcs) = $1.75 \times \text{果糖含量值} + 0.70 \times \text{葡萄糖含量值} + 1.00 \times \text{蔗糖含量值} + 0.35 \times \text{麦芽糖含量值}$ ^[10]。

1.4 统计分析

数据处理采用 SPSS 18.0 软件进行统计分析、相关性分析和回归分析, $P < 0.05$ 表示具有显著性差异, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 参试品种的干物率

试验群体的干物率为 20.55% ~ 40.65%。由图 1 可知,低于干物率($\leq 29.9\%$)品种 15 份,其中 $< 25.0\%$ 的仅有 1 份;中干(30.0% ~ 34.99%)的品种较多,共 21 份;高干($\geq 35.0\%$)品种 14 份,其中 $> 40.0\%$ 的仅有 1 份。本次试验群体的干物率呈正态分布,能包含育种中可能出现的各种干物率类型,同时 50 个参试材料平均干物率为 32.37%,中高干物率品种(系)较多,由于烘烤加工方式会导致失水多,仅适宜干物率较低品种,故本次试验选择蒸煮熟化。

2.2 糖组分及含量

由表 1 可知,参试品种熟化前后均含有果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖 4 种组分。鲜薯中,还原糖和可溶性总糖的平均值分别为 20.73、52.50 mg/g 鲜质量,属于还原糖的果糖、葡萄糖和麦芽糖含量分别为 7.96、8.76、4.01 mg/g 鲜质量,可溶性总糖还包括上述 3 种组分外的蔗糖,含量为 31.77 mg/g 鲜质量,占鲜薯总糖分的 60.51%。熟化薯的还原糖含量为 20.55 ~ 165.92 mg/g 鲜质量,可溶性总糖

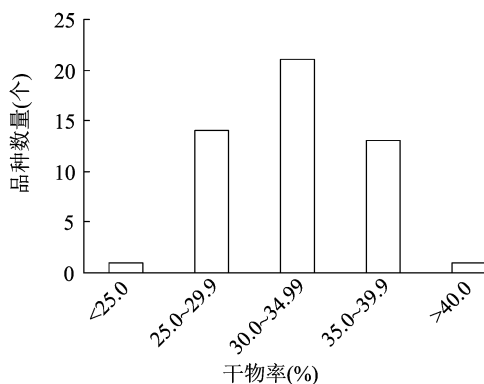


图1 不同甘薯品种(系)的干物率分布

含量为 54.03 ~ 208.81 mg/g 鲜质量,平均值分别为 61.48、97.07 mg/g 鲜质量。其中,麦芽糖含量最高,平均值为 43.33 mg/g 鲜质量,占熟化薯总糖分的 44.64%。蔗糖、葡萄糖和果糖在熟化薯中总糖分占比依次减小,与鲜薯中对应的组分含量相比变化幅度较小。在变异系数上,无论在鲜薯还是熟化薯中,果糖、葡萄糖和麦芽糖 3 种组分的变异系数均较高,品种间变异系数差异较大,蔗糖的变异系数相对较小。

2.3 熟化后糖组分含量的变化

由表 2 可知,在蒸煮后甘薯块根糖组分含量发生了明显变化,熟化薯中可溶性总糖平均含量增加了 44.57 mg/g 鲜质量,50 份材料全部正增长。其中麦芽糖含量变化最大,平均增加了 39.32 mg/g 鲜质量,蔗糖和葡萄糖分别平均增加了 3.82、1.58 mg/g 鲜质量,其中有 4 个品种蔗糖含量蒸煮后变低。果糖含量蒸煮后变化很小,且 94% 的品种果糖含量略有下降。各种糖组分的甜度值不同,蔗糖甜度为 1.00,果糖、葡萄糖和麦芽糖甜度分别为 1.75、0.70 和 0.35。由表 3 可知,鲜薯生化甜度普遍较低,均值为 53.24;熟化后,生化甜度增长到 71.67,其中分数小于 70 的 26 个,大于 80 的 15 个,成 U 形曲线分布;食味甜度的评价均值为 74.85,与生化甜度计算值相似,但分数小于 70 的 12 个,大于 80 的 12 个,品种分布成倒 U 形。

2.4 糖组分含量与甜度的相关性

对薯块的糖组分与甜度进行相关性分析。由表 4 可知,鲜薯中,果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖之间无明显相关性,可溶性总糖与蔗糖含量的相关系数 $r = 0.86$,关系密切。熟化薯中,可溶性总糖与麦芽糖含量关系较大,相关系数为 0.93,因此,熟化薯可溶性总糖含量高低主要由麦芽糖含量决定。而生

表 1 不同甘薯品种(系)生鲜薯和熟化薯的糖组分含量

物料	指标	最小值 (mg/g 鲜质量)	最大值 (mg/g 鲜质量)	极差 (mg/g 鲜质量)	平均值 (mg/g 鲜质量)	标准差 (mg/g 鲜质量)	变异系数 (%)	占比 (%)
生鲜薯	果糖含量	0.32	16.46	16.14	7.96	4.85	60.93	15.16
	葡萄糖含量	0.79	17.67	16.88	8.76	4.31	49.20	16.69
	蔗糖含量	14.56	56.41	41.85	31.77	8.86	27.89	60.51
	麦芽糖含量	1.72	12.21	10.49	4.01	1.96	48.88	7.64
	还原糖含量	7.61	36.54	28.93	20.73	6.80	32.79	39.49
	可溶性总糖含量	27.09	89.65	62.56	52.50	12.89	24.55	100.00
熟化薯	果糖含量	0.27	16.17	15.90	7.81	4.79	61.33	8.05
	葡萄糖含量	0.11	1.08	0.97	10.34	4.89	47.29	10.65
	蔗糖含量	21.16	53.26	32.10	35.59	7.00	19.67	36.66
	麦芽糖含量	6.55	142.23	135.68	43.33	23.98	55.34	44.64
	还原糖含量	20.55	165.92	145.37	61.48	26.09	42.44	63.34
	可溶性总糖含量	54.03	208.81	154.78	97.07	29.32	30.21	100.00

表 2 熟化后糖组分含量的增量

组分	增量最小值 (mg/g 鲜质量)	增量最大值 (mg/g 鲜质量)	增量平均值 (mg/g 鲜质量)	正增长品种数量 (个)	正增长品种数量比例 (%)
果糖含量	-0.59	0.07	-0.15	3	6.00
葡萄糖含量	0.44	2.88	1.58	50	100.00
蔗糖含量	-3.15	17.81	3.82	46	92.00
麦芽糖含量	3.71	130.03	39.32	50	100.00
还原糖含量	4.51	132.87	40.75	50	100.00
可溶性总糖含量	9.54	135.59	44.57	50	100.00

表 3 不同甘薯品种(系)熟薯的食味甜度和生化甜度

指标	最小值	最大值	极差	平均值	标准差	<70 品种数量 (个)	70~80 品种数量 (个)	>80 品种数量 (个)
生鲜薯生化甜度	25.41	86.80	61.39	53.24	14.17	44	3	3
熟化薯生化甜度	38.09	117.85	79.76	71.67	16.85	26	9	15
食味评价甜度	66.00	85.50	19.50	74.85	5.82	12	26	12

鲜薯与熟化薯之间的可溶性总糖含量相关系数 $r=0.67$,呈极显著正相关($P<0.01$)。生鲜薯可溶性总糖含量与熟化前生化甜度的相关系数为 0.96;熟化薯可溶性总糖含量与熟化后生化甜度的相关系数为 0.88,呈极显著正相关($P<0.01$),表明无论是生鲜薯还是熟化薯,可溶性总糖含量都是反映生化甜度的最适宜指标。

2.5 糖组分对甜度的贡献

由表 4 可知,在糖组分与甜度的关系上,熟化薯食味评价甜度与熟化薯生化甜度的相关系数最大($r=0.97$),表明食味评价甜度可以非常准确地反映熟化后品种(系)间差异。参试品种生鲜薯和熟

化薯的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、还原糖和可溶性总糖均与食味评价甜度呈极显著正相关关系($P<0.01$),其线性回归方程、 R^2 和 P 值见表 5。

以熟化薯果糖($X_{\text{熟化薯果糖}}$)、葡萄糖($X_{\text{熟化薯葡萄糖}}$)、蔗糖($X_{\text{熟化薯蔗糖}}$)和麦芽糖($X_{\text{熟化薯麦芽糖}}$)含量为自变量,食味甜度(Y)为因变量,自变量数据经零-均值规范化处理后,进行多元线性逐步回归分析。共线性诊断结果,4 个自变量 VIF 值均小于 1.3,即不存在多重共线性问题,可以进行分析;残差统计表中的 Cook 距离最大值为 0.608,即不存在强影响点,可以进行下一步分析。对多元线性逐步回归分析拟合的 4 个方程进行比较,4 个自变量在模型中的

表 4 甘薯糖分与甜度的相关性分析

指标	相关系数													
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
X_2	-0.08													
X_3	0.20	0.21												
X_4	0.01	0.26	0.22											
X_5	0.66 **	0.65 **	0.33 *	0.46 **										
X_6	0.49 **	0.49 **	0.86 **	0.39 **	0.76 **									
X_7	1.00 **	-0.08	0.20	0.01	0.66 **	0.49 **								
X_8	-0.07	1.00 **	0.21	0.27	0.65 **	0.49 **	-0.07							
X_9	0.22	0.28 *	0.91 **	0.31 *	0.42 **	0.85 **	0.22	0.29 *						
X_{10}	-0.02	0.28 *	0.20	0.98 **	0.44 **	0.37 **	-0.02	0.29 *	0.28 *					
X_{11}	0.15	0.43 **	0.26	0.95 **	0.65 **	0.52 **	0.15	0.44 **	0.36 *	0.97 **				
X_{12}	0.19	0.45 **	0.44 **	0.92 **	0.68 **	0.67 **	0.19	0.46 **	0.55 **	0.93 **	0.97 **			
X_{13}	0.71 **	0.31 *	0.80 **	0.25	0.76 **	0.96 **	0.71 **	0.31 *	0.78 **	0.22	0.39 **	0.53 **		
X_{14}	0.56 **	0.42 **	0.62 **	0.67 **	0.86 **	0.88 **	0.56 **	0.43 **	0.73 **	0.66 **	0.79 **	0.88 **	0.85 **	
X_{15}	0.61 **	0.42 **	0.55 **	0.58 **	0.86 **	0.84 **	0.61 **	0.43 **	0.69 **	0.58 **	0.72 **	0.81 **	0.83 **	0.97 **

注: $X_1 \sim X_{15}$ 分别为生鲜薯果糖、生鲜薯葡萄糖、生鲜薯蔗糖、生鲜薯麦芽糖、生鲜薯还原糖、生鲜薯可溶性总糖、熟化薯果糖、熟化薯葡萄糖、熟化薯蔗糖、熟化薯麦芽糖、熟化薯还原糖、熟化薯可溶性总糖含量,生鲜薯生化甜度,熟化薯生化甜度,熟化薯食味评价甜度。* 表示显著相关,** 表示极显著相关。

常量显著性检验结果小于 0.01,均可纳入拟合方程,随着模型中自变量个数的增加,拟合优度逐渐增大,选择 r^2 最大(0.938)时拟合模型,建立的回归方程较好,因变量对自变量的解释度较高。表 5 结果表明,熟化薯中果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖含量能共同解释食味甜度变异的 93.80%,表明熟化薯果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖含量对食味甜度均具有较强的影响,可溶性总糖组分对甜度的贡献率依次为:果糖(34.97%)>麦芽糖(25.96%)>蔗糖(23.77%)>葡萄糖(15.30%),果糖和麦芽糖 2 种组分对甜度的贡献超过 60%,处于主导地位,可以作为甘薯品种评价体系建立的核心指标。

3 结论与讨论

甘薯块根中具有较高的 α 淀粉酶和 β 淀粉酶,2 种酶分解淀粉从而产生构成甜度的各类糖组分,生鲜薯和熟化薯中的还原糖由果糖、葡萄糖和麦芽糖组成,还原糖再加上蔗糖组成甘薯可溶性总糖。本研究表明,生鲜薯中蔗糖含量最高,平均含量占可溶性总糖的 60.51%,与前人研究结果^[11]一致。其次是葡萄糖和果糖含量,占比分别为 16.69% 和 15.16%,两者均来源于蔗糖在蔗糖合成酶和转化酶催化下的分解^[12],因此含量相似,葡萄糖含量略高于果糖,也与前人得到的结果^[13]一致。

表 5 甘薯糖分与甜度的线性回归方程

线性回归方程	r^2	P 值
$Y_{\text{甜度}} = 0.735X_{\text{生鲜薯果糖}} + 68.99$	0.375	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.569X_{\text{生鲜薯葡萄糖}} + 69.86$	0.177	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.364X_{\text{生鲜薯蔗糖}} + 63.28$	0.307	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 1.718X_{\text{生鲜薯麦芽糖}} + 67.95$	0.336	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.731X_{\text{生鲜薯还原糖}} + 59.69$	0.744	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.379X_{\text{生鲜薯可溶性总糖}} + 54.92$	0.706	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.744X_{\text{熟化薯果糖}} + 69.03$	0.375	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.513X_{\text{熟化薯葡萄糖}} + 69.53$	0.186	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.572X_{\text{熟化薯蔗糖}} + 54.47$	0.474	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.139X_{\text{熟化薯麦芽糖}} + 68.79$	0.332	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.161X_{\text{熟化薯还原糖}} + 64.93$	0.522	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 0.160X_{\text{熟化薯可溶性总糖}} + 59.28$	0.652	<0.01
$Y_{\text{甜度}} = 74.848 + 3.231X_{\text{熟化薯果糖}} + 1.413X_{\text{熟化薯葡萄糖}} + 2.196X_{\text{熟化薯蔗糖}} + 2.398X_{\text{熟化薯麦芽糖}}$	0.938	<0.01

麦芽糖含量仅占 7.64%,所有参试品种均有检出,且最低含量为 1.72 mg/g 鲜质量。

Wei 等研究认为,熟化后的甘薯会产生大量的麦芽糖而大幅度提升甜度,而不同品种的熟化方法也会影响糖化效果^[14]。Lebot 研究发现,243 份甘薯样本微波熟化后的麦芽糖含量增加到约占可溶性总糖的 40%^[15],结果与本次试验相似。本研究表明,熟化薯中麦芽糖含量最高,平均含量占

可溶性总糖的 44.64%,与可溶性总糖的相关系数 $r=0.93$,即麦芽糖含量占熟化薯可溶性总糖的主导地位。Takahata 等研究认为,在高麦芽糖甘薯品系中, β 淀粉酶耐热性差异较大,热稳定性较好的淀粉酶及加热过程中淀粉颗粒的提早糊化对提高麦芽糖含量起到关键的作用^[16]。

生鲜薯的可溶性总糖通常被作为评价甘薯甜度或食用品质的指标,本研究表明,生鲜薯可溶性总糖虽然与甜度有极显著的相关性($P<0.01$),但不是甜度的直接来源,其作用是间接的。熟化薯可溶性总糖与甜度具有极显著的相关性($P<0.01$),是甜度的主要来源,更适合作为食用甘薯甜度的指标。回归分析结果表明,各组分对甜度的贡献率依次为果糖>麦芽糖>蔗糖>葡萄糖,虽与沈升法等的研究结果^[9]在前 2 位排列顺序不同,但果糖和麦芽糖 2 种组分对甜度的贡献超过 60%,处于主导地位,与此结论相似。

综上所述,生鲜薯和熟化薯中均含有果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖 4 种可溶性糖,生鲜薯中蔗糖含量最高,麦芽糖含量较低,蔗糖含量是反映甘薯生鲜薯甜度的重要指标;而熟化后的薯块中,麦芽糖含量大幅增加,占可溶性总糖的 44% 以上,熟化薯可溶性总糖含量高低主要由麦芽糖含量决定。熟化薯生化甜度与食味甜度的相关系数最大,因此当以熟化薯糖组分的指标为准,通过回归分析,建立回归方程, $Y_{\text{甜度}} = 74.848 + 3.231X_{\text{熟化薯果糖}} + 1.413X_{\text{熟化薯葡萄糖}} + 2.196X_{\text{熟化薯蔗糖}} + 2.398X_{\text{熟化薯麦芽糖}}$,其中 $R^2=0.938$,熟化薯可溶性总糖组分对甜度的贡献大小依次为果糖>麦芽糖>蔗糖>葡萄糖,其中果糖和麦芽糖 2 种组分对甜度的贡献超过 60%,处于主导地位,可以作为反映甘薯甜度的核心指标。

参考文献:

[1] 马代夫,李 强,曹清河,等. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):969-973.

- [2] 盖钧镒. 作物育种学各论[M]. 北京:中国农业出版社,1997:133-136.
- [3] Picha D H. HPLC determination of sugars in raw and baked sweet potatoes[J]. Journal of Food Science,1985,50(4):1189-1190.
- [4] Grabowski J A,Truong V D,Daubert C R. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder[J]. LWT - Food Science and Technology,2008,41(2):206-216.
- [5] 史春余,王汝娟,梁太波,等. 食用型甘薯块根碳水化合物代谢特性及与品质的关系[J]. 中国农业科学,2008,41(11):3878-3885.
- [6] 李 良,廖嘉信,赖昭蓉. 甘薯食用品质特性与理化性质间之关系[J]. 中华农学会报,1991,156:83-94.
- [7] 吴列洪,沈升法,李 兵. 甘薯甜度与薯块蒸煮前后糖分的相关性研究[J]. 中国粮油学报,2012,27(9):25-29.
- [8] 张 毅,Muzhingi T,岳瑞雪,等. 东非不同肉色甘薯的营养品质分析与综合评价[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版),2020,38(2):42-47.
- [9] 沈升法,项 超,吴列洪,等. 甘薯块根可溶性糖组分特征及其与食味的关联分析[J]. 中国农业科学,2021,54(1):34-45.
- [10] 张文婷,陆秋艳. 亚热带水果中糖组分的测定及分析[J]. 营养学报,2019,41(3):308-312.
- [11] Chan C F, Chiang C M, Lai Y C, et al. Changes in sugar composition during baking and their effects on sensory attributes of baked sweet potatoes[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014,51(12):4072-4077.
- [12] 占雷雷,朱国鹏,刘永华. 4 种蔗糖分解酶在甘薯块根品质形成中的作用[J]. 热带作物学报,2019,40(9):1723-1728.
- [13] Rees D, van Oirschot Q E A, Aked J. The role of carbohydrates in wound - healing of sweetpotato roots at low humidity [J]. Postharvest Biology and Technology,2008,50(1):79-86.
- [14] Wei S Y, Lu G Q, Cao H P. Effects of cooking methods on starch and sugar composition of sweetpotato storage roots[J]. PLoS One, 2017,12(8):e0182604.
- [15] Lebot V. Rapid quantitative determination of maltose and total sugars in sweet potato [*Ipomoea batatas* L. (Lam.)] varieties using HPTLC[J]. Journal of Food Science and Technology,2017,54(3):718-726.
- [16] Takahata Y, Noda T, Nagata T. Effect of β - amylase stability and starch gelatinization during heating on varietal differences in maltose content in sweetpotatoes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1994,42(11):2564-2569.