

槟榔生长期果实形态、质构及果皮成分动态变化规律研究

康效宁^{1,2}, 王世萍¹, 代佳慧¹, 马金爽¹, 吉建邦^{1,2,*}, 王海灿³

(1. 海南省农业科学院农产品加工设计研究所, 海南 海口 571100; 2. 海南省热带果蔬冷链研究重点实验室, 海南 海口 571100; 3. 湖南和畅食品科技有限公司, 湖南 湘潭 411100)

摘要:以海南槟榔果实为研究对象, 对其生长期的果实形态、质构和果皮成分进行分析。结果表明: 槟榔开花后生长到 117~145 d 为适宜采收期; 花后 117 d 以后, 果实的形态成型; 花后 110~145 d 槟榔果皮中果胶物质快速积聚, 半纤维素和纤维素含量随着果实的生长缓慢增加; 花后 145 d 后槟榔果皮的木质素含量快速增长, 每 7 d 的木质素含量平均增速达 17.6%, 标志着果实开始老化, 此时果实硬度变大, 咀嚼感变差。

关键词: 槟榔; 生长期; 形态; 质构; 果皮成分; 动态规律

Dynamic Changes of Shape, Texture and Pericarp Composition of Areca Fruits during Growing Period

KANG Xiao-ning^{1,2}, WANG Shi-ping¹, DAI Jia-hui¹, MA Jin-shuang¹,
JI Jian-bang^{1,2,*}, WANG Hai-can³

(1. Institute of Processing & Design of Agroproducts, Hainan Academy of Agricultural Science, Haikou 571100, China; 2. Hainan Tropical Fruit and Vegetable Cold Chain Key Laboratory, Haikou 571100, China; 3. Hunan Hechang Food Science and Technology Group Co., Ltd., Xiangtan 411100, China)

Abstract: The shape, texture and peel composition of areca fruits from Hainan province were analyzed during the growing period. Results showed that the suitable harvesting period of areca was 117~145 days after flowering. After 117 days of flowering, the fruits shaped up. Besides, the pectin in peels accumulated rapidly from 110 to 145 days, and hemicellulose and cellulose increased slowly as the fruits grew. After 145 days of flowering, the contents of lignin in pericarp of areca nuts ascended rapidly with the increment speed of 17.6% every 7 days, which indicated that the fruits began to age, and would show larger hardness and worse chewing sensation.

Key words: areca; growing period; shape; texture; pericarp composition; dynamic changes

中图分类号: S792.91

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.01.013

基金项目: 海南省省属科研院所技术开发重点专项 (KYYS-2018-09); 海南省重点研发计划项目 (ZDYF2019190); 中央引导地方科技发展专项资金项目 (ZY2018HN01); 海南省农业科学院农业科技创新专项 (KJCX-2019-03); 海南省农业科学院基本科研业务费专项 (JBKY-2020-04)

作者简介: 康效宁 (1970—), 女, 汉族, 本科, 副研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工。

***通讯作者:** 吉建邦, 硕士, 研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工。

槟榔(*Areca catechu* L.)是棕榈科植物槟榔的种子^[1],别名大腹子、仁频、宾门、橄榄子等,具有较高的营养价值和生理功能。槟榔虽然是四大南药之首,但只有极少部分进入药材市场,绝大部分都用于鲜食和加工^[2]。在消费市场,食用槟榔产品已成为仅次于香烟、酒和咖啡的世界第四大嗜好品^[3]。根据种的来源地划分,海南槟榔栽培品种可分为本地种、台湾种和越南种,海南本地种槟榔群体占海南槟榔栽培面积的95%以上^[4-5]。2004年,世界卫生组织癌症研究中心通过收集全世界咀嚼不同槟榔制品消费人群数据并比较分析认为,咀嚼槟榔制品人群发生口腔癌机率高于非消费人群^[6-7]。医学和食品界主流观点认为,粗糙坚硬的槟榔纤维在咀嚼过程中强烈、过度地刺激口腔黏膜,造成口腔黏膜纤维化,进而引起口腔细胞癌变^[8-12]。为了解决食用槟榔咀嚼过程中果皮木质化引发的干燥坚硬对口腔黏膜带来的破坏作用,人们在食用槟榔加工环节,利用高压、酶处理等方式对槟榔果皮进行软化,但仍未彻底解决槟榔纤维粗硬的问题。本研究试图通过对槟榔生长过程中果实的形态、质构及果皮组成成分研究,探究槟榔果实的最佳采收期,进而为改进食用槟榔加工软化技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

槟榔果实:“海南本地种”槟榔,采自海南管理规范

的槟榔种植园。
重铬酸钾、五水合硫代硫酸钠、醋酸、硝酸、硫酸、氢氧化钙、浓醋酸、NaOH、无水乙醇、乙醚、氯化钡、KI、咪唑,均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

5910 R centrifuge 型 TMS-pro 质构仪,FTC 公司;H/T18 MM 台式高速离心机,湖南赫西仪器装备有限公司;TU-1810 型紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;数显游标卡尺(0~125 mm),上海拓玖实业有限公司;PL203 型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;AT-1 型自动滴定仪,上海禾工科学仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 取样方法

在管理规范的槟榔果园中选择 5 棵生长旺盛的槟榔树作为试验样本树,以槟榔开花时间为基准,将开花后的生长天数作为其生长期,槟榔开花后 18~20 d 坐果,槟榔生长期达到 75~82 d 时其核腔初步形成,

果皮厚度可测定。试验选择槟榔生长期达到 82 d 开始测定,每 7 d 取样 1 次,每次取样 20 个果,取样至生长期 166 d,每棵树测定 13 次,全年共计测定 195 次,连续测定 2 年。

1.2.2 测定项目与方法

1.2.2.1 果实形态

以果蒂完整的槟榔鲜果为样品,用数显游标卡尺直接测量样品的纵径和横径;用电子天平测定样品的质量;将样品沿纵径对半切开,去掉槟榔果核,测量其中部果皮的厚度。平行测定 10 个果,结果取平均值。

1.2.2.2 半纤维素含量

参照国际生物能源中心提供的方法《Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass》^[13]测定。平行测定样品 3 份,结果取平均值。

1.2.2.3 纤维素含量

参照国际生物能源中心提供的方法《Determination of wtructural carbohydrates and lignin in biomass》^[13]测定。平行测定样品 3 份,结果取平均值。

1.2.2.4 木质素含量

参照 Morrison^[14]的方法进行测定。平行测定样品 3 份,结果取平均值。

1.2.2.5 果胶含量

采用咪唑-硫酸比色法测定。平行测定样品 3 份,结果取平均值。

1.2.2.6 质构特性

选择果蒂完整的槟榔鲜果,确定其纵向和横向的中心位置,将其平放于质构仪 75 mm TPA 圆盘探头下的中心位置进行测定。TPA 试验参数设置如下:选用 1 000 N 的力量杆元,测前速率 1 mm/s,测试速率 1 mm/s,测后速率 1 mm/s;形变量:30%;停顿时间:5 s。每次 10 个样品,记录样品的硬度和咀嚼性的相关数据,平行测定样品 3 份,结果取平均值。

1.2.3 数据处理

测定结果以平均值±标准误差表示。采用 Microsoft Excel 2007 和 Origin 85 软件进行数据的统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同生长期槟榔果实的形态变化分析

由图 1A 可知,槟榔果实在生长期 82~117 d 其质量迅速增长,平均每 7 d 增速 29.78% ($P<0.05$);生长期 117~166 d 的果实质量增速相对平缓,平均每 7 d 增速只有 2.78%,说明生长期 117 d 之前是槟榔果实质量增长的主要阶段。

由图 1B 可见, 槟榔果皮厚度变化可分为三个阶段, 即: 第一阶段为高速增长期, 即生长期 82~89 d, 其果皮厚度平均增速达 14.17%; 第二阶段的槟榔果皮厚度增速减缓, 即生长期 89~131 d, 其平均增速降为 3.17%; 第三阶段的槟榔果皮厚度变化极小, 在生长期 131~166 d, 其增速仅为 0.43%。由此可以得出, 槟榔果实生长期 131 d 基本达到成熟时的果皮厚度。

由图 1C 可见, 生长期 82~117 d 是槟榔果实纵径的快速增长阶段, 平均每 7 d 增速为 9.22%, 117~166 d 为缓慢增长, 平均每 7 d 增速只有 1.99%, 可见槟榔

果实在生长期 117 d 之前纵径增长较快, 117 d 之后果实纵径变化可以忽略不计。

由图 1D 果实横径指标变化情况来看, 其变化可分为三个阶段, 即: 第一阶段(生长期 82~117 d)为果实横径快速增长阶段, 该阶段果实横径迅速增大, 平均每 7 d 增速为 7.67%; 第二阶段(生长期 117~145 d)为缓慢增长期, 该阶段果实形状基本形成, 主要是营养物质的增长与富集, 果实横径平均每 7 d 增速只有 2.47%; 而到了第三阶段(生长期 145~166 d)果实横径又开始增长, 其平均每 7 d 增速为 3.09%, 这与槟榔果实生长后期果实粗圆情况相符。

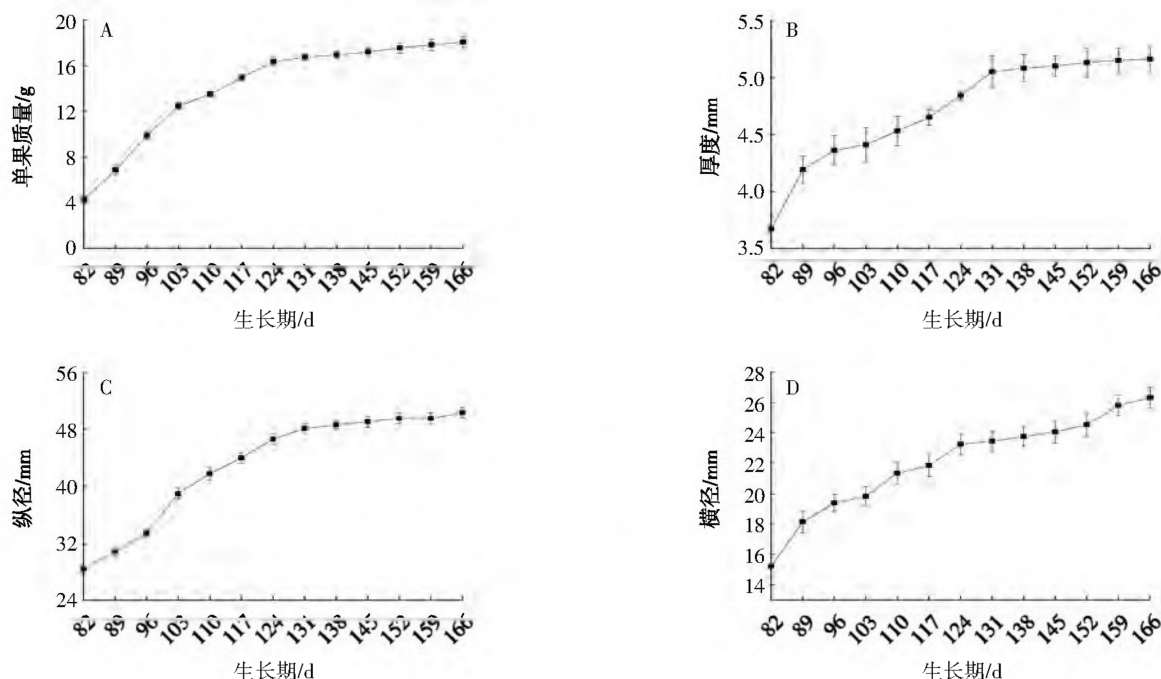


图 1 生长期槟榔果实的形态变化

Fig.1 Shape changes of areca fruits during growing period

由图 2 可以看出, 生长期 117~145 d 时, 槟榔果实的纵横径比最大, 说明这个阶段果实比较瘦长, 达到了槟榔鲜果的最佳外形, 且此阶段其纵横比值变化

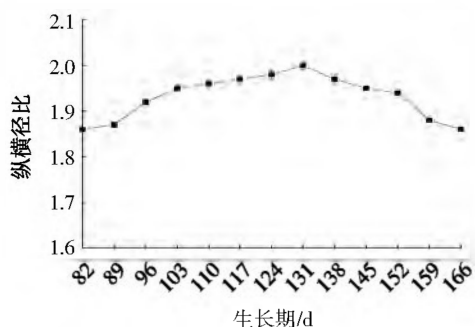


图 2 生长期槟榔果实纵横径比变化

Fig.2 Changes of aspect ratio of areca fruits during growing period

不大, 这与横径变化的第二阶段和纵径的变化情况相符。生长期 145~166 d 时, 果实的纵径变化不大, 而纵横比值减小, 说明果实横径增大导致果实逐渐变成胖圆形状, 这与槟榔种子成熟的生物特性相符。

槟榔果实的形态分析结果表明, 生长期 117~145 d 的槟榔果实其质量、纵径、横径增速均较小, 果皮厚度变化不大。因此, 生长期 117~145 d 的槟榔果实形态基本成型, 可以根据加工需求适时采收。

2.2 不同生长期槟榔果实的质构变化分析

食用槟榔是一种咀嚼类休闲食品, 为了进一步验证槟榔果实生长过程外在与内在物质变化的关联性, 本研究对不同生长期槟榔果实的硬度和咀嚼性进行了分析测定。图 3 为槟榔生长过程果实的硬度、咀嚼性变化曲线。

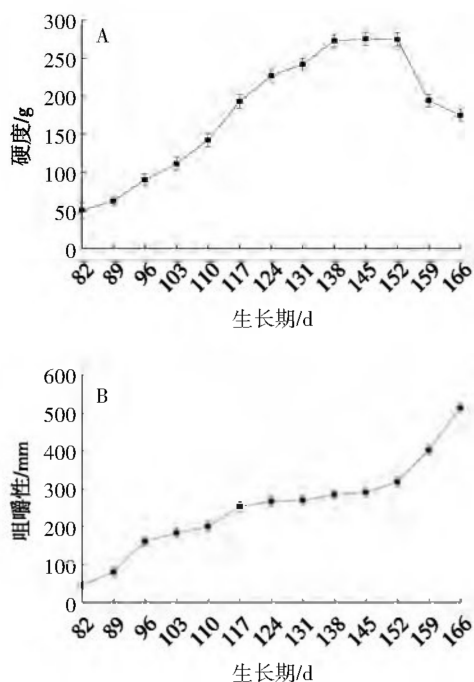


图3 生长期槟榔果实质构变化

Fig.3 Textures changes of areca fruits during growing period

硬度与样品质地有直接关系,是评价样品质地的重要指标之一^[15]。由图 3A 可见,不同生长期槟榔的硬度变化有所不同。生长期 82~152 d 时,槟榔果实的硬度持续增大,原因是随着槟榔果实的生长,半纤维素、纤维素、木质素和果胶物质不断合成。不同阶段果实硬度的增速不同,生长期 82~117 d 的果实硬度快速增大,每 7 d 的硬度平均增速为 31.19%,说明此阶段槟榔果实半纤维素、纤维素、木质素和果胶物质合成速度较快;生长期 117~152 d 的槟榔果实硬度增速较之前有所降低,每 7 d 的硬度平均增速仅为 7.51%,此阶段果胶等物质达到相对平衡阶段;生长期 152~166 d 的果实硬度开始下降,可能是果胶物质随着槟榔果实成熟的进展发生水解,果实老化、果皮组织疏松导致硬度下降。

咀嚼性是食用果实时所需要的能量^[16],反映了果实对咀嚼的持续抵抗力^[17]。咀嚼性越大,说明供试样品越坚硬,对于槟榔果实来说是果皮木质化增加的结果。由图 3B 中槟榔不同生长期咀嚼性变化来看,咀嚼性随着槟榔的生长呈不断增大的趋势,但不同时期增速不同。从曲线的走势来看可分为三个阶段,即:第一阶段为生长期 82~117 d,属于快速增长期,此阶段槟榔果实的咀嚼性快速增大,每 7 d 的咀嚼性平均增速达到 45.27%;第二阶段为生长期 117~145 d,属于平缓增长期,此阶段槟榔果实的咀嚼性增幅不大,每 7 d 的咀嚼性平均增速只有 3.63%;第三阶段为生长期 145~166 d,属于急剧增长期,此阶段槟榔果实的咀嚼性显著升高,每 7 d 的咀嚼性平均增速达到了 21.06%。结合果实木质素变化规律,此阶段是槟榔成熟后期,果实木质素合成增加,表现为咀嚼性急剧增大。因此,食用槟榔加工企业一般都不喜欢采购后期槟榔果实,因为此阶段果实原料品质差,溶渣率低。

期 145~166 d,属于急剧增长期,此阶段槟榔果实的咀嚼性显著升高,每 7 d 的咀嚼性平均增速达到了 21.06%。结合果实木质素变化规律,此阶段是槟榔成熟后期,果实木质素合成增加,表现为咀嚼性急剧增大。因此,食用槟榔加工企业一般都不喜欢采购后期槟榔果实,因为此阶段果实原料品质差,溶渣率低。

2.3 不同生长期槟榔的果皮组成成分分析

果胶质在细胞壁水合、粘连、细胞生长过程中以及细胞壁的延展性和弹性方面起着重要作用^[18],具有凝胶、粘韧的作用。在食用槟榔产品中果胶的存在使产品有一定的弹性和韧性,使消费者咀嚼槟榔时有一种柔和、有嚼劲的质感,所以槟榔加工产品应尽可能地保留其果胶成分^[19]。

由图 4 可以看出,槟榔果皮中的果胶含量随着果实的生长先升后降。生长期 82~117 d 时果胶物质含量快速增长,从 2.9%增至 49.16%,平均每 7 d 增速为 93.56%;生长期 117~145 d 时果胶含量达到峰值阶段,平均值为 45.15%;生长期 145~166 d 时,随着槟榔的生长,果胶物质含量逐渐下降。半纤维素、纤维素含量在槟榔的生长过程中呈缓慢增长趋势,但木质素在生长期 103~166 d 内增速加快,尤其在生长期 145~166 d 内高速增长,每 7 d 的木质素平均增速达到 17.6%。这说明果实生长后期,木质化生成速度加快,果胶物质不断分解,果实发生老化,不利于食用槟榔产品加工。

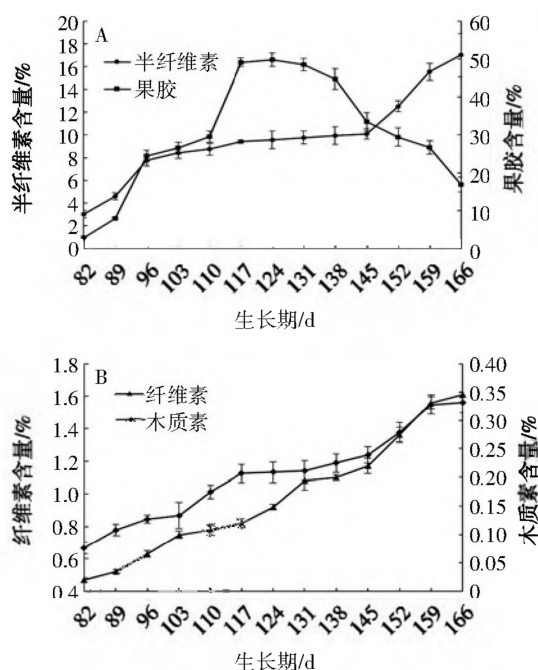


图4 生长期槟榔果皮主要组成成分变化

Fig.4 Changes of main components in areca peels during growing period

3 结论

食用槟榔产品是由槟榔果皮加工而成,而果皮主要由半纤维素、纤维素、木质素和果胶等组成,通过对槟榔生长过程中果实的形态、果皮组成成分和质构变化研究发现:生长期 117~145 d 的槟榔果实,其形态基本成型,果皮中果胶物质含量达到峰值阶段,可根据加工需要适时采收;半纤维素和纤维素随着槟榔果实的生长呈缓慢升高趋势;生长期 145~166 d 阶段,槟榔果皮的木质素含量快速增长,每 7 d 的木质素平均增速达 17.6%,该阶段果胶物质快速分解,果实老化,咀嚼感变差。在槟榔的生产实践中,采收太早,产量低,果农不愿意采收;采收太晚,果皮木质化影响加工产品的品质。因此,本研究结果可以指导企业结合槟榔的经济产量适时采收,此外该研究结果还为食用槟榔加工过程软化技术提供理论指导。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第 13 卷:第一分册)[M]. 北京:科学出版社,1991:133.
- [2] 康效宁,李梁,吉建邦. 三点弯曲法测定槟榔干果纤维层弹性模量研究[J]. 食品与机械,2018,34(10): 212-216.DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2018.10.042.
- [3] 朱莉,张海德. 槟榔加工的现状及展望[J]. 农产品加工(综合刊),2011(8):68-69,73.DOI: 10.3969/j.issn.1671-9646-C.2011.08.050.
- [4] 黄丽云,刘立云,李艳,等. 海南主栽槟榔品种鲜果性状评价[J]. 热带作物学报,2014,35(2):313-316.DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2014.02.017.
- [5] 黄丽云. 槟榔栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2016: 5-6.
- [6] CHIANG C H, WU C C, LEE L Y, et al. Proteomics analysis reveals involvement of Krt17 in areca nut-induced oral carcinogenesis[J]. Journal of Proteome Research, 2016, 15(9): 2981-2997. DOI: 10.1021/acs.jproteome.6b00138.
- [7] 康效宁, 吉建邦, 李梁. 槟榔烘制工艺中不安全因子分析[J]. 食品与机械, 2015,31(1):68-70.DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2015.01.015.
- [8] YAMADA T, HARA K, KADOWAKI T. Chewing betel quid and the risk of metabolic disease, cardiovascular disease, and all-cause mortality: A meta-analysis[J]. PLoS One, 2013, 8(8): e70679. DOI: 10.1371/journal.pone.0070679.
- [9] LI Y C, CHENG A J, LEE L Y, et al. Multifaceted mechanisms of areca nuts in oral carcinogenesis: The molecular pathology from precancerous condition to malignant transformation[J]. Journal of Cancer, 2019, 10(17): 4054-4062. DOI: 10.7150/jca.29765.
- [10] SARODE S C, MAHULI A, SARODE G S, et al. Why only areca nut chewing cannot cause oral submucous fibrosis? [J]. Medical Hypotheses, 2013, 81(1): 47-49. DOI: 10.1016/j.mehy.2013.02.025.
- [11] ARAKERI G, BRENNAN P A. Dietary copper: A novel predisposing factor for oral submucous fibrosis? [J]. Medical Hypotheses, 2013, 80(3): 241-243. DOI: 10.1016/j.mehy.2012.11.038.
- [12] 张玉锋,宋菲,唐敏敏,等. 槟榔采后生理与贮藏保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2020,20(2):239-242. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2020.02.040.
- [13] SLUTTER A D, HAMES B, RUIZ R, et al. Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass: NREL/TP-510-42618[R]. Golden: U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2008.
- [14] MORRISON I M. A semi-micro method for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops[J]. Journal of the Science and Agriculture, 1972, 23(4): 455-463. DOI: 10.1002/jsfa.2740230405.
- [15] 张正茂,周颖. 5 种豆类淀粉凝胶特性的比较研究[J]. 中国粮油学报,2019,34(3):38-44.DOI: 10.3969/j.issn.1003-0174.2019.03.008.
- [16] 翟立公,胡旭红,王战伟,等. 模糊数学感官评价法优化紫薯黑麦饼干加工工艺[J]. 现代食品,2019(13):65-71.DOI: 10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2019.13.022.
- [17] 赵清霞,郑环宇,丁阳月,等. 湿豆渣面包仪器质构与感官质构相关性分析[J]. 食品工业科技,2016,37(6):94-99.DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.06.010.
- [18] 陈伟,李加兴. 黄秋葵果胶提取及溶胶特性研究[J]. 食品与机械,2017,33(4):150-153. DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2017.04.029.
- [19] 夏冰,吉建邦,王春生,等. 槟榔果实采后呼吸机制研究[J]. 食品与机械,2010,24(3):54-56. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5788.2010.03.015.

收稿日期:2020-08-24