

文章编号: 1674-7054(2022)03-0264-07



槟榔烘干工艺对农艺性状的影响及良果筛选

丁浩¹, 安启源¹, 崔闯¹, 万迎朗^{1,2}

(1. 海南大学热带作物学院, 海口 570228; 2. 海南华创槟榔研究院, 海口 570228)

摘要: 为了探究槟榔(*Areca catechu* L.)鲜果农艺性状对烘干工艺初加工后的槟榔青果品质的影响, 选取海南地区 2 518 份槟榔鲜果样品, 测定了果长、果宽、长宽比、果实质量、最宽占比、果皮厚度和生物碱等 7 项农艺指标, 并以果实质量为参考依据对槟榔鲜果样品进行初步筛选, 再对初步筛选得到的 1 871 份鲜果样品以长宽比和最宽占比为参考依据进行综合分组。结果表明: 综合分组中, A1B1 组的青果良果率最高(56.67%), A2B2 组青果良果率最低(18.64%)。综合分组 A1B1 是以追求良果率为目的进行槟榔鲜果筛选时的最佳选择, 依据初加工后青果良果率的大小对综合分组进行评级并且制定 3 级评级标准, 在食用槟榔加工生产过程中, 可根据生产时的需求和目的选择适宜的评级标准来进行鲜果筛选。

关键词: 槟榔果; 烘干工艺; 农艺性状; 综合分组; 评级

中图分类号: S 792.91; TS 201.1 **文献标志码:** A

引用格式: 丁浩, 安启源, 崔闯, 等. 槟榔烘干工艺对农艺性状的影响及良果筛选 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(3): 264-270. DOI: [10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.03.009](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.03.009)

棕榈科植物在热带经济作物中占据着十分重要的地位^[1]。槟榔(*Areca catechu* L.)是棕榈科槟榔属多年生常绿乔木, 原产地为马来西亚, 主要分布于南亚和东南亚等地区^[2-3]。中国是世界第 2 大槟榔生产国, 栽培历史已有 1 500 多年, 主要种植于海南、云南、广东、广西及台湾等地区, 其中, 以海南省栽培较多, 是海南省政府重点发展的特色经济作物^[4]。槟榔是一种具有较高药用价值的中药, 位居我国“四大南药”之首^[5-6]。同时槟榔也是深受消费者喜爱的咀嚼食品, 在中国、南亚和东非等国家和地区, 每天有超过 4 亿人以不同的食用方式咀嚼槟榔。中国湖南省加工为主的食用槟榔咀嚼块, 由加工后去核后的槟榔纤维层和卤水组成^[7-8]。湖南特色的食用槟榔消费年产值已经超 200 亿元^[9-10]。在食用槟榔产业蓬勃发展的同时, 越来越多的人加入到食用槟榔消费者的行列中。海南槟榔产量高, 但深加工技术落后, 槟榔鲜果经干制初加工成青果后, 大量运往湖南进行深加工,

经炮制、切片、点卤、干燥等工序, 制作成不同花色的食用槟榔咀嚼品进入市场^[7-8, 11]。干制是槟榔重要的贮藏与加工方式, 能有效抑制微生物生长、延长贮藏期以及缩小槟榔体积^[7]。目前食用槟榔加工工艺上主要采用传统土炉烘干工艺、蒸汽烘干工艺和热泵烘干工艺 3 种槟榔干制技术^[12]。热泵烘干工艺因其污染小、生产受限制小等优势展现了良好的市场前景, 是目前海南广泛推广使用的槟榔干燥加工工艺^[7, 13-15]。热泵干燥技术在广泛推广、使用中也不断得到优化^[12], 张容鹤等^[16]采用热泵干燥工艺, 通过单因素法及多因素正交试验, 优化了热泵干燥槟榔中试水平上的工艺参数。吴耀森等^[17]采用常温高湿缓苏-高温低湿干燥的多阶段热泵干燥方式, 优化了干燥时间, 使生产效率得到提高。

槟榔干制是一个传热传质同时进行并且形态持续变化的复杂过程, 其规律受到鲜果品质及干燥介质的影响。提高加工后食用槟榔的品质, 除

收稿日期: 2021-08-22

修回日期: 2022-02-13

基金项目: 海南省重点研发计划项目(20200921204916)

第一作者: 丁浩(1996-), 男, 海南大学热带作物学院 2020 级硕士研究生. E-mail: 444234075@qq.com

通信作者: 万迎朗(1976-), 男, 教授. 研究方向: 作物遗传育种. E-mail: 910914589@qq.com

了控制优化槟榔加工工艺,对槟榔鲜果进行筛选也尤其重要。袁源等^[18]采用色差、气质、液相以及紫外等手段研究干燥方法对槟榔外观形态以及活性成分的影响,为槟榔的进一步开发利用提供了依据。目前,槟榔干制过程中果形指数和硬度等表观物理指标以及生物碱等生物活性成分变化的相关研究相对较少,一定程度上影响槟榔干制技术水平的提升和食用槟榔品质的提高。槟榔市场上对于槟榔鲜果的选取尚没有科学严谨的筛选标准,大多单纯依据槟榔鲜果的质量甚至是感官判断来进行筛选,这种粗犷的筛选方式在当前槟榔种植和青果生产中造成了大量低效生产和资源浪费。消费者对加工后的食用槟榔的质地和安全问题也日益重视,提高食用槟榔产品的产量和品质以满足消费者的需求对槟榔产业的发展具有非常大的现实意义^[7,19-20]。

本实验通过比较综合分组的青果良果率并分析影响青果良果率的因素,揭示槟榔鲜果的农艺性状与槟榔青果品质之间的关系,建立一套基于此关系之上的较为科学完善的优质槟榔鲜果筛选的标准,旨在为食用槟榔加工生产过程中的良果筛选以及推广应用提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料 槟榔材料来自海南地区万宁市、屯昌县和东方市布点的3个槟榔种植园,待槟榔鲜果成熟后进行槟榔鲜果样品的采摘工作并收获2 518份成熟的槟榔鲜果样品。

1.2 农艺性状测量 槟榔鲜果样品经热泵烘干初加工后,分别测定其加工前后的果长,果宽,长宽比,果实质量,最宽占比以及果皮厚度^[21]。使用游标卡尺进行长度的测量,使用ME403E型电子天平进行称量。对选取的槟榔鲜果样品使用Agilent 1260高效液相色谱仪分别测定其加工前后的生物碱含量。测定的生物碱主要包括槟榔碱、去甲槟榔碱、葫芦巴碱、槟榔次碱和去甲槟榔次碱。

果长:测量果实最长处即果基部到果顶的长度(mm)。**果宽:**测量果实最宽处的直径(mm)。**果皮厚度:**测量果实果皮的厚度(mm)。**长宽比:**果长和果宽的比值。**果实质量及含水量测定:**用天平称量单个鲜果和烘干后青果的质量,并计算含水

量。最宽占比:果实底部到最宽处的长度与果长的比值。

1.3 综合分组及评级 对选取的2 518份成熟的槟榔鲜果样品以果实质量为参考依据进行初步的筛选,再对初步筛选得到的1 871份鲜果样品以长宽比分布和最宽占比分布为参考依据进行综合分组。比较这些综合分组加工后青果的良果率并分析影响良果率的因素,对这些分组进行评级。

良果率:符合海南省槟榔青果分级标准中的优质青果的鲜果样品个数占全部鲜果样品个数的百分比。

1.4 数据处理与分析 使用Microsoft Excel 2019对2 518份槟榔鲜果样品烘干工艺初加工前后的产量性状和品质性状等原始数据进行统计整理,并制作直方图进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 槟榔鲜果产量性状分布 如图1所示,2 518份成熟的槟榔鲜果样品的果长分布范围为41.61~63.61 mm,果长的平均值为51.82 mm,分布范围在49.61~51.61 mm的组的频数最大,数值为479(图1-B);鲜果材料果宽分布范围主要在22.50~39.00 mm之间,果宽的平均值为31.31 mm,分布范围在30.00~31.50 mm的组的频数最大,数值为632(图1-C);鲜果材料长宽比分布范围为1.08~2.28,长宽比的平均值为1.66,分布范围在1.56~1.64的组的频数最大,数值为453(图1-D);槟榔鲜果材料最宽占比分布范围主要在0.35~0.63之间,最宽占比的平均值为0.50,分布范围在0.50~0.53的组的频数最大,数值为505(图1-E);槟榔鲜果质量分布范围主要在10.00~40.00 g之间,质量分布的平均值为25.16 g,分布范围在22.00~23.50 g的组的频数最大,数值为372(图1-F)。

2.2 槟榔鲜果筛选分组 目前,槟榔市场上主要是根据质量因素对收购的槟榔鲜果进行筛选,一般是1 kg包含34~50个鲜果,即单果质量在20~30 g之间。单果质量过小或过大都会影响初加工后的青果品质。但是槟榔加工后的青果良果率不仅仅由质量因素决定,长宽比和最宽占比也是影响槟榔加工品质的重要因素。因此,笔者对2 518份鲜果材料进行了进一步的筛选,选取了1 871份单果质量在20~30 g之间的槟榔鲜果样

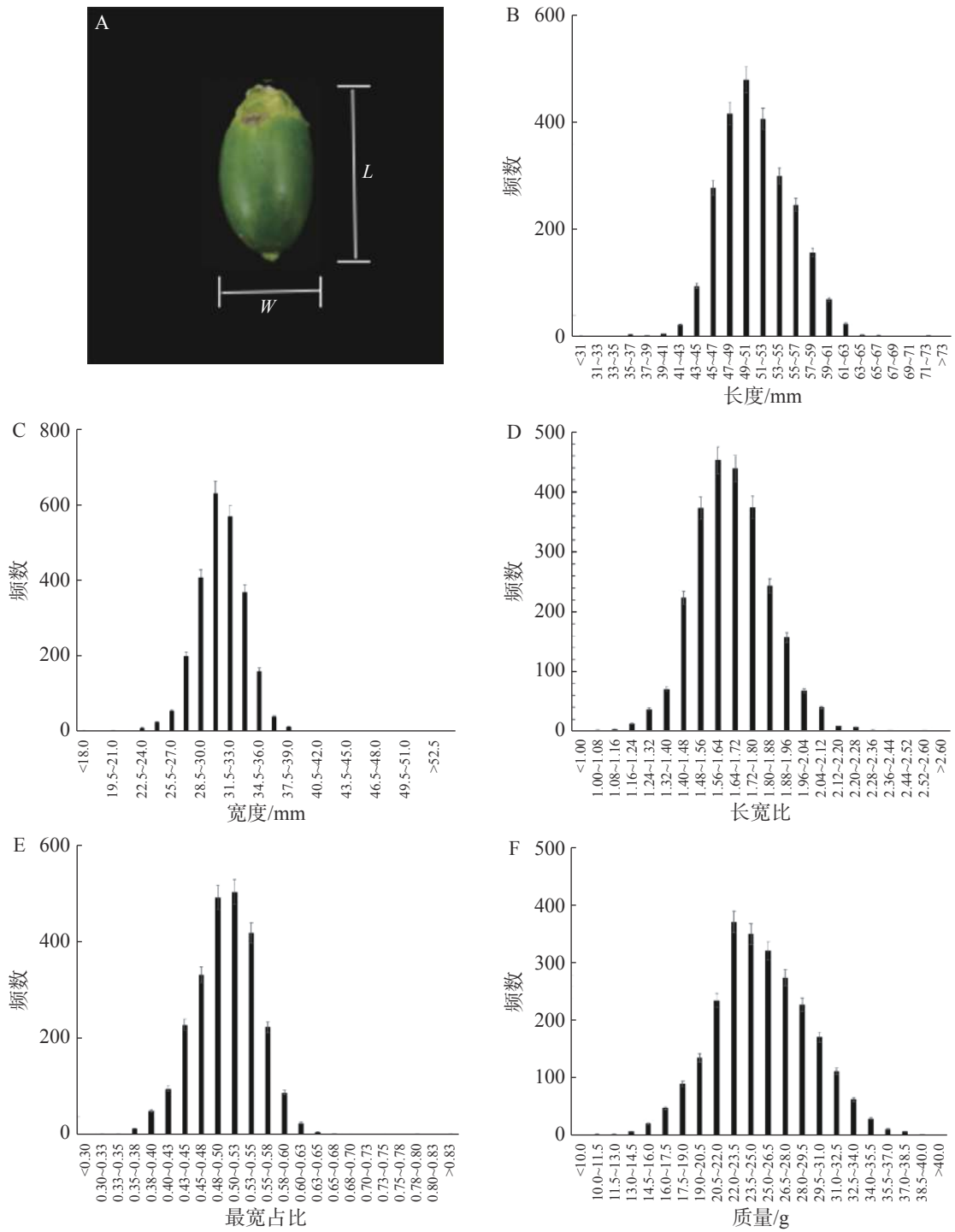


图1 槟榔鲜果及其产量性状分布图

A: 槟榔鲜果; B: 长度分布; C: 宽度分布; D: 长宽比分布; E: 最宽占比分布; F: 质量分布。

本。并且对这些样本依据长宽比分布和最宽占比分布进行分组。将 1 871 份鲜果材料依据长宽比分布和最宽占比分布范围平均分成 3 组对其进行筛选分组, 并且根据长宽比分布和最宽占比分布进行综合分组。

2.2.1 长宽比分布分组 如表 1 所示, 长宽比分

表 1 长宽比分组

长宽比分组	个数/个	分布范围
A1	526	1.03 ~ 1.56
A2	1316	1.56 ~ 2.08
A3	29	2.08 ~ 2.60

布分组中 A1 组长宽比分布范围为 1.03 ~ 1.56, A2 组长宽比分布范围为 1.56 ~ 2.08, A3 组长宽比分布范围为 2.08 ~ 2.60。长宽比分布分组中 A2 组的槟榔鲜果个数最多, 为 1 316 个, A3 组的槟榔个数最少, 为 29 个。

2.2.2 最宽占比分组 如表 2 所示, 最宽占比分布分组中 B1 组最宽占比分布范围为 0.32 ~ 0.49, 最宽占比 B2 组分布范围为 0.49 ~ 0.66, B3 组最宽占比分布范围为 0.66 ~ 0.83。最宽占比分布分组中 B2 组的槟榔鲜果个数最多, 为 1 107 个, B3 组的槟榔个数最少, 为 11 个。

表 2 最宽占比分组

最宽占比分组	个数/个	分布范围
B1	753	0.32 ~ 0.49
B2	1107	0.49 ~ 0.66
B3	11	0.66 ~ 0.83

2.2.3 综合分组 如表 3 所示, 综合分组 A2B2 组的槟榔鲜果个数最多, 为 841 个, 长宽比分布范围为 1.56 ~ 2.08, 最宽占比分布范围为 0.49 ~ 0.66; A2B3 组的槟榔鲜果个数最少, 为 2 个, 长宽比分布范围为 1.56 ~ 2.08, 最宽占比分布范围为 0.66 ~ 0.83。A1B3、A2B3、A3B1 和 A3B2 组鲜果样本个数过少, 结果不具有代表性。故在之后的实验中只选取了综合分组的 A1B1、A1B2、A2B1 和 A2B2 组进行下一步的实验。

表 3 综合分组

综合分组	个数/个	长宽比分布范围	最宽占比分布范围
A1B1	270	1.03 ~ 1.56	0.32 ~ 0.49
A1B2	247	1.03 ~ 1.56	0.49 ~ 0.66
A1B3	9	1.03 ~ 1.56	0.66 ~ 0.83
A2B1	473	1.56 ~ 2.08	0.32 ~ 0.49
A2B2	841	1.56 ~ 2.08	0.49 ~ 0.66
A2B3	2	1.56 ~ 2.08	0.66 ~ 0.83
A3B1	10	2.08 ~ 2.60	0.32 ~ 0.49
A3B2	19	2.08 ~ 2.60	0.49 ~ 0.66

2.3 槟榔鲜果综合分组农艺性状比较

2.3.1 综合分组产量性状加工前后的比较

可以看出, 与槟榔鲜果样品加工前相比, 加工后综合分组总体上果长变长, A1B2 组变化率最大, 增长率为 4.10%, A2B2 组变化率最小, 增长率为 0.31%(图 2-A); 与加工前相比, 加工后综合分组总体上果宽变短, A2B2 组变化率最大, 降低了 39.34%, A2B1 组变化率最小, 降低了 38.81%(图 2-B); 与鲜果加工前相比, 加工后综合分组总体上长宽比变大, A1B2 组变化率最大, 增长率为 71.74%, A2B1 组变化率最小, 增长率为 64.62%(图 2C); 与加工前相比, 加工后综合分组总体上最宽占比变小, A1B2 组变化率最大, 降低了 12.76%, A2B1 组变化率最小, 降低了 1.48%(图 2-D); 与鲜果加工前相比, 加工后综合分组总体上果皮厚度变小, A2B1 组变化率最大, 降低了 50.99%, A2B2 组变化率最小, 降低了 38.97%(图 2-E); 与鲜果加工前相比, 加工后综合分组总体上平均重量变小, 损失的重量均为烘干过程中的水分损失。A2B1 组水分损失率最大, 为 74.20%, A1B2 组水分损失率最小, 为 61.17%(图 2-F)。

2.3.2 综合分组生物碱含量的比较 由图 3 可以看出, 槟榔鲜果样品各综合分组的生物碱中, 槟榔碱的含量最高, 葫芦巴碱的含量最低。各分组中的生物碱含量没有明显差异。

2.4 槟榔鲜果筛选及评级

2.4.1 综合分组各因素对良果率的影响 由图 4 可以看出, 进行综合分组的 1 871 份鲜果材料中, 长宽比分组 A1 组鲜果初加工后的青果良果率为 50.43%, A2 组鲜果加工后的青果良果率为 18.83%, A3 组鲜果加工后的良果率为 7.14%(图 4-A); 鲜果样品最宽占比分组 B1 组鲜果加工后的青果良果率为 35.95%, B2 组鲜果加工后的良果率为 20.95%, B3 组鲜果加工后的良果率为 0(图 4-B);

2.4.2 综合分组评级 由图 5 可以看出, 槟榔鲜果样品综合分组的 4 个分组中, 综合分组 A1B1 的青果良果率最高, 为 56.67%; A1B2 组青果良果率其次, 为 50.00%; A2B1 组的青果良果率为 33.46%, A2B2 组青果良果率最低, 为 18.64%。

如表 4 所示, 依据综合分组的青果良果率的大小进行优质鲜果筛选的评级, 1 级: 综合分组 A1B1 组 (56.67%) 和 A1B2 组 (50.00%), 2 级: 综合分组 A2B1 组 (33.46%), 3 级: 综合分组 A2B2 组 (18.64%)。

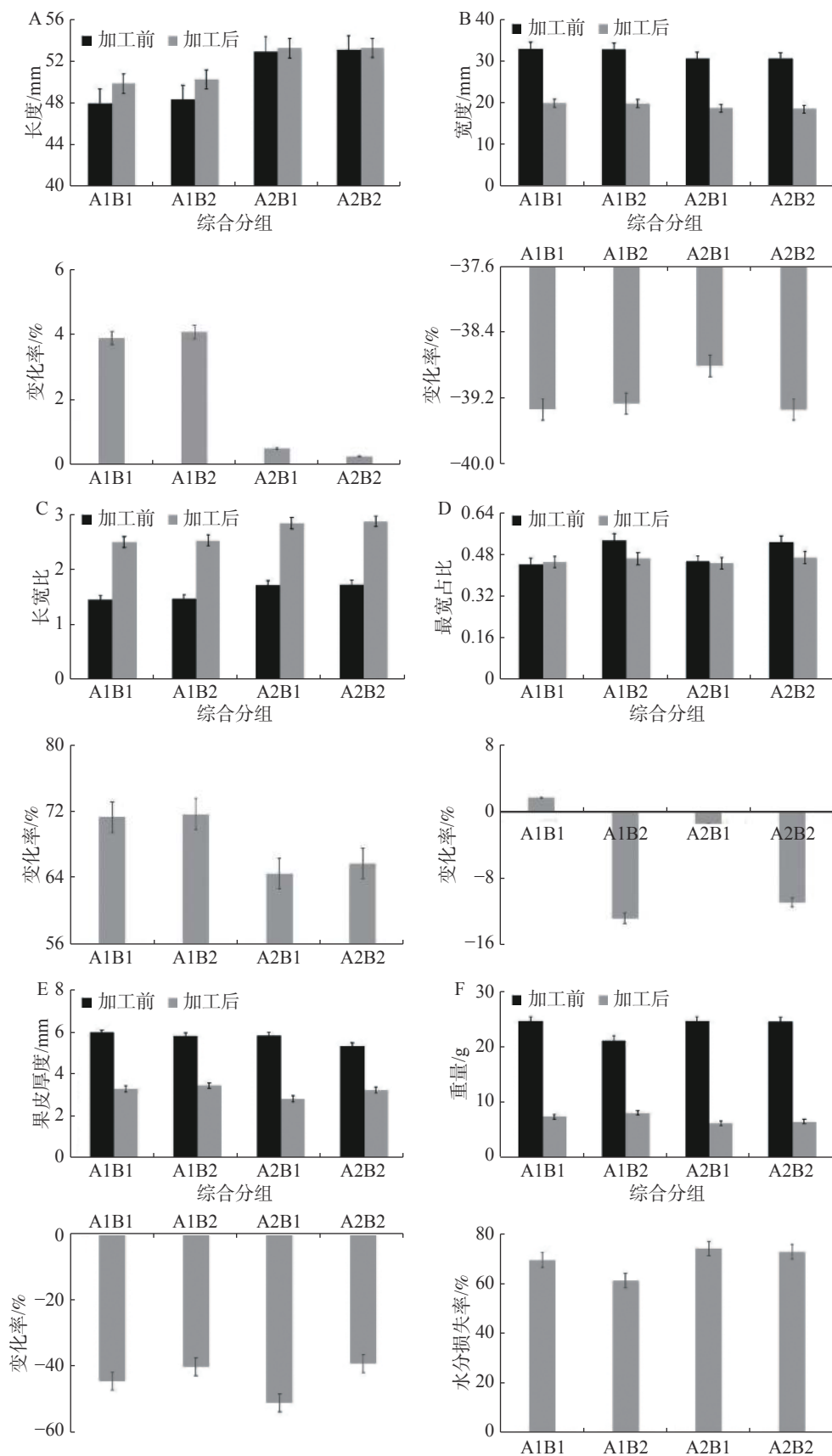


图2 加工对槟榔综合分组产量性状的影响

A: 加工对果长的影响; B: 加工对果宽的影响; C: 加工对长宽比的影响; D: 加工对最宽占比的影响; E: 加工对果皮厚度的影响; F: 加工对质量的影响。

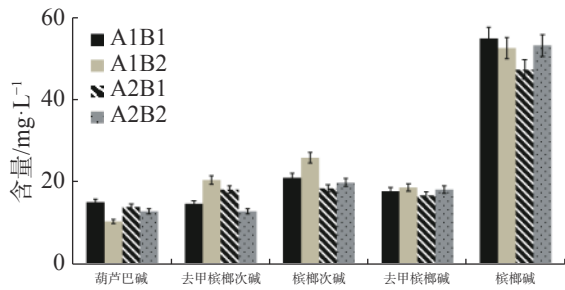


图3 综合分组中槟榔生物碱含量

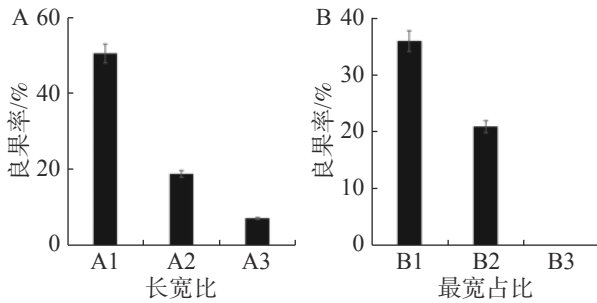


图4 不同因素对槟榔青果良果率的影响
A: 长宽比分组; B: 最宽占比分组。

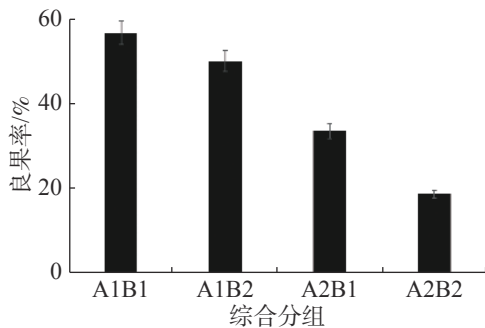


图5 综合分组槟榔青果良果率

表4 综合分组评级

级别	综合分组	长宽比分布	最宽占比分布	良果率/%
1级	A1B1	1.03 ~ 1.56	0.32 ~ 0.49	56.67
	A1B2	1.03 ~ 1.56	0.49 ~ 0.66	50.00
2级	A2B1	1.56 ~ 2.08	0.32 ~ 0.49	33.46
3级	A2B2	1.56 ~ 2.08	0.49 ~ 0.66	18.64

3 讨论

槟榔干制使槟榔诸多农艺性状发生了变化,与槟榔鲜果初加工前相比,加工后的青果总体上果长变长,果宽变短,最宽占比变小,长宽比变大,平均重量变小,果皮厚度变小。本研究发现,干制过程中槟榔鲜果农艺性状影响烘干工艺初加工后的青果品质,在槟榔鲜果的诸多农艺性状中,长宽比和最宽占比是影响槟榔干制后的青果形状品质的重要因素。由于在干制过程中槟榔果水分流失

发生形变,长宽比和最宽占比过大或过小都会影响槟榔果实结构甚至导致槟榔皮纤维结构坍塌破裂。长宽比分布范围为 1.03~1.56,最宽占比分布范围为 0.32~0.49 的槟榔鲜果干制加工后良果率最高,是进行鲜果筛选的最佳选择。实验结果初步表明了槟榔鲜果的农艺性状与槟榔青果品质之间的关系,证实了槟榔干制加工后的品质受到鲜果长宽比和最宽占比的影响,为食用槟榔加工市场上良果的选择提供筛选的依据,优化了对槟榔加工产业槟榔鲜果筛选标准。下一步还需要进一步了解烘干工艺对生物碱等活性物质的影响,从而解析槟榔中活性物质对于干制后槟榔青果品质的影响。

随着科学技术和社会经济的发展,国内各科研单位在产业升级的大背景下越来越注重槟榔烘干工艺初加工过程中的优化。早先人们通过对烘干工艺中干燥时间、干燥温度等生产条件的优化提高了食用槟榔干制过程中的加工效率^[16,17],近些年来有关烘干工艺初过程中果形以及生物碱等生物活性成分变化的相关研究逐渐增多,促进了槟榔干制技术水平的提升和食用槟榔品质的提高^[11,18]。随着槟榔干制加工技术理论的完善、槟榔干制设备的升级改造、新装备的研发和消费者需求的提升,未来槟榔加工产业日渐趋向于生产机械化、规模化。在大规模机械化的生产背景下,科学完善的鲜果筛选标准将有助于推动整个食用槟榔加工产业的发展。

参考文献:

- [1] HENDERSON F M. Morphology and anatomy of palm seedlings [J]. *The Botanical Review*, 2006, 72(4): 273-329.
- [2] 崔闯, 吴娇, 刘东峻, 等. 缺氮对槟榔幼苗叶片光合特性的影响[J]. *热带生物学报*, 2020, 11(4): 446-454.
- [3] WANG Z B, WANG X, PEI W X, et al. Chemical transitions of *Areca* semen during the thermal processing revealed by temperature-resolved ATR-FTIR spectroscopy and two dimensional correlation analysis [J]. *Journal of Molecular Structure*, 2018, 1155: 1-6.
- [4] 谢龙莲, 张慧坚, 方佳, 等. 我国槟榔加工研究进展[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(4): 96-98.
- [5] 卢琨, 李国胜. 中国槟榔产业现状及其发展对策分析[J]. *热带农业工程*, 2010, 34(3): 34-37.
- [6] KHANA S, MEHMOOD M H, ALI A N A, et al. Studies on anti-inflammatory and analgesic activities of betel nut

- in rodents [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 135: 654 – 661.
- [7] 代文婷, 吉建邦, 康效宁, 等. 槟榔干制技术研究进展[J]. *食品工业*, 2021, 42(3): 258 – 262.
- [8] VERMA S. *Areca* nut (betel nut) chewing: A popular Indian cultural practice and its mucosal implications [J]. *International Journal of Dermatology*, 2011, 50(2): 229 – 232.
- [9] 黄群, 高晓婷, 简小鹏. 槟榔保鲜及深加工工艺研究进展[J]. *食品工业*, 2021, 42(2): 251 – 254.
- [10] 王丹, 庞玉新, 胡璇, 等. 海南省槟榔种植业发展现状及其动力分析[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(15): 207 – 209.
- [11] 宋菲, 陈开健, 唐敏敏, 等. 槟榔多酚提取物对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制动力学研究[J]. *热带作物学报*, 2021, 42(5): 263 – 269.
- [12] 张容鹤, 窦志浩. 海南槟榔初加工状况调研分析[J]. *农业开发与装备*, 2014(12): 41 – 42.
- [13] MOHAPATRA D, RAO P S. A thin layer drying model of parboiled wheat [J]. *Journal of Food Engineering*, 2005, 66(4): 513 – 518.
- [14] REN F, PERUSSILLO C A, ZHANG Z, et al. Impact of ultrasound and blanching on functional properties of hot-air dried and freeze dried onions [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2018, 87: 102 – 111.
- [15] GOGOI D, BORDOLOI N, GOSWAMI R, et al. Effect of torrefaction on yield and quality of pyrolytic products of arecanut husk: An agro-processing wastes [J]. *Biore-source Technology*, 2017, 242: 36 – 44.
- [16] 张容鹤, 高元能, 冯建成, 等. 热泵干燥槟榔中试工艺参数优化[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(9): 241 – 247.
- [17] 吴耀森, 刘清化, 龙成树, 等. 卤水槟榔批量干燥加工工艺研究[J]. *食品科技*, 2017, 42(1): 120 – 125.
- [18] 袁源, 刘洋洋, 龚霄, 等. 干燥方式对槟榔理化特性和抗氧化能力的影响[J]. *热带作物学报*, 2021, 42(8): 2369 – 2376.
- [19] 陈耕, 刘忠义. 食用青果槟榔加工工艺研究[J]. *食品科技*, 2009, 34(8): 80 – 83.
- [20] 赵志友, 肖东, 巢雨舟, 等. 食用槟榔热风干燥特性及动力学模型[J]. *现代食品科技*, 2017, 33(11): 148 – 155.
- [21] 韩娅楠, 常晓轲, 程志芳, 等. 辣椒产量相关性状配合力及其遗传效应分析[J]. *河南农业科学*, 2021, 50(7): 136 – 144.

Effect of drying technology on agronomic traits of green betel nut fruits and screening of high quality green betel nut fruits

DING Hao¹, AN Qiyuan¹, CUI Chuang¹, WAN Yinglang^{1,2}

(1. College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou, Hainan 570228;

2. Hainan Huachuang Betel Nut Research Institute, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: The agronomic traits of the green fruits of betel nut (*Areca catechu* L.) have an important effect on the quality of green fruits of betel nut after drying, which could be conducive to screening of high-quality green fruits of betel nut. In Hainan 2 518 green betel nut fruit samples were selected and their seven agronomic trait indexes were measured, including fruit length, fruit width, length-width ratio, fruit weight, the widest length-full length ratio, peel thickness and alkaloids. Of which 1 871 green betel nut fruit samples were preliminarily screened based on fruit weight, and then grouped based on length-width ratio and the widest length-full length ratio. The results showed that the good green betel nut fruit rate was the highest in the comprehensive group A1B1 (56.67%) and the lowest in the comprehensive group A2B2 (18.64%). The comprehensive group A1B1 was the best choice when green betel nut fruits were screened with the purpose of the good green fruit rate of betel nut. The green fruits of betel nut in the comprehensive groups were evaluated according to the good green betel nut fruit rate after primary processing, and a standard for three-level grading of green fruits of betel nut was developed, with which green betel nut fruits can be graded for processing according to the needs of production.

Keywords: betel nut; drying technology; agronomic traits; comprehensive grouping; grade

(责任编辑: 谭正洪 责任编辑: 潘学峰)