

一种全自动腰果脱壳机的脱壳试验研究

Experimental study on shelling of a kind of self-designed and manufactured cashew nut sheller

刘义军 陈 民 周延德 张 帆 朱德明 黄茂芳

LIU Yi-jun CHEN Min ZHOU Yan-de ZHANG Fan ZHU De-ming HUANG Mao-fang

(中国热带农业科学院农产品加工研究所加工装备研究室, 广东 湛江 524001)

(Department of Processing Equipment, Agricultural Product Processing Research Institute of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524001, China)

摘要: 为了进一步提高腰果脱壳机的脱壳效果, 分别研究了推果速度、切刀装置中弹簧压缩距离及进果时腰果的状态等因素对脱壳过程中整仁率、滑果率及躺果率的影响。结果表明: 推果速度对腰果脱壳机的脱壳效果(整仁率、滑果率及躺果率)影响极显著($P < 0.01$); 弹簧压缩距离对腰果脱壳过程中整仁率的影响极显著($P < 0.01$), 对滑果率及躺果率影响不显著($P > 0.05$); 进料时腰果的状态对脱壳过程中整仁率和滑果率影响极显著($P < 0.01$), 对躺果率影响不显著($P > 0.05$); 当刀口距离 9.1 mm, 推果速度 19.8 r/min, 弹簧压缩距离 16.70 mm, 采用方式 a1 进果时, 整仁率为 69.76%。

关键词: 腰果; 脱壳; 弹簧; 速度

Abstract: In order to improve the shelling effect of cashew husk machine, the factors including speed of shifting fruit, spring's squeeze removing of the cutter device, the whole kernel rate, the sliding rate and the shedding rate during the shelling process were investigated. The results showed that shifting speed had a significant effect to shelling efficiency (including whole kernel, slide and shedding rates) ($P < 0.01$), and the spring's squeeze removing affected the whole kernel rate significantly ($P < 0.01$). However, no effect on sliding and shedding rates ($P > 0.05$) were found. The fruit position while it was feeding has a effect to whole kernel rate and sliding rate ($P < 0.01$), and it had no effect to shedding rate ($P > 0.05$). When the a1 mode was used to feed the cashew, with the blade spacing 9.1 mm and shifting speed 19.8 r/min, the spring's squeeze removing was 16.7 mm, and the whole kernel rate was improved by 15%, reached to 69.76%.

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(编号: 201303077)

作者简介: 刘义军, 男, 中国热带农业科学院助理研究员, 硕士。

通信作者: 黄茂芳(1956—), 中国热带农业科学院研究员, 硕士生导师, 学士。E-mail: huangmaofang666@163.com

收稿日期: 2017-03-27

Keywords: cashew nut; shell; spring; speed

腰果(*Anacardium occidentale* L.)漆树科腰果属常绿乔木, 是中国热带重要干果和油料树种, 其果仁是世界著名的四大果仁(核桃、扁桃和榛子)之一, 深受世界人民喜爱。20 世纪, 国内外研究者及企业家就开始研究腰果加工相关机械^[1]、腰果加工下游产品^[2-4]。到目前为止设备仍然没有取得突破性进展。近年来不断涌现了一批相关设备, 手动脱壳设备^[5-6]、半自动脱壳设备^[7]、自动化脱壳设备^[8-9]等等, 然而脱壳率和生产效率并不理想。手动脱壳脱壳率高, 但是效率低, 自动化脱壳效率高但是脱壳率低。课题组前期对腰果的筛选、分级^[10-11]、蒸煮^[12-13]、去石、脱壳^[7, 9]、脱衣^[14-15]等加工工艺及相关设备进行了系统性的研究, 生产试验表明: 自动化腰果脱壳不仅与设备的传送部件、运转速度等因素有关, 还与果的状态、切割部件等因素有较大的关系。针对目前全自动腰果脱壳机的脱壳效率、脱壳率低等特点, 本研究拟对全自动腰果脱壳机工作过程中果的状态及动刀的性能开展试验研究, 以期进一步提高腰果脱壳机的脱壳率, 提高生产效益。

1 自动脱壳机结构及脱壳原理

腰果脱壳机由传动单元 1、进料单元 2、推果单元 3、切果单元 4 四部分组成, 首先腰果 5 放到进料单元 2 中, 腰果落入滚筒 2-2 内的果洞中, 进入小漏斗 2-3, 落到导轨上 3-1, 在推果板 3-2 及拨杆 3-3 的作用下, 腰果进入下刀 4-1 及上刀 4-2 的间隙中, 将果壳切开, 然后在扇形刀片的作用下将果仁和果壳剥离, 见图 1。

2 材料与方法

2.1 材料

腰果: 果仁率为 34%, 果仁含水率为 2.71%, 产地西非

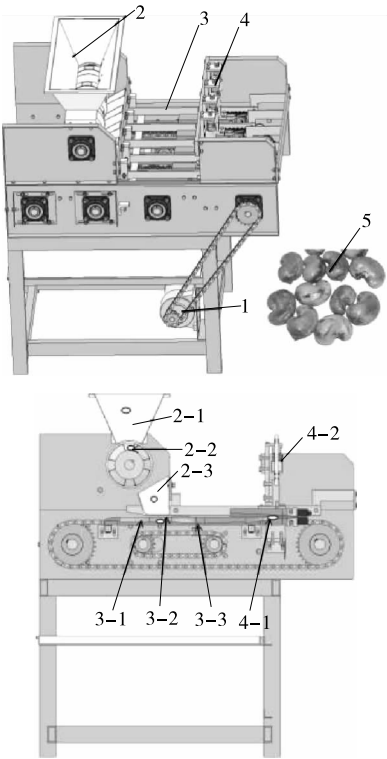


图 1 全自动腰果脱壳机

Figure 1 Organization chart of a automatic sheller for cashew nut

(科特迪瓦)；

高压蒸煮锅：LDZX-50FB 型，上海申安医疗器械厂；

全自动腰果破壳机：自制；

智能型数字转速表：DT2234A 型，深圳市欣宝瑞仪器有限公司。

2.2 试验方法

2.2.1 试验材料的预处理 选取西非进口腰果，按照孔径分别为 18.00,20.00,22.00,24.00 mm 进行尺寸分级，分别命名为 D 级、C 级、B 级、A 级，未被分级的命名为 E 级，然后进行去石去铁处理。将 B 级腰果于 115 ℃ 蒸煮 20 min，冷却^[11]。

2.2.2 试验方案设置 以整仁率、躺果率、滑果率为考核指标，设置 3 组试验方案。

(1) 推果速度对动刀切果装置脱壳的影响：设置推果速度分别为 13.1,16.4,19.8,23.1,26.4,29.7,33.1 r/min，刀头距离 9.1 mm，弹簧压缩距离 14.1 mm，考察推果速度对腰果脱壳效果的影响。

(2) 弹簧压缩距离对动刀切果装置脱壳的影响：压缩距离分别为 3.38,8.50,13.20,16.70,20.20,22.40,25.50,28.60 mm，刀头距离 9.1 mm，推果速度 19.8 r/min，考察弹簧压缩距离对腰果脱壳效果的影响。

(3) 进果状态对动刀切果装置脱壳的影响：设置腰果状态分别为 a1(趴着头部进)，a2(趴着尾部进)，b1(立着头部

进)，b2(立着尾部进)，刀头距离 9.1 mm，推果速度 19.8 r/min，弹簧压缩距离 16.70 mm，考察进果状态对腰果脱壳效果的影响。

2.2.3 状态的描述 切割过程中，在推果板的推力作用、上刀头弹簧压缩力的作用、轨道平面的腰果仁油的作用下，腰果的进果状态会发生改变，因此本试验主要考虑不同因素对腰果脱壳中的滑果率、躺果率及整仁率的影响。

2.2.4 整仁率、躺果率、滑果率的定义及计算方式 对每个样品进行计数 N_0 ，经过自动腰果破壳机破壳后得到完整的果仁数为 N_1 ，果经过导轨到达切刀位置时，躺果的个数为 N_2 ，果在切刀位置切割时，果与刀头发生相对滑动，导致未被切割的滑动果个数为 N_3 ，则整仁率、躺果率、滑果率的计算公式见式(1)~(3)。

$$R_1 = \frac{N_1}{N_0} \times 100\% , \tag{1}$$

$$R_2 = \frac{N_2}{N_0} \times 100\% , \tag{2}$$

$$R_3 = \frac{N_3}{N_0} \times 100\% , \tag{3}$$

式中：

R_1 ——整仁率，%；

R_2 ——躺果率，%；

R_3 ——滑果率，%。

3 结果与分析

3.1 推果速度对腰果脱壳机脱壳效果的影响

由图 2 可知：在 13.1~23.1 r/min 时，随着推果速度的增加，整仁率也有所提高。在 23.1.0~29.7 r/min 时，随着推果速度的继续增加，整仁率逐渐降低，在整个推果速度范围内整仁率变化极显著($P=0.00,<0.01$)。随着推果速度的增加，躺果率不断增加，滑果率有一定程度的降低，但是二者之和(不正常果率)变化不显著($P=0.31,>0.05$)。不正常果与整仁率的关联性不明显($r=-0.14$)。结果表明：果在推果板的推动下，受力面积宽仅 8 mm 宽，长 3 cm 左右，由于果从进料斗落入推果板的状态是随机的，推动果有 2 个作用：① 推动果的前进；② 在果运动过程中对果的状态进行校正，提高切果的整仁率。果整煮处理后表面较为光滑，推动速度

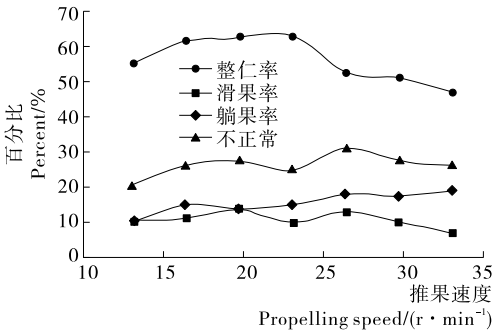


图 2 推果速度对腰果脱壳机脱壳效果的影响

Figure 2 The influence of nut propelling speed on the shelling effect

较低时,果在前进过程中,状态较为平稳,对果的校正力较弱,整仁率较低;随着推动速度的提高,推动力对果校正作用越来越强,使得整仁率有所提高。推动速度过快,果与推果板碰撞打滑,推动的部位发生改变,校正力较弱,同时落果时为立果状态的果,在过快推动力的作用下,状态会发生改变,导致躺果率和滑果率增加。因此推果速度对腰果脱壳的影响非常显著,整仁率的显著性概率 $P=0.00(<0.01)$,躺果率的显著性概率 $P=0.02(<0.05)$,滑果率的显著性概率 $P=0.001(<0.01)$ 。因此实际生产过程中推果速度需控制在合理的范围内。

3.2 弹簧压缩距离对腰果脱壳机脱壳效果的影响

由图 3 可知:在 3.38~16.70 mm 时,随着弹簧压缩距离的增加,整仁率也有所提高。在 16.70~28.6 mm 时,随着弹簧压缩距离的继续增加,整仁率逐渐降低,在弹簧压缩过程中整仁率变化极显著($P=0.00,<0.01$),躺果率变化不显著($P=0.09,>0.05$),滑果率变化不显著($P=0.19,>0.05$),二者之和(不正常果率)变化也不显著($P=0.46,>0.05$)。压缩距离与滑果率、躺果率及不正常果的线性关系不显著,关联系数分别为-0.72,-0.74,-0.78(<0.95)。结果表明:保持切果刀头间隙距离不变的情况下,弹簧压缩距离能显著改变腰果脱壳过程中的整仁率和躺果率。但是从图 3 还得知,当弹簧的压缩距离>25.5 mm 时,滑果率和躺果率急剧上升,由于增大弹簧压缩距离时,推果板推动腰果无法将上刀头的弹簧部分顶起,果的状态发生较大的改变,腰果被强制性地挤出来,出现很多滑果和躺果。因此在腰果脱壳装置中起到了非常重要的作用,对脱壳机脱壳的影响极显著($P=0.00,<0.01$)。

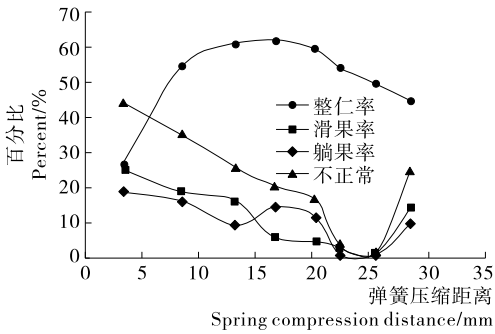


图 3 弹簧压缩距离对腰果脱壳机脱壳的影响

Figure 3 The influence of spring compression distance on the shelling effect

3.3 进果状态对腰果脱壳机脱壳效果的影响

由图 4 可知,躺果率: $b1>b2>a1>a2$;滑果率: $b1>b2>a2>a1$;整仁率: $a1>a2>b2>b1$ 。结果表明:进果状态对腰果脱壳过程中躺果率的影响不显著($P=0.16,>0.05$),对滑果率的影响极显著($P=0.000\ 04,<0.01$),对整仁率的影响极显著($P=0.00,<0.01$)。当果尾部先进入切割单元时,由于轨道比较光滑,在较弱弹簧力的作用下,切刀还未对果进行切割,就已滑出;在较强弹簧力的作用下,上刀和下刀的作业空间非常小,当果推进切刀装置时,在水平的推动力

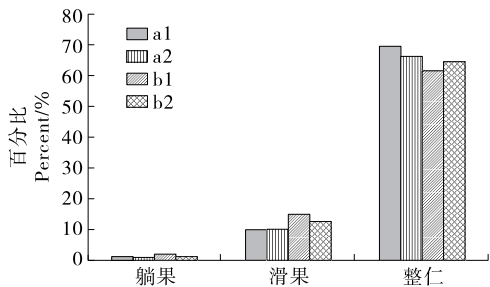


图 4 进果状态对腰果脱壳机脱壳的影响

Figure 4 The influence of entry mode of nut on the shelling effect

及垂直方向的压缩力作用下瞬间滑出。实际生产中,以整仁率最大,躺果率、滑果率最低为原则,因此最佳的进果状态为 a1。

4 结论

研究结果表明:推果速度、弹簧压缩距离、进果状态对腰果脱壳的影响均极显著;在刀头距离 9.1 mm,推果速度 19.8 r/min,弹簧压缩距离 16.70 mm,采用趴着头部进果时,腰果整仁率为 69.76%。以往的研究侧重于不同因素对腰果进果状态及切割前的状态对其脱壳率的影响,本研究新增了腰果脱壳时切刀装置(弹簧压缩距离)等对腰果脱壳的影响,表明腰果脱壳不仅与切果时的状态有关,也与切果时切割装置相关。由于腰果形状特别,本研究并未找到一个非常合适的方法来保证腰果按照所期望的状态进入切割装置,因此后期研究工作需要设计更加优良的传送装置,以切实提高腰果脱壳机脱壳的整仁率。

参考文献

[1] JAIN R K, KUMAR S. Development of a cashew nut sheller[J]. Journal of Food Engineering, 1997, 32(3): 339-345.
[2] SPAGNOLI A A, GIANNAAKOUDAKIS D A, BASHKOVA S. Adsorption of methylene blue on cashew nut shell based carbons activated with zinc chloride: The role of surface and structural parameters[J]. Journal of Molecular Liquids, 2017, 229: 465-471.
[3] VEDHARAJ S, VALLINAYAGAM R, YANG W M, et al. Synthesis and utilization of catalytically cracked cashew nut shell liquid in a diesel engine[J]. Experimental Thermal and Fluid Science, 2016, 70: 316-324.
[4] VELMURUGAN P, PARK J h, LEE S M, et al. Reduction of silver (I) using defatted cashew nut shell starch and its structural comparison with commercial product [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 133: 39-45.
[5] 朱斌, 阮向朋. 腰果人工剥壳机: 中国, CN203538304U[P]. 2014-04-16.
[6] 朱斌, 阮向朋. 腰果半自动剥壳机: 中国, CN203538307U[P]. 2014-04-16.
[7] 毛家辉. 新型带壳腰果开壳机: 中国, CN105661563A[P]. 2016-06-15.

(下转第 103 页)

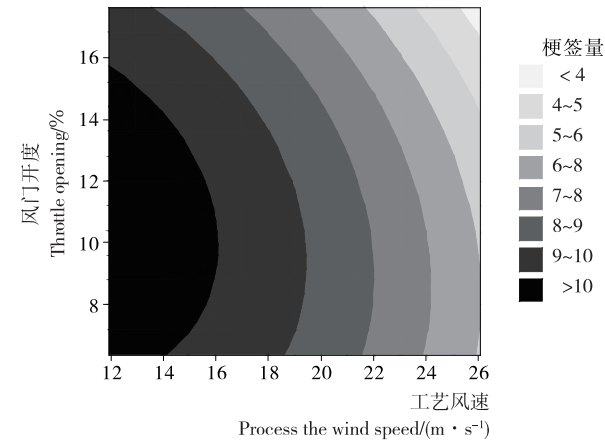


图1 梗签量与工艺风速、风门开度的等值线图
Figure 1 Infarction sign and process the wind speed, throttle opening of contour map

样品进行梗签含量测定。经统计,烘后叶丝梗签含量为0.15%左右,按每批双喜投料6 800 kg计算,柔性风选批理论梗签剔除量应为10.20 kg。根据理论值,设定梗签剔除量为9.0 kg。利用响应优化器进行多响应曲面分析求最佳解(见图2),显示当工艺风速19.0 m/s、风门开度11.68%时,梗签剔除量为9 kg。

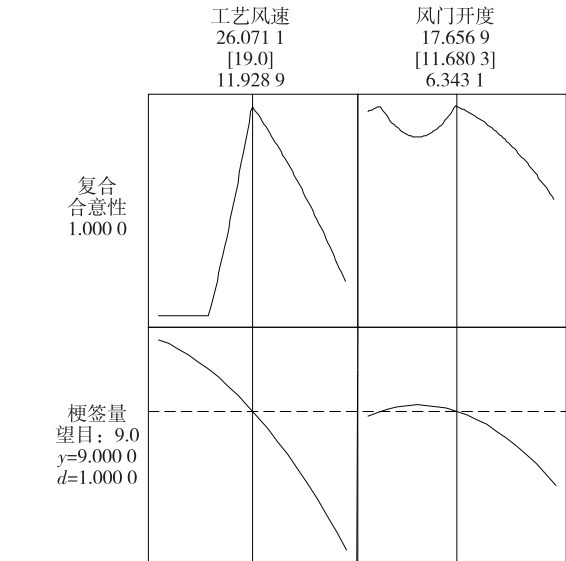


图2 响应优化器
Figure 2 In response to the optimizer

2.3 验证实验结果

设定工艺风速19.0 m/s、风门开度11.5%,连续生产5个批次进行验证,5批次叶丝的平均剔除梗签量为9.05 kg,说明参数设定合理,达到了预期目标。

3 结论

在叶丝干燥后采用柔性风选工艺,可以提高烟丝的均匀性,使烟丝尽快定型,同时有效地剔除梗签、湿团、焦块等杂物。本研究通过对柔性风选机的主要工艺参数进行分析,开展全因子试验,找到满足梗签剔除率90%要求的最佳参数组

合。通过单因子分析试验可知,柔性风选机的工艺风速和风门开度对于梗签剔除率有显著影响,而针辊频率的影响不显著。对于试验牌号来讲,当工艺风速19.0 m/s、风门开度11.5%时,可以有效地剔除90%的梗签。

理论上不同牌号的烟丝组成不同,物料在通过该工序的过程中所受到的作用力也是不同的。可以针对不同的生产牌号,按照本研究方法进行试验,找到各牌号适合的加工参数组合。当然,结合生产线的生产情况,为了避免对设备进行频繁调整,也可以在找出主要生产牌号的参数后,统一选取一套较佳工艺参数组织实施生产。

本次研究只是针对工艺风速、风门开度和针辊频率3个行业内公认的参数进行了研究,未能对其他参数的影响作用进行研究,其他参数可作为后续的研究方向。

参考文献

[1] 刘德强,贾洋,王乐军,等. 烟丝结构对烟支卷制质量的影响[J]. 安徽农业科学,2010(32): 18 589-18 590.
[2] 曾静,李斌,冯志彬,等. 卷烟机剔除梗丝中含丝量的检测[J]. 烟草科技,2012(8): 5-10.
[3] 郑俊立,王根旺,宋克强,等. 柔性风选对卷烟质量的影响[J]. 中国高新技术企业,2013(1): 68-69.
[4] 张文海. 柔性风选在多种卷烟品牌中的应用[J]. 安徽农学通报,2013(18): 123-136.
[5] 李永杰,张淑华,朱令宇. 柔性风选工艺在卷烟烘丝工序的效果论证[J]. 广西轻工业,2009(8): 18-19.
[6] 资文华,王慧,番绍军,等. 干冰膨胀烟丝加工过程参数优化研究[J]. 烟草科技,2008(1): 8-18.
[7] 康金岭,黄贤飞,刘远涛,等. 预处理工艺对烟梗回透率的影响[J]. 食品与机械,2012,28(6): 205-240.
[8] 韦小玲,康金岭. 管板式烘丝机工艺参数对卷烟香气的影响[J]. 食品与机械,2012,28(6): 193-196.

(上接第94页)

[8] 崔红利. 全自动腰果开壳机: 中国, CN105286024A[P]. 2016-02-03.
[9] 宫杰,付云飞,黄晖,等. 全自动腰果破壳机: 中国, CN104643257A[P]. 2015-05-27.
[10] 刘义军,朱德明,黄茂芳. 腰果二元分级方法的初步探索[J]. 食品科技,2014(6): 106-110.
[11] 刘义军,朱德明,黄茂芳,等. 腰果外形尺寸分布规律的确定性研究[J]. 食品与发酵科技,2014(2): 48-52.
[12] 刘义军,付云飞,宫杰,等. 不同蒸煮条件对腰果脱壳整仁率的影响[J]. 食品研究与开发,2016(4): 101-104.
[13] 刘义军,朱德明,黄晖,等. 腰果蒸煮品质的多尺度分析[J]. 食品与机械,2014,30(5): 57-60.
[14] 刘义军,朱德明,黄茂芳,等. 一种腰果果仁脱皮方法: 中国, CN103892418A[P]. 2014-07-02.
[15] 朱德明,刘义军,黄茂芳,等. 一种腰果仁脱皮机: 中国, CN203841069U[P]. 2014-09-24.