

四点挤压式核桃破壳机的设计与试验

Design and test of walnut shell creaking machine with four extrusion forces

闫茹 赵奎鹏 王亚雄 李均 陈静

YAN Ru ZHAO Kui-peng WANG Ya-xiong LI Jun CHEN Jing

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University
of Science & Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

摘要: 针对于现有核桃破壳机两点受力破壳原理易造成破壳率低, 高路仁率低的现象, 研制“四点挤压式”核桃破壳机, 并进行了“四点受力破壳”和“两点受力破壳”的对比试验, 以及四点挤压式破壳机的初步试验。试验结果表明: “四点挤压式”核桃破壳机的破壳效果明显优于两点受力破壳, 且适用于不同尺寸大小的核桃。破壳效果和挤行程有很大关系, 但和核桃本身大小尺寸关系并不明显。核桃的含水率为 10% 的条件下, 当挤压行程为 6 mm 时, 核桃的破壳效果最好, 破壳率为 100%, 高路仁率为 96.8%。

关键词: 核桃; 破壳机; 挤压

Abstract: According to the problems of low shell breaking rate and whole kernel rate caused by exerting two forces, a four forces shell creaking machine was designed and made. The contrast shell breaking experiment of ‘two forces and four forces’ and preliminary test were conducted, which showed the four forces shell breaking machine that apply to all over the size of walnuts had a better result than the two forces machine. The extrusion length has a significant impact on the shell cracking situation, but less on the walnut size. With the moisture content 10%, extrusion length 6 mm, cracking effect was the best, and the shell creaking rate and whole kernels rate were 100% and 96.8%, respectively.

Keywords: walnut; shelling creaking machine; extrusion

核桃果仁营养价值高, 含有大量的蛋白质、脂肪和人体必备的氨基酸、维生素、微量元素等^[1-2]。核桃适于深加工。发达国家 80% 的核桃以其深加工产品的形式投入市场。在核桃初加工中, 中国仍以人工破壳为主, 机器破壳为辅 (不足 10%)^[3]。人工破壳, 劳动量大、效率低, 而且污染指数高, 影

响核桃品质, 极大地降低了核桃的附加值^[4-5]。

中国现有核桃破壳机的主要破壳原理是击打或者挤压原理。董诗韩等^[6]设计的多辊挤压式核桃破壳机, 利用破壳主辊和辅助辊之间的间隙进行挤压破壳, 通过正交试验, 得到了最佳的工作参数, 破壳辊转速 80 r/min, 辅助破壳辊转速 50 r/min 时, 破壳质量较好。王维等^[7]设计了与之相似的变间距挤压式核桃破壳机, 将周围辅辊设计为可调节式的, 根据不同的核桃大小调节辊子间的挤压间隙, 当辊子转速 65 r/min、喂入量 20 kg/min、含水率 35% 时, 破壳效果最佳。李忠新等^[8]根据挤压原理设计了锥篮式核桃破壳机, 破壳时, 核桃分别与锥篮和机体内壁接触, 核桃在破壳装置中受正压力和摩擦力的综合作用, 从而使核桃壳破裂。同时, 还研究了在不同含水率、锥角、核桃尺寸等因素影响下, 锥篮式核桃破壳装置的破壳性能。

上述核桃破壳机的破壳方式都是让核桃壳两点受力, 当受力超过核桃壳的受力极限时, 核桃壳自行破碎。然而, 一点受力或者两点受力都存在核桃壳受力不均匀的问题, 当施加的破壳力小时, 核桃壳容易局部破碎, 导致破壳率低下。当施加的破壳力大时, 核桃壳破碎了, 但是内部的核桃仁也受损严重, 使高路仁率降低。

基于此, 本研究研制了四点挤压式核桃破壳机, 从 4 个挤压点同时施加挤压力进行破壳, 并进行了破壳试验。该破壳机对核桃破壳时, 破壳效果与前期自主设计加工的偏心式核桃破壳机^[9]的效果相比, 有很大的改善。

1 核桃破壳机的设计与原理

1.1 四点挤压式核桃破壳机的总体结构

四点挤压式核桃破壳机主要由喂料斗、单个送料装置、挤压装置、传动装置、出料斗、机架等部分组成, 见图 1。

1.2 工作原理

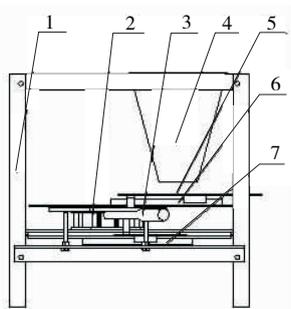
当核桃破壳机工作时, 核桃靠自身重力从喂料斗底部的出料口中落下, 落在出喂料斗下方的上料板上, 此时, 核桃上

基金项目: 陕西省教育厅 2015 年科学研究计划项目 (编号: 15JK1104)

作者简介: 闫茹 (1980—), 女, 陕西科技大学副教授。

E-mail: 24873693@qq.com

收稿日期: 2016-03-09



1. 机架 2. 挤压机构 3. 摇杆 4. 料斗 5. 上料板 6. 导轨
7. 挡料板

图 1 四点挤压式核桃破壳机

Figure 1 Walnut shell breaking machine at four points with extrusion type

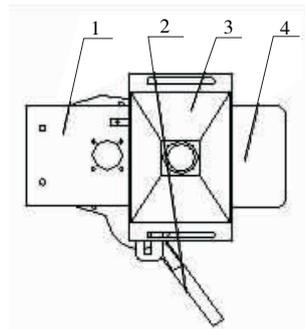
半部还在喂料斗中,下半部由上料板支撑。出于在样机测试阶段的安全考虑,采用人工给力的方法让设备运转,以手推动摇杆摆动,摇杆带动整个挤压装置做往复运动。上料板开有圆孔,跟随摇杆一起做往复运动。当上料板 5 的圆孔和料斗上的出料口重合时,核桃从料斗出料口落下,落到挡料板上,核桃中间正好卡在上料板的圆孔里,随上料板往复移动。当上料板的圆孔和挤压装置进料口对齐时,挤压装置底部的挡料板关闭,核桃落进挤压装置中,挤压装置对其进行四点挤压破壳,随着挤压装置挤压块的放开,底部挡料板打开,被挤压破壳的核桃在自身重力作用下从挤压装置中掉落。

1.3 核桃破壳机的设计

1.3.1 单个送料装置的设计 如图 2 所示,单个送料装置主要包括一块带有圆孔的上料板、料斗、挤压装置顶板。上料板在料斗和挤压装置之间,与料斗的底部和挤压装置上部的距离均为 20 mm,上料板一边安装在挤压装置的摇杆上,另一边安装在挤压装置的另一个挤压机构的导轨上。当摇杆摆动时,上料板随挤压装置做往复运动,左右的运动极限为分别与推料板的圆孔、喂料斗和挤压装置进料口对齐,保证单个核桃正确进出料。料斗设计成漏斗状,用于储存待破壳的核桃,其底部有直径为 45 mm 的圆孔,能够保证一次性通过一个核桃。上料板一边固定于导轨上,另一边和摇杆销钉链接,摇杆摆动带动上料板往复移动。

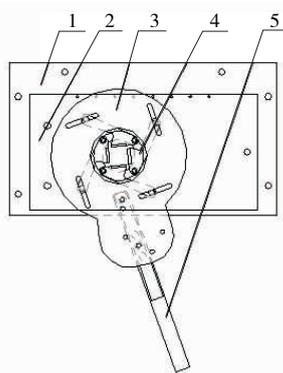
核桃靠自身重力从喂料斗底部的出料口中落下,落在出料斗下方的上料板上,由于核桃直径大于上料板与料斗顶部的距离,因此,核桃上半部还在喂料斗中,下半部由上料板支撑。摇杆带动上料板左右摆动,当其向右摆到极限位置时,推料板的孔正好和喂料斗底部的孔相重合,喂料斗内的核桃通过孔落入上料板的孔中,然后随该上料板向左摆动,当上料板的孔正好与挤压机构的核桃挤压孔重合时,核桃落入挤压机构的挤压孔内,进行挤压动作。

1.3.2 挤压装置的设计 如图 3 所示,挤压装置主要由压块固定板、挤压装置顶板、摇杆、挤压块、转盘等组成。根据核桃的尺寸大小,设计挤压块长为 70 mm,宽为 30 mm,挤压接触板宽为 30 mm 时,可以保证核桃破壳过程中挤压接触板和核桃的充分接触,同时,也是一个“省力杠杆”。挤压块的



1. 挤压装置顶板 2. 摇杆 3. 料斗 4. 上料板
图 2 单个核桃上料机构

Figure 2 Single walnut shipping device

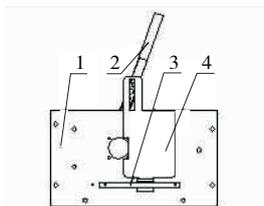


1. 挤压块安装板 2. 挤压装置顶板 3. 转盘 4. 挤压块 5. 摇杆
图 3 挤压机构

Figure 3 The extrusion device

前端通过销钉,连接在压块固定板上,可以绕销钉转动。另一端固定有销子,销子在转盘的导向槽内,挤压装置顶板设计一向下突出的圆环用于支撑转盘的旋转,转盘的往复转动带动挤压块内外摆动,实现核桃的破壳动作。

1.3.3 出料装置的设计 出料装置包括挤压块安装板、导轨、摇杆、挡料板。挡料板安装在挤压块安装板的下方,与其距离 2 mm,当待破壳核桃落入挤压装置时,核桃正好被挡料板挡住。如图 4 所示,挡料板一侧安装在导轨上,另一侧通过销钉与摇杆相连,由摇杆带动挡料板的往复移动。当摇杆向左摆动时,核桃挤压装置打开,出料口被挡料板挡住,待破壳核桃落入;当摇杆向右摆动时,挤压块对核桃进行挤压,此时,出料口打开,由于核桃处于被挤压状态,不会掉落,当摇杆再次向左开始摆动时,挤压装置松开,核桃在自身重力作



1. 挤压块安装板 2. 摇杆 3. 导轨 4. 挡料板
图 4 出料机构

Figure 4 The walnut out device after shell breaking

用下掉落。摇杆继续向左摆动,此时出料口又被挡料板挡住,下一个待破壳核桃落入,如此循环,完成破壳。

2 试验结果与分析

2.1 试验材料

在两种破壳方式的对比试验中,用陕西本地核桃做试验。由前期对物理参数的测量计算可知,陕西核桃长度、棱径较为接近,核桃圆度较高,直径在 37 mm 左右,圆度可达 0.95 ± 0.03 。选取陕西本地核桃,尺寸大小为 32~35 mm,每组核桃取 20 个。

在四点挤压式核桃破壳机的初步试验中,由于核桃尺寸大小不同,先对核桃进行一个初步的分级。陕西本地核桃圆度较高,故根据核桃短径尺寸大小,将核桃分为 30, 35, 40 mm 三级。同时,将挤压行程定为 4, 6, 8 mm。每组选取 20 颗核桃进行试验。在前期的研究^[10-11]中发现含水率对核桃破壳影响很大,故在四点挤压式破壳机的初步试验中采用核桃的含水率为 10%。

2.2 试验评价指标

选取核桃的破壳率、整仁率和高路仁率作为评价指标。根据核桃壳的破碎面积,确定破壳率。破壳率为核桃壳破碎率达总面积 3/4 的核桃数量占破壳核桃总数的数量比;高路仁率为 1/4 及以上的核桃仁重量占核桃仁总重量的比例。

2.3 试验结果与分析

2.3.1 “四点受力”和“两点受力”破壳对比试验 当核桃四点受力破壳力时,分 A、B、C 三种受力情况进行试验。A 施力方法:两对力都施加在核桃表面,避开核桃棱;B 施力方法:其中一对力施加在核桃表面,另一对力施加在核桃棱上;C 施力方法:两对力都施加在核桃棱上。核桃的物理参数见图 5。

由表 1 可知,在 X 轴方向破壳效果相对较好,破壳率达

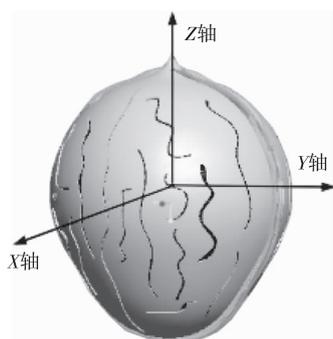


图 5 核桃物理参数图

Figure 5 Walnut physical parameters

表 1 两点受力核桃破壳试验结果

Table 1 The result of shell breaking of walnut at two points

方向(两点受力)	破壳率	整仁率	高路仁率
X	80	23.1	33.9
Y	70	0.0	49.5
Z	70	0.0	40.8

到 80%,高路仁率只有 33.9%,核桃在破壳的同时,又将核桃仁挤碎了,造成了高路仁率偏低;Y 轴和 Z 轴方向的挤压破壳率相对较小,然而,其高路仁率最大可到 49.5%,这是由于核桃破壳后,没有破开的核桃由人工再次剥壳,虽然高路仁率增高,但是也增加了人工成本。三种破壳方式的整仁率为 0,高路仁的平均值为 41.4%。两点破壳试验的结果和有限元分析结果一致,X 轴方向破壳相对最好,但是三种破壳方式的总体破壳效果有待提高^[12-14]。

用自制的四点挤压式核桃破壳装置进行四点受力破壳试验。采用含水率为 10%的核桃进行不同方向的破壳试验。将每组核桃按试验设计方向放入试验装置进行破壳,结果见表 2。由表 2 可知,A、B 两种方案的破壳率都达到了 100%,且 A 方案的整仁率提高到了 75.1%。三种方案的整仁率平均值为 35.5%,高路仁率平均值为 78.4%。结合表 1 可知,四点挤压式破壳方式的破壳效果明显优于两点挤压式破壳。

表 2 四点受力核桃破壳试验结果

Table 2 The result of shell breaking of walnut at four points

挤压方式	破壳率	整仁率	高路仁率
A	100	75.1	91.5
B	100	31.5	65.5
C	80	0.0	78.3

2.3.2 四点挤压式核桃破壳机初步试验 由表 3 可知,当挤压行程为 4 mm 时,核桃破壳率较低,当挤压行程为 6 mm 和 8 mm 时,破壳率都可达 100%,但是挤压行程为 8 mm 时,核桃高路仁率相对较低。

核桃挤压破壳是利用外力对核桃壳进行挤压,当核桃壳内部的应力达到核桃壳的强度极限时,核桃壳产生裂纹,从而达到破壳目的。无论核桃尺寸的大小,当挤压行程为 4 mm 时,核桃破壳率并不太高,这是由于核桃壳本身存在一定的韧性,当挤压块向内挤压核桃壳时,根据“应力集中”原理,在核桃壳与挤压块接触的地方首先发生形变,当形变达到变形的极限时,核桃开始产生裂纹,但是,4 mm 的挤压行

表 3 试验数据和结果

Table 3 The result of shell breaking of experiment

核桃大小/mm	挤压行程/mm	破壳率/%	整仁率/%	高路仁率/%
30	4	40	0.0	68.7
	6	100	70.7	93.1
	8	100	24.0	81.6
35	4	50	32.8	100.0
	6	100	34.3	97.4
40	8	100	0.0	70.8
	4	70	60.2	100.0
40	6	100	0.0	100.0
	8	100	0.0	88.4

程并不足以使核桃壳裂纹扩展到整个核桃,仅仅是接触部分的破壳,故破壳效果不理想。

当挤压行程为 6 mm,4 个挤压块从 4 个点同时向内挤压核桃壳时,核桃壳在接触部分开始产生裂纹,且 6 mm 的挤压行程足以使核桃壳的形变扩及整个核桃壳,从而使核桃破壳完全,故核桃壳破碎率高。

当挤压行程为 8 mm 时,核桃壳在接触部分开始产生裂纹,且伴随着极高的破壳率,核桃的高路仁率也在降低。因为核桃壳在完全破碎后,挤压块还在进一步挤压核桃,以至于将完整的核桃仁挤碎,从而降低了高路仁率。

为了提高破壳率和高路仁率,以陕西本地核桃为例,在四点挤压式核桃破壳机中,最优的挤压行程为 6 mm,此时,核桃壳完全破碎,破壳率为 100%,高路仁率为 96.8%。

3 结论

本试验研制的“四点挤压”式核桃破壳机适用于不同尺寸大小的核桃,且破壳效果明显优于“两点受力”破壳的机械。“四点挤压”式破壳机的破壳率为 100%,高路仁率为 96.8%。四点受力破壳为提高核桃破壳率、整仁率提供了一定的思路。

在前期的偏心式核桃破壳机的参数优化试验中,不同的挤压行程对核桃破壳有一定影响^[11],本试验中不同尺寸大小的核桃在破壳时,挤压行程为 4 mm 时,破壳率都不好。当挤压行程为 6 mm 时,所有尺寸核桃的破壳效果明显提高,也进一步说明破壳效果和挤压行程有大关系,但和核桃本身大小尺寸关系并不明显。

本次试验只采用了一个品种的核桃,将来还应进一步用多个品种核桃进行破壳试验,以检验核桃破壳效率。在核桃破壳试验的过程中,力的加载位置对破壳效果有一定的影响,将来在改进“四点挤压”式核桃机时,应该加上核桃的定向装置。

参考文献

- [1] 钟海雁,李忠海,袁列江,等.核桃生产加工利用研究的现状与前景[J].食品与机械,2002,18(4):4-6.
- [2] 陆俊,赵安琪,成策,等.核桃营养成分与生理活性及开发利用[J].食品与机械,2014,30(6):238-242.
- [3] KHIR Ragab, PAN Zhong-li, ATUNGULU Griffiths G, et al. Size and moisture distribution characteristics of walnuts and components [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(3): 771-782.
- [4] FAROOGH S, MOHAM M, HADDAD D. Mechanical behavior of walnut under cracking conditions[J]. Journal of Applied Sciences, 2008, 8(5): 886-890.
- [5] 李忠新,刘奎,杨莉玲,等.锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J].农业机械学报,2012(1):146-152.
- [6] 董诗韩,史建新.多辊挤压式核桃破壳机的设计与试验[J].新疆农业大学学报,2011(1):62-65.
- [7] 王维,贺功民,田智辉,等.变间距挤压式核桃破壳机的研制[J].中国农机化学报,2014(6):174-176.
- [8] 李忠新,刘奎,杨莉玲,等.锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J].农业机械学报,2012(1):146-152.
- [9] 高警,郑甲红,安碾粮,等.偏心击打式核桃破壳机的设计与试验[J].食品与机械,2014,30(5):133-136.
- [10] 赵奎鹏,郑甲红,王亚妮,等.挤压式核桃破壳机的正交试验研究[J].农机化研究,2016(2):153-157.
- [11] 闫茹,赵奎鹏,郑甲红,等.挤压式核桃破壳机参数优化试验[J].农机化研究,2016(6):219-224.
- [12] 张宏,马岩,李勇,等.基于遗传 BP 神经网络的核桃破裂功预测模型[J].农业工程学报,2014(18):78-84.
- [13] SEZAI E, MAZHAR K, ISMAIL O, et al. Comparison of some physical mechanical nut and kernel properties of two walnut cultivars[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj - Napoca, 2011, 39(2): 227-231.
- [14] 郑少华,姜奉化.实验设计与数据处理[M].北京:中国建材工业出版社,2004:169-173.
- [14] 毕淑峰,张铃杰,徐娇,等.葱兰花挥发油的化学成分及对自由基的清除作用研究[J].北京联合大学学报,2015,29(1):14-18.
- [15] MUTSUGA M, KOJIMA K, NOSE M, et al. Cytotoxic activities of alkaloids from *Zephyranthes candida* [J]. Natural Medicine, 2001, 55(4): 201-204
- [16] 卫强,李前荣,尹浩,等.超临界 CO₂萃取法与水蒸气蒸馏法提取垂丝海棠叶挥发油成分及其抗氧化活性的比较研究[J].中成药,2015,37(11):2550-2554.
- [17] 卫强,纪小影.红叶李的叶、茎挥发油成分 GC-MS 分析及体外抗菌、抗病毒活性研究[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):263-268.
- [18] 刘劲芸,阴耕云,张虹娟,等.超临界 CO₂萃取与同时蒸馏萃取法提取澳洲坚果花挥发性成分研究[J].云南大学学报:自然科学版,2013,35(5):678-684.
- [19] 徐敬宜,徐永平,刘妹,等.溶菌酶及其在食品工业中的应用[J].食品与机械,2006,22(1):90-92.
- [20] 吕世明,陈杖榴,陈建新,等.丁香酚体外抑菌作用研究[J].食品科学,2008,29(9):122-124.
- [21] 唐小辉.肉桂醛、丁香酚及其结构类似物的抑菌活性与化学结构的关系[D].湘潭:湘潭大学,2013:35-53.

(上接第 24 页)

- [6] SONI M G, CARABIN I G, BURDOCK G A. Safety assessment of esters of p-hydroxybenzoic acid (parabens) [J]. Food Chem Toxicol, 2005, 43(1): 985-1015.
- [7] 王步江,刘金福,樊秀花,等.肉桂精油抑菌活性研究[J].食品与机械,2011,27(6):166-167,182.
- [8] 李巧巧,雷激,唐洁,等.商品柑橘精油的抑菌性及其应用研究[J].食品与机械,2011,27(6):160-162.
- [9] 邓祖丽颖,袁秀云.葱兰的离体培养及再生体系研究[J].中国农学通报,2013,29(13):140-144.
- [10] 董博,刘雪,付春.葱兰和韭兰花色素种类和质量分数的研究[J].西南大学学报:自然科学版,2014,36(3):34-41.
- [11] 杨简赛,冯煦,陈雨,等.葱莲鳞茎化学成分研究[J].中药材,2010,33(11):1730-1732.
- [12] NAKAYAMA M, HORIE T, TSUKAYAMA M, et al. Isolation of kaempferol-3-O-rhamnoglucoside, a flavonoid glycoside from *Zephyranthes Candida* [J]. Zeitschrift Für Naturforschung C, 2014, 33(7/8): 587-588.
- [13] 吕辉.玉帘凝集素的分离纯化、部分性质研究及分子克隆[D].成都:四川大学,2003:9-21.