

基于伺服原理的鸡蛋果自动加工装置的设计

Design of egg fruit automatic processing device based on principle of servo

张 智¹ 王驭陌² 张 燕² 任喜宝²

ZHANG Zhi¹ WANG Yu-mo² ZHANG Yan² REN Xi-bao²

(1. 海南大学园艺园林学院, 海南海口 570228; 2. 海南大学机电工程学院, 海南海口 570228)

(1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

摘要:基于伺服原理设计一款鸡蛋果自动加工装置,包括理论计算分析和整体结构设计。试验研究表明:基于伺服原理的鸡蛋果自动加工装置平均每小时可加工鲜果 1.1 t,肉汁制得率可达 28%,肉汁质量优,纯度高,所含杂味极少,果皮收集率可达 97%,比 P6G-300 型破果机耗能减少 26%,具有自适应性,能根据果实大小不同及时调整处理,在快速分离优质肉汁的同时收集果皮和种子。

关键词:鸡蛋果;自动加工装置;伺服;结构设计

Abstract: Based on the principle of servo, an egg fruit automatic processing device with theoretical computational analysis and structure overall design was designed. Experimental studies showed that egg fruit automatic processing device, based on the principle of servo, could process fresh fruit 1.1 t averagely per hour, and its obtaining rate of juice reached 28%. Juice, with high quality and purity, presented little foreign flavor. Rate of peel collection was up to 97%, and 26% energy consumption lower than that of P6G-300 type machine. It also obtained self-adaptive ability, thus could separate out juices of high quality in a rapid speed, and collect peels and seeds at the same time according to different size of fruit.

Keywords: egg fruit; automatic processing device; servo; structural design

鸡蛋果是一种香料水果,其果汁中含有苹果、香蕉、菠萝等 165 种水果香味,132 种以上的芳香物质,素有“果汁之王”的美誉^[1-2]。鸡蛋果果汁芳香可口、甘酸适宜、风味独特,尤其富含维生素 A、B、C^[3-4],还有提神醒脑、帮助消化、化痰止咳、防治高血压、治肾亏和滋补强身等功能^[5-6]。许多国家

将其果汁提取液作为海员、矿工的保健饮料^[7]。近年来国际市场对鸡蛋果果汁的需求不断增加,以每年 15%~20% 的速度增长^[8]。另外,鸡蛋果果皮提取果胶得率为 2.4%~3.0%,且产品质量优良^[9],其中甲氧基含量是水果之冠,胶凝力超过 200 级;其籽的提油率为 17.0%~25.2%,提取的食用油对心血管疾病有一定疗效^[3]。鸡蛋果籽油中的亚油酸含量高达 70%,籽油理化参数类似红花、大豆,可以直接食用^[9]。目前世界上栽培的鸡蛋果有紫鸡蛋果和黄鸡蛋果两大类^[8]。紫鸡蛋果成熟时果皮呈紫色,果长 4~9 cm,果径 3.5~7.0 cm,皮厚 3~6 mm。黄鸡蛋果成熟时果皮呈黄橙色,果长 6~12 cm,果径 4~7 cm,皮厚 3~10 mm^[10]。

虽然鸡蛋果的汁液芳香可口,但其果皮与靠近果核的果肉口感不佳,应尽量减少汁液的混入,同时还要确保不压破果核。此外,鸡蛋果因品种、采摘时间等因素不同,其大小也有较大差异,常规结构装置很难区分不同大小及不同成熟程度的鸡蛋果而得到优质肉汁。

鸡蛋果的加工通常由人工挖取果肉,劳动强度大,不卫生且效率极低,极大地影响其加工。目前市面上比较普及的一款 6PG-300 型鸡蛋果破果机喂料部分结构复杂,需单独设置喂入压板,通过压板上下往复运动,正向对鲜果施加喂入压力,但喂入压板的竖直运动会对鸡蛋果的传送与放置产生干扰,使其加工效率较低。此外,由于其滚筒间隙固定不变,不能满足不同品种、形状、尺寸果实的加工需求。本试验基于伺服原理设计了一款效率及自动化程度高、能根据果实大小自动适应及调整处理能力的果皮、果汁分离机。

1 整体结构与工作流程

整体结构见图 1、2。工作流程:将洗净的鸡蛋果 3 放置于传送带 2 上,传送带 2 缓慢运动,部分粘附在果实上的水沿着沟槽流下;果实经传送带自动掉入橡胶轴辊挤压滚筒 4 与花纹轴辊挤压滚筒 5 之间接受挤压,同时二者均能有效增加摩擦力并防止果实爆破。少数无法自动进行挤压的果实将在辅助喂料杆的压力下进入挤压区。挤压后,优质肉汁将

基金项目:海南省自然科学基金项目(编号:314060);2015 年海南省高等学校教育教学改革项目(编号:Hnjg2015-3)

作者简介:张智,男,海南大学在读本科生。

通讯作者:张燕(1978—),女,海南大学副教授,硕士。

E-mail: z_yhs@163.com

收稿日期:2015-10-26

穿过移物滚筒而被优质肉汁收集槽收集。由于移物滚筒的安装方向与轴辊方向垂直,因此包裹着果核的果皮将被其阻挡,并顺着转动方向被转移并最终收集到指定位置。至此,破果与分类回收完成。

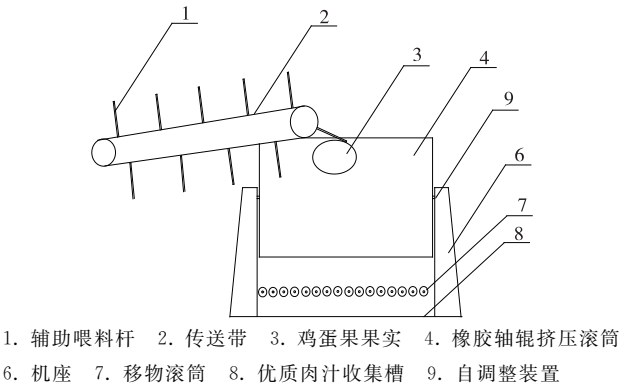


图1 整体装置主视图

Figure 1 The main view of the whole device

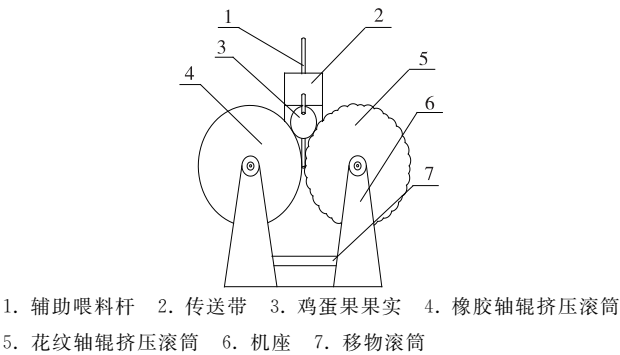


图2 整体装置侧视图

Figure 2 The side view of the whole device

2 伺服原理

鸡蛋果因品种、采摘时间等因素不同,其大小存在相对较大的差异,常规结构很难根据这些差异自动调整加工状态,因此无法更高效地得到高品质汁液。

然而,在伺服系统中有一种形式,它的参考输入不是时间的解析函数,其变化状态也是未知的,即随着时间任意变化。微机位置伺服系统能够使输出量以一定的准确度与精度随输入量的变化而变化^[11]。因此,本试验将伺服原理应用于滚筒的设计中,通过特设的自动调整装置使加工准确度随果实大小自动调节。果实较大时,两轴辊受到向外侧方向的力随即加大,因此弹簧被迫压缩,而弹簧产生的力加大了轴辊连接杆与圆柱体的摩擦力,这将阻碍轴辊与圆柱体的相对运动,最终达到一个适合该果实大小、果皮厚度等因素的平衡位置,保证压出汁液的质量。同理,果实较小时也能自动调节到一个最适宜的平衡位置。

3 系统模块组成

3.1 传送部分设计

考虑到刚洗净的鸡蛋果表面含有水分,因此传送部分设计出斜度(浓缩果汁中加入适量水并不影响口感,因此该斜

度视实际情况而定,且要考虑到光滑的鸡蛋果在传送中不能打滑),两侧设计出挡板,防止传送中果实的滚落,挡板内侧设计出沟槽,方便水的流出。

3.2 辅助喂料部分

由于鸡蛋果表皮较为光滑,在试验中仅由于重力作用而顺利喂入轴辊的果实只占总试验的11%,因此考虑改进装置。轴辊滚筒的直径、表面粗糙度和两轴辊滚筒之间的间隙,鲜果的形状、尺寸、重量和硬度均会影响到鲜果的自动喂入。但轴辊滚筒的直径受空间、成本等因素影响应小于0.6 m。两滚筒的间隙是由鲜果的形状及尺寸决定的,因此间隙应小于鸡蛋果直径的最大值0.09 m。鲜果的形状、尺寸、重量及硬度又是由鲜果种类决定的。因此先分析在加大表面粗糙度的情况下,能够自动喂入鲜果的条件。

根据相关试验及资料^[12],选取轴辊滚筒直径 $D=300\text{ mm}$,两轴辊间隙 $\alpha=9\text{ mm}$,鲜果直径一般为 $55\sim 80\text{ mm}$,取直径 $d=80\text{ mm}$,则半径 $r=40\text{ mm}$ 。

建立如图3所示坐标系,由等腰 $\triangle CO_1O_2$ 知, $\theta=35^\circ 30'$ 。由 $\sum x=0$ 及 $\sum y=0$ 得:

$$-F_A \cos \theta - F_B \cos \theta + N_A \sin \theta + N_B \sin \theta = 0。$$

$$\text{即: } N_A \sin \theta + N_B \sin \theta = F_A \cos \theta + F_B \cos \theta。$$

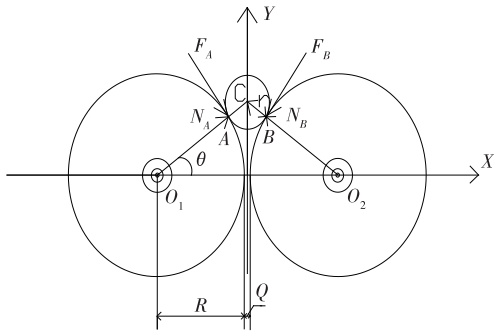


图3 受力分析简图

Figure 3 Force analysis

由于 $N_A = N_B, F_A = F_B = \mu N_A = \mu N_B$ 。

所以 $2N_A \sin \theta = 2N_B \mu \cos \theta$ 。

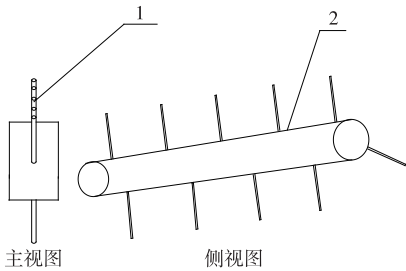
$$\text{故 } \mu = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta = \tan 35^\circ 30' = 0.713。$$

这说明,要使正常大小的鲜果自动进入轴辊滚筒进行压榨,需使摩擦因数达到0.713,但由于鸡蛋果皮含胶质而非常光滑,而轴辊滚筒表面在极大地增加粗糙度后易压碎果皮,影响果汁质量并堵塞花纹和沟槽,降低了后续的榨汁效率。

因此,需增设喂料机构,适当增加辊筒表面粗糙度并在表面设置合适的花纹及沟槽。

由受力分析可知,果实均会在两个轴辊之间进行榨汁,且由于同时进行榨汁的果实可能不止一个,因此设计的辅助喂料的部分能够一次辅助多个果实为好,为了不额外增加机构并解决上述问题,本试验借助传送装置设计了新型辅助喂料机构见图4。

其中,传送带2由无毒清洁材料制成,具有较大的摩擦因数;辅助喂料杆1由弹性材料制成,具有一定的弹性,长度



1. 辅助喂料杆 2. 传送带
图 4 新型辅助喂料机构

Figure 4 New auxiliary feeding mechanism

可视实际需要而定。当果实落在轴辊滚筒之间时,辅助喂料杆随传送带的转动接触到果实,能向果实施加一个适当的向下的力,迫使果实进入轴辊滚筒的挤压区而压出肉汁且减轻爆破现象。辅助果实通过压榨区后,辅助喂料杆又刚好能从两个轴辊滚筒之间穿过。

3.3 轴辊外形设计

两个轴辊的直径相同,以便于榨汁。其中一个表面加工出圆弧形花纹,另一个表面使用无毒橡胶,以增大摩擦力。另外,利用橡胶的伸缩性,有利于进一步减轻鲜果的爆破现象^[12]。表面的花纹深浅疏密均按照一定的比例设计。

3.4 轴辊动力传输部分

理论上来说,要压出优质的、味道及口感更纯正的鸡蛋果汁,就应使轴辊间隙 a 随上述因素的变化而变化。尺寸较大的果实,皮也会比较厚,相应的间隙 a 就应稍大;尺寸小的果实则相反。本试验基于伺服原理,设计出了如图 5 所示的结构,其三视图(省去了左侧的滚筒及右侧的固定板)见图 6。

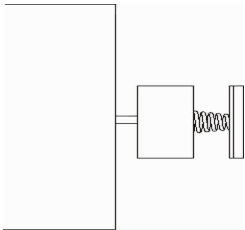


图 5 轴辊动力传输部分示意图

Figure 5 Schematic diagram of roller transmission system

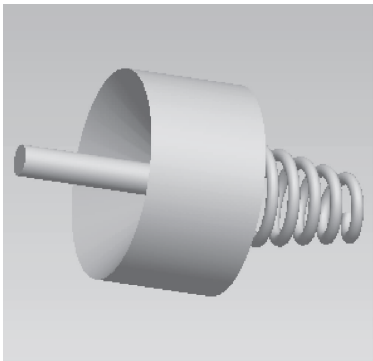


图 6 轴辊动力传输部分三维图

Figure 6 3D figure of roller transmission system

示意图 5 中,从左向右依次是:轴辊挤压滚筒,轴辊连接杆,左端挖去一个圆锥的圆柱体、弹簧、固定板。其中,轴辊连接杆充当轴辊挤压滚筒的轴,二者相固连。左端挖去一个顶部向右的圆锥的圆柱体是伺服原理的关键。当两个轴辊滚筒之间的果实较大时,两轴辊受到向外侧方向的力随即加大,轴辊连接杆沿水平方向向外运动,但上述圆柱体无法沿水平方向运动,因此在力的作用下压缩弹簧,弹簧产生的力加大了轴辊连接杆与圆柱体的摩擦力,这将阻碍轴辊与圆柱体的相对运动,最终达到一个适合该果实大小、果皮厚度等因素的平衡位置,保证压出汁液的质量。

4 鸡蛋果自动加工装置主要参数

- (1) 传送带线速度:0.39 m/s。
- (2) 辅助喂料杆直径:8 mm。
- (3) 两滚筒外直径:300 mm。
- (4) 两轴辊间隙:9 mm。
- (5) 电机功率:1.5 kW。
- (6) 两滚筒转速:42 r/min。

5 试验研究及效果分析

以基于伺服原理的鸡蛋果自动加工装置为试验对象,考虑到大规模生产与小批量生产的差异,分别连续加工鸡蛋果 1,2,3 h。3 次试验数据及处理见表 1。

表 1 试验数据及处理
Table 1 Experimental data and processing

试验	加工鲜果质量/t	汁液制得率/%	果皮收集率/%
1 h	1.08	27.40	97.6
2 h	2.21	27.90	97.2
3 h	3.31	28.27	96.7
平均	1.10	28(加权平均)	97(加权平均)

由表 1 可知,基于伺服原理的鸡蛋果自动加工装置平均每小时可加工鲜果 1.1 t,平均肉汁制得率可达到 28%,果皮收集率可达 97%。且收集所得肉汁颜色一致,肉眼分辨不出色差,搅拌时汁液流动更均匀,搅拌后出现的杂质较少,上述现象均能说明肉汁质量优,纯度高,所含杂味部分少,另外,由于无需设置喂入压杆,因此耗能更低,鉴于滚筒的自调整性,使用更安全,经过试验与分析,本装置能达到较好的破果效果,能快速将优质肉汁分离出来并同时收集果皮和种子,具有很强的市场利用价值。

6 结束语

目前的鲜果加工大部分是依靠手工,比较普及的一款破果机喂料结构复杂,无法达到生产出优质肉汁及综合利用皮、汁、核的目的。本试验在鲜果加工装置设计中采用了喂入压杆与传送带结合的机械结构,然后基于伺服原理设计出了结构较为简单却能根据果实的大小及皮厚自动分离优质肉汁与果皮的装置。试验表明:基于伺服原理的鸡蛋果自动加工装置平均每小时可加工鲜果 1.1 t,肉汁制得率可达到 28%,肉汁质量优,杂味少,果皮收集率可达 97%,具有很强

(下转第 126 页)

一般环境中根据各个因子给定的值,准确快速地预测金黄色葡萄球菌是否具有生长的可能性。

3 结论

本研究以金黄色葡萄球菌为研究对象,得到了金黄色葡萄球菌生长/非生长模式方程,经拟合性分析该方程能够准确地预测金黄色葡萄球菌的生长情况,可应用于实际生产中。在实际生产中,数据的科学性较前人^[18]的经验推测更具说服力,且能够更快捷地预算。本试验仅考察了温度、pH 值、盐浓度 3 种因子,后续将通过选定更多的环境因子以及测定更多的数据来增加模型的准确性。

参考文献

[1] 徐振波, 刘晓晨, 李琳, 等. 金黄色葡萄球菌肠毒素在食源性微生物中的研究进展[J]. 现代食品科技, 2013(9): 2 317-2 324.

[2] Notermans S, Heuvelman C J. Combined effect of water activity, pH and suboptimal temperature on growth and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus*[J]. Journal of Food Science, 1983(48): 1 832-1 835.

[3] Wendlandt S, Schwarz S, Silley P. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: A 22 foodborne pathogen[J]. Food Science and Technology, 2013(4):117-139.

[4] 孟晓荣, 张敏, 胡新婷, 等. 壳聚糖对食品中常见菌的抑制研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(2): 90-92.

[5] Vermeulen A, Dang T D T, Geeraerd A H, et al. Modelling the unexpected effect of acetic and lactic acid in combination with pH and aw on the growth/no growth interface of *Zygosaccharomyces bailii*[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008(124): 79-90.

[6] Gysemans K P M, Bernaerts K, Vermeulen A, et al. Exploring the performance of logistic regression model types on growth/no growth data of *Listeria monocytogenes*[J]. Food Microbiology, 2007(114): 316-331.

[7] Chen Chen, Yang Xian-shi, Li Xue-ying. Establishment of growth/no growth model for *Bacillus cereus* on different temperature, pH and water activity[J]. Advanced Materials Research, 2013(p): 1 558-1 565.

[8] Couvert O, Pinon A, Bergis H, et al. Validation of a stochastic modelling approach for *Listeria monocytogenes* growth in refrigerated foods[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010(144): 236-242.

[9] Theys T E, Geeraerd A H, Devlieghere F, et al. On the selection of relevant environmental factors to predict microbial dynamics in solidified media[J]. Food Microbiology, 2010(27): 220-228.

[10] Van Impe J F. Modelling the influence of the inoculation level on the growth/no growth interface of *Listeria monocytogenes* as a function of pH, aw and acetic acid[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009(135): 83-89.

[11] Zhang D, McQuestin O J, Mellefont L A, et al. The influence of non-lethal temperature on the rate of inactivation of vegetative bacteria in inimical environments may be independent of bacterial species. Food Microbiology, 2010(27): 453-459.

[12] Bolton L F, Frank J F. Defining the growth/no-growth interface for *Listeria monocytogenes* in Mexican-style cheese based on salt, pH, and moisture content[J]. Journal of Food Protection, 1999, 62(6): 601-609.

[13] Hajmeer M, Basheer I. A probabilistic neural network approach for modeling and classification of bacterial growth/no-growth data [J]. Journal of microbiological methods, 2002, 51 (2): 217-226.

[14] Polese P, Del Torre M, Spaziani M, et al. A simplified approach for modelling the bacterial growth/no growth boundary [J]. Food microbiology, 2011, 28(3): 384-391.

[15] Valero A, Pérez-Rodríguez F, Carrasco E, et al. Modelling the growth boundaries of *Staphylococcus aureus*; Effect of temperature, pH and water activity[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 133(1/2): 186-194.

[16] Fujikawa H, Morozumi S. Modelling *Staphylococcus aureus* growth and enterotoxin production in milk[J]. Food Microbiology, 2006, 23(3): 260-267.

[17] Skandamis P N, Stopforth J D, Kendall P A, et al. Modeling the effect of inoculum size and acid adaptation on growth/no growth interface of *Escherichia coli* O157:H7[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 120(3): 237-249.

[18] Borneman D L, Ingham S C, Ane C. Predicting growth/no growth of *Staphylococcus aureus* on vacuum-packaged ready-to-eat meats [J]. Journal of Food Protection, 2009, 72(3): 539-549.

(上接第 115 页)

的市场利用价值。这种将伺服原理与力学机械结构结合的方法亦可以推广到其它控制程度与精度不需很高的场合,均能起到较好的自调整、自适应效果。另外,本研究将局部运动结构与传送带结合在一起,亦为节约资源及简化结构提供了新的范本。

参考文献

[1] 牛奶, Julian. 鸡蛋果[J]. 环球人文地理, 2013(23): 109.

[2] 杨锋, 黄永春, 何仁, 等. 百香果加工适性的测定及提高其出汁率的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(5): 82-86.

[3] 王天陆. 鸡蛋果的综合加工技术[J]. 食品与机械, 1991(2): 14-15.

[4] 韩希婉, 李潮生. 一种有推广价值的热带植物—鸡蛋果[J]. 热带作物研究, 1983(4): 63-64.

[5] 魏定耀. 借鉴国内外经验加速我省鸡蛋果业的开发[J]. 热带作物研究, 1995(4): 67-72.

[6] 李国, 庞观胜. 热带特色水果鸡蛋果特征特性及栽培技术[J]. 现代农业科技, 2013(13): 112-121.

[7] 郑冠标. 鸡蛋果病害文献综述[J]. 热带作物研究, 1991(2): 83-88.

[8] 黄循精. 鸡蛋果[J]. 世界农业, 1994(7): 31-32.

[9] 韩希婉, 李潮生. 鸡蛋果资源的开发利用[J]. 食品科学, 1985 (3): 1-6.

[10] 何忠春. 亟待开发的新兴热带高级饮料水果——鸡蛋果[J]. 福建热作科技, 1986(2): 11-13.

[11] 谭季秋. 位置伺服自动测量装置设计[J]. 机电产品开发与创新, 2003(6): 74-76.

[12] 姚欣茂, 欧忠庆. 6PG-300 型鸡蛋果破果机喂入和压榨部分参数设计分析[J]. 热带作物机械化, 1996(1): 20-22.