

揉搓式马铃薯脱皮装置设计及试验研究

Design and test of the rub peeling machine for potato

杨嘉鹏¹

王庆惠²

闫圣坤²

杨忠强²

YANG Jia-peng¹ WANG Qing-hui² YAN Sheng-kun² YANG Zhong-qiang²

(1. 新疆工程学院电气与信息工程系, 新疆 乌鲁木齐 830022;

2. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(1. Department of Electrical and Information Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang 830022, China; 2. Agricultural Mechanization Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

摘要:为提高马铃薯脱皮率并降低破损率,采用揉搓原理,设计了一种马铃薯脱皮装置。该装置由喷水装置、出料控制装置、锁紧装置、脱皮辊、螺旋毛刷辊等构成,通过脱皮辊和螺旋毛刷辊对马铃薯揉搓进行脱皮,确立了影响马铃薯脱皮的主要因素为辊转速、脱皮时间和喂入量,并进行了脱皮试验。结果表明,随着辊转速的增大,脱皮时间的延长,质量损失率均呈现增大的趋势,而增大喂入量,质量损失率降低。该脱皮装置试验的工作参数为辊转速 205 r/min,去皮时间 3.5 min,喂料量 105 kg/h 时,马铃薯质量损失率仅为 11.1%。同时,提出揉搓式马铃薯脱皮装置自动化提升方案为采用 PLC 和变频器对主电动机、水泵、进料口挡板、出料口挡板进行控制。

关键词:马铃薯;脱皮;揉搓;效果试验

Abstract: To improve the dehulling rate and reduce the damage rate, a peeling machine for potato was designed according to the principle of rubbing. The machine consisted of waterworks, discharge control device, locking device, peeling roller, spiral brush roller and so on. It adopted rubbing of peeling roller and spiral brush roller for potato peeling. The main factors influenced peeling were studied, including rotating speed, time and feeding rate, and a peel test was carried out. The results showed the mass loss rate increased significantly with the increase of rotating speed and time. However, with the increase of feeding rate, the mass loss rate decreased. The suitable working parameters of the peeling machine were as follows: The rotating speed and time should be about 205 r/min and 3.5 min respectively, with feeding speed at about 105 kg/h. The mass loss rate could reach only

11.1%. Meanwhile, the lifting scheme of the full automatic mechanical peeling machine was controlled by the main motor, water pump, inlet baffle, discharging mouth damper using PLC and frequency converter.

Keywords: potato; peeling; rubbing; efficacy test

马铃薯为茄科茄属植物,是全球第四大重要的粮食作物^[1]。截至 2014 年,中国马铃薯种植面积约为 5.6146×10^6 hm²,产量约为 9 551.5 万 t^[2],均占到世界的 1/4 左右。中国已成为马铃薯生产和消费的第一大国^[3]。然而,中国马铃薯加工产业却十分落后,加工量仅为 5%^[4]。2016 年,农业部发布《关于推进马铃薯产业开发的指导意见》,提出将马铃薯作为主粮产品进行产业化开发,到 2020 年,马铃薯种植面积扩大到 667 万 hm² 以上,适宜主食加工的品种种植比例将达到 30%,主食消费占马铃薯总消费量的 30%^[5]。

脱皮技术一直是制约马铃薯产业发展的关键性问题,要促进马铃薯产业发展,必须解决该问题。目前,学者们对马铃薯脱皮装置的研究已取得了一定的成果^[6-8],如刘守江等^[9]研发了马铃薯切削去皮装置,利用可调节切削刀片进行脱皮,解决了切削厚度不可调节的问题,提高了马铃薯的利用率,但该装置加工量小,无法实现连续作业;Wang^[10]发明了一种既可以去皮又可以去核切片的马铃薯与苹果去皮装置,该装置利用摇臂控制削皮、取芯和切薄片等操作,去皮切片效果良好,对物料的尺寸没有严格要求,但是存在效率低、切削宽度大等缺点;Chand 等^[11]研究了一种脚踏式马铃薯去皮切片器,利用表面凸起的去皮辊摩擦物料实现去皮,同时还可以实现切片功能,但该装置存在耗费人力,生产成本高的问题。

针对上述问题,本研究拟设计一种揉搓式马铃薯脱皮装置,并进行试验研究,同时提出马铃薯脱皮装置的自动化

基金项目:国家自然科学基金地区基金项目(编号:31260410)

作者简介:杨嘉鹏,男,新疆工程学院讲师,硕士。

通信作者:杨忠强(1981—),男,新疆农业科学院副研究员,本科。

E-mail: 13319890609@163.com

收稿日期:2017-06-30

提升方式,为自动化马铃薯脱皮装置的研制提供理论依据。

1 总体结构和工作原理

1.1 总体结构

揉搓式马铃薯脱皮装置主要由出料口、上机体、进料口、电机、喷水装置、出料控制装置、锁紧装置、脱皮辊、接料板、水泵、过滤装置、水箱、泄水阀、下机架和螺旋毛刷辊组成(见图1)。

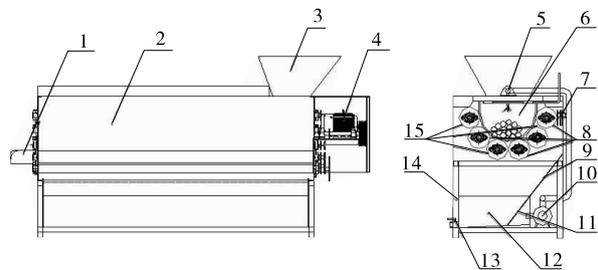


图1 揉搓式马铃薯脱皮装置

Figure 1 Rub peeling machine for potato

马铃薯经进料口进入到脱皮辊和毛刷辊组成的U型槽内,在脱皮辊和螺旋毛刷辊的带动下不断滚动,马铃薯之间相互挤压摩擦,在脱皮辊的摩擦作用下脱皮,在螺旋毛刷辊及喷水装置所产生一定压力的水的作用下清洗,马铃薯的表皮及其他杂质不断被清洗干净,通过PLC控制主电机的工作时间来实现出料装置的打开,控制螺旋毛刷辊,将脱皮后的马铃薯推送至出料口,表皮及杂质通过脱皮辊和螺旋毛刷辊之间的间隙随水流下,经接料板排至水箱中。

1.2 自动化控制部分

马铃薯脱皮装置中的自动化装置采用三菱的FX2N系列PLC和变频器对主电动机、水泵、进料口挡板、出料口挡板进行控制,以达到最优工艺组合^[12-14]。采用PLC作为控制核心,使用变频器对电机进行调速,简化了系统硬件结构,使得主电机调速更加平滑,节约了能量,并可根据后期系统优化的需要,进行程序的编写及加入外围电路,使得脱皮装置效率更高。

控制系统工作原理见图2,通过控制面板对PLC发送指令,进料装置面板打开,待脱皮马铃薯进入到U型槽后,PLC控制主电动机旋转,从而带动脱皮辊和毛刷辊旋转,同时,PLC对水泵发送命令,使其启动,对马铃薯进行清洗、脱皮,清洗完毕后,出料装置面板打开,马铃薯在旋转毛刷辊的带动下,进入出料口。在整个控制系统中,PLC可通过变频器改变主电动机的旋转速度,从而使脱皮辊和毛刷辊达到最优转速,还能通过PLC设置主电机的工作时间,实现马铃薯脱皮的最优加工时间。为了控制喷水装置的出水量和水速,在水泵前一级加入了变频器,可通过PLC实现对水泵的转速控制。另外,可通过控制面板设置主电机和水泵旋转速度、脱皮时间、辊轴旋转方向,控制面板上的液晶屏可显示当前

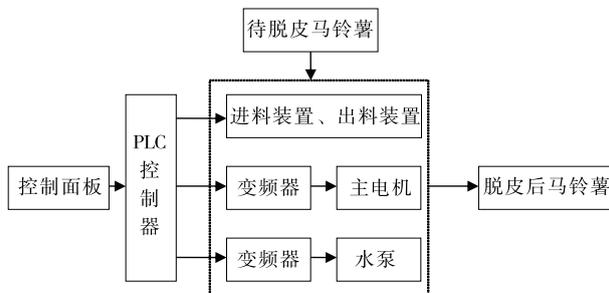


图2 控制系统组成原理图

Figure 2 The principle diagram of the control system

主电机转速、水泵转速、电机频率等参数。

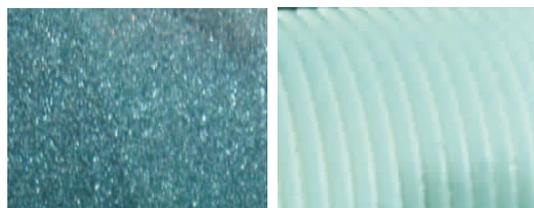
2 主要部件设计

2.1 脱皮辊

脱皮辊是由光滑辊和金刚砂表层组成,金刚砂纸可根据脱皮物料的不同进行更换,金刚砂材料选用具有耐磨、耐水特性的物料。脱皮辊与螺旋毛刷辊呈交替排列。

2.2 螺旋毛刷辊

毛刷辊选用具有螺旋推送功能的毛刷,毛刷辊上的刷洗毛材料主要为尼龙610刷丝,该材料抗磨损性能较好,具有耐高温耐酸碱等特性,弹性较好,抗刷洗强度大,且不易倒毛,符合食品卫生要求。脱皮棍与螺旋毛刷辊选材示意图3。



脱皮棍金刚砂层

螺旋毛刷辊

图3 脱皮棍与螺旋毛刷辊选材示意

Figure 3 Diagram of peeling stick and spiral brush roller

2.3 U型槽体设计

U型槽体是由脱皮辊和毛刷辊组成。设计成U型原因主要有以下三方面:①有利于马铃薯进入U型空间内,防止其在转动过程中掉落出机体,可实现马铃薯的自由进入和脱皮后排出;②可以近距离观察马铃薯在U型空间内的运动状态,随着脱皮辊和毛刷辊的相互转动,带动马铃薯在脱皮辊和毛刷辊之间旋转,实现单个物料自转摩擦,同时槽内物料实现整体运转摩擦;③可以实现物料集中喷水清洗,不用改变喷水的角度,减少清洗水用水量。

3 试验材料与方法

3.1 试验材料

马铃薯:单粒重237~824g,初始湿基含水率为82.14%±0.50%(烘干法,105℃,24h),购于乌鲁木齐北园春市场。

3.2 试验指标的确定

由于马铃薯的形态各异,表面也并非完全平滑,具有随

机性,因此马铃薯去皮效果的评价采用模糊评价原则,即除马铃薯凹陷区域没被去皮之外,其他部分均被磨损掉则视为达到预期去皮效果。因此不再另设指标对马铃薯去皮效果做出评价。每组试验平行 3 次,结果选取平均值。

3.3 计算方法

试验中质量损失率是判定马铃薯去皮效果的重要指标。脱去马铃薯表皮部分越多,马铃薯表面脱皮效果越好,但同时也会带来马铃薯果肉质量损失率的提高。试验中质量损失率按式(1)计算:

$$s = \frac{M - m}{M} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

s ——马铃薯去皮质量损失率,%;

M ——试验前马铃薯的总质量,g;

m ——试验后马铃薯的总质量,g。

3.4 单因素及正交试验

根据前期预试验,结合设备自身特点,选用的脱皮辊转速、脱皮时间和喂入量为影响马铃薯脱皮效果的影响因素,其中以脱皮辊转速 150~250 r/min,脱皮时间 2~4 min,喂入量 80~110 kg,分别进行单因素试验,并在单因素试验的基础上,采用正交试验获取揉搓式马铃薯脱皮装置最优的参数组合。

4 结果与分析

4.1 单因素试验

4.1.1 辊转速对马铃薯脱皮效果的影响 由图 4 可知,随着脱皮辊转速的增大,质量损失率急剧增加,因为随着脱皮辊转速增大,脱皮辊、螺旋毛刷辊与马铃薯表面接触的次数增加,马铃薯表面被刷下的部分增加,脱皮效果越好,进而质量损失率增加,但是相应的马铃薯果肉损失率也增加,综合考虑,脱皮辊转速在 200~225 r/min 时较为理想。

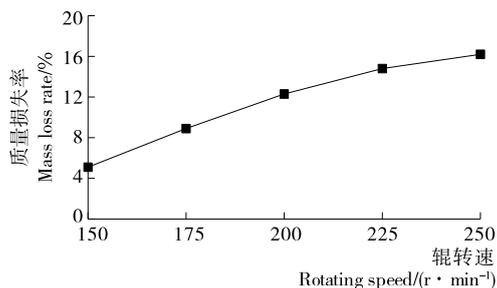


图 4 不同辊转速下的马铃薯的质量损失率

Figure 4 Effect of different roller speed on mass loss rate

4.1.2 脱皮时间对马铃薯脱皮效果的影响 由图 5 可知,随着脱皮时间的延长,马铃薯表面的皮脱得越干净,作业效果越好,与辊转速对马铃薯质量损失率的影响趋势相同,随着马铃薯在脱皮装置内时间的延长,马铃薯果肉的质量损失率也随之增加,此外,较长的脱皮时间也会使得整机的生产率降低。故选取去皮 3 min 左右较为适宜。

4.1.3 喂料量对马铃薯脱皮效果的影响 由图 6 可知,随着单位时间内马铃薯喂料量的增加,马铃薯的质量损失率随之

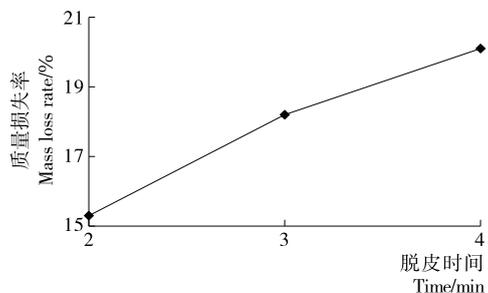


图 5 不同脱皮时间下的马铃薯的质量损失率

Figure 5 Effect of different peeling time on mass loss rate

降低,主要是脱皮机内马铃薯的数量越多,单位时间内马铃薯与脱皮辊和毛刷接触的次数越少,马铃薯表皮被刷掉的几率降低,部分马铃薯表皮没有来得及被刷掉就已被后续喂入的料推出脱皮腔,故而质量损失率降低,影响脱皮效果。同时喂料量的增加,加剧了马铃薯间及其与辊之间的碰撞次数,造成马铃薯表面易出现不必要的创伤。综合考虑,选择马铃薯的喂料量为 100 kg/h 左右较为适宜。

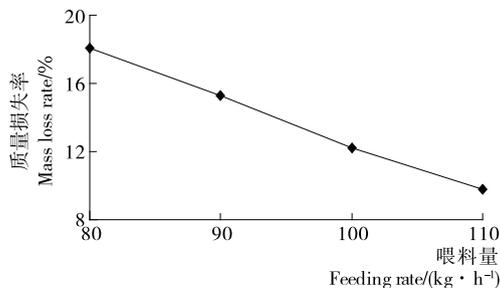


图 6 不同喂料量下的马铃薯的质量损失率

Figure 6 Effect of different feed rate on mass loss rate

4.2 正交试验

在单因素试验的基础上,采用三因素三水平的正交试验(见表 1),获取揉搓式马铃薯脱皮装置最优的参数组合。

表 1 试验因素及水平表

Table 1 Experimental factors and levels

水平	A 辊转速/ (r · min ⁻¹)	B 去皮时间/ min	C 喂料量/ (kg · h ⁻¹)
1	205	2.5	95
2	215	3.0	100
3	225	3.5	105

由表 2 可知,因素影响大小顺序为 A>B>C,最优工艺组合为 A₁B₃C₃,即辊转速 205 r/min,去皮时间 3.5 min,喂料量 105 kg/h。

4.3 验证实验

通过 3 组平行验证试验结果表明,当辊转速 205 r/min,去皮时间 3.5 min,喂料量 105 kg/h 时,马铃薯质量损失率最低,为 11.1%,与正交试验数据表中列出的最优组(试验 3)所得质量损失率结果(10.9%)相吻合。马铃薯表皮脱去部分较多,除凹陷区域未被去皮之外,已达到预期去皮效果。

表2 正交试验数据表

Table 2 Orthogonal experimental data

序号	A	B	C	D(空列)	质量损失率/%
1	1	1	1	1	12.2
2	1	2	2	2	14.8
3	1	3	3	3	10.9
4	2	1	2	3	13.5
5	2	2	3	1	16.8
6	2	3	1	2	17.5
7	3	1	3	2	13.1
8	3	2	1	3	21.3
9	3	3	2	1	18.7

T ₁	12.633	12.933	17.000	15.900	
T ₂	15.933	17.633	15.667	15.133	
T ₃	17.700	15.700	13.600	15.233	
R	5.067	4.700	3.400	0.767	

5 结语

本研究对揉搓式马铃薯脱皮装置进行了脱皮试验,详细分析了影响马铃薯脱皮质量损失率的3个因素,通过单因素及正交试验获得马铃薯脱皮装置的最优工艺参数,并实现了揉搓式马铃薯脱皮装置的全程自动化。本装置的特点:

① 通过揉搓实现马铃薯脱皮效果的提升,避免了现有脱皮方式的弊端,同时自输送可实现连续化作业,提高生产效率;

② 装置结构简单,操作方便,经济安全。

下一步计划实现马铃薯脱皮全程自动化,形成进料、脱皮、出料、清洗、切片、包装一体化生产线。

参考文献

- [1] 李智菲,李卫涛,押辉远.马铃薯全基因组 LTR 反转录转座子分析[J].湖北农业科学,2013(17):4 235-4 237.
- [2] Food Agriculture Organization.Production[EB/OL]. [2017-04-07]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/Q-C>.
- [3] 李子涵,杨晓晶.世界及中国马铃薯产业发展分析[J].中国食物与营养,2016(5):5-9.
- [4] 陈海峰,刘晴.马铃薯去皮技术的研究进展[J].食品工业,2016,10(37):229-232.
- [5] 孟庆书,黄键裕,任伟平,等.马铃薯去皮技术研究进展[J].仲恺农业工程学院学报,2016(2):67-71.
- [6] 宗望远,朱松德,王巧华,等.马铃薯蒸汽去皮试验研究[J].湖北农业科学,2002(3):18-20.
- [7] GARROTE R L, SILVA E R, BERTONE R A. Effect of thermal treatment on steam peeled potatoes[J]. Journal of Food Engineering, 2000, 45(1): 67-76.
- [8] 陈绍光.马铃薯化学去皮技术研究[J].湖南农业科学,1998(4):40-41.
- [9] 刘守江,张艳来,苟明成. JL-II 型马铃薯切屑去皮机的研制[J].农机化研究,1995(2):17-20.
- [10] WANG P. Apple/potato peeler: US, 6854383[P]. 2005-02-15.
- [11] CHAND K, PANDEY R K, SHAHI N C, et al. Pedal operated integrated potato peeler and slicer[J]. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 2013, 44(1): 65-68.
- [12] 李华延.山药全自动削皮机装置与控制系统研究[D].青岛:青岛理工大学,2015:34.
- [13] 廖育武.基于 PT/PLC 的瓜果去皮生产线智能控制系统设计[J].食品与机械,2013,29(3):161-164.
- [14] 潘光杰,孙传祝,张志杉,等.揉搓式豌豆脱皮机研究与设计[J].食品与机械,2012,28(4):146-148.

《保鲜与加工》杂志 2018 年征订征稿启事

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE 中国核心学术期刊
- 中国农业核心期刊
- 中国北方优秀期刊
- 中国学术期刊(光盘版)收录期刊
- 美国《化学文摘》(CA)收录期刊
- 英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录期刊
- 英国《食品科技文摘》(FSTA)收录期刊

主管:天津市农业科学院

主办:国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)

国际标准连续出版物号:ISSN 1009-6221

国内统一连续出版物号:CN 12-1330/S

邮发代号:6-146 双月刊,逢单月 10 日出版,单价 18 元,全年 108 元。

《保鲜与加工》杂志是我国农产品采后技术研究领域的中文核心期刊,据中国知网的最新统计结果,5 年复合影响因子为 1.340。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息。主要设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、食品安全、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

欢迎在全国各地邮局(所)或邮编部订订,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类相关广告。

通讯地址:天津市西青区津静公路 17 公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部,邮编:300384

电话:022-27948711,联系邮箱:bxjyg@163.com,投稿平台:www.bxjyg.com

● 欢迎订阅 发布广告

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE 中国核心学术期刊
- 国内外公开发行人期刊
- 入选《中国知识资源总库·科技精品期刊》
- 《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊
- 《中国期刊网》全文数据库收录期刊
- 万方数据—数字期刊群全文收录期刊
- 俄罗斯《文摘杂志》(AJ, VINITI) 收录期刊
- 美国《化学文摘》(CA) 收录期刊
- 波兰《哥白尼索引》(IC) 收录期刊
- 英国《食品科技文摘》(FSTA) 收录期刊
- 英国《全球健康》(Global Health) 收录期刊
- 英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI) 收录期刊
- 美国《乌利希期刊指南》(UPD) 收录期刊

《中国调味品》 CHINA CONDIMENT

《中国调味品》杂志是中文核心期刊。于1976年创刊,是调味品行业国内外公开发行的专业技术刊物。三十多年来我刊本着为行业服务,推动行业技术进步的宗旨,以先进性、实用性、信息量大的特点办刊,受到业内人士欢迎。

《中国调味品》主要刊载食品添加剂、酱油、食醋、盐、酱腌菜、豆腐乳、方便面、香辛料、鲜味剂、甜味剂、核苷酸、复合调味料及有关调味技术等领域的新技术、新工艺、新设备等内容。设有“基础研究”、“技术研发”、“分析检测”、“食品添加剂”、“专论综述”等专栏。

中国人调味品专家 第六版食品工业

刊号:ISSN 1000-9973 邮发代号:14-13 月刊 大16开 正文200页 15.00元/期 180.00元/年
CN 23-1299/TS

地址:哈尔滨利民经济开发区南京路6号 邮编:150025 电话(传真):0451-87137077 87137088

E-mail: zgtwp1976@vip.163.com

开户行:哈尔滨银行利民经济开发区支行 户名:哈尔滨市食品工业研究所有限公司 帐号:1278011151860079

《中国调味品》杂志社 全国调味品科技情报中心站