

番茄酱生产线自动除杂选果装置的研制及试验

Preparation and experimental study on online removing impurities and sorting device in tomato sauce factory

刘智勇 杨嘉鹏 刘俊霞 王晓辉

LIU Zhi-yong YANG Jia-peng LIU Jun-xia WANG Xiao-hui

刘文 袁勇 孙天龙 海玲

LIU Wen YUAN Yong SUN Tian-long HAI ling

(新疆工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

摘要:番茄酱厂依靠大量人力捡拾清除杂质,费时费工,效率低,食品卫生也难以保障。研制可替代人工清理杂草及杂质的自动除杂选果装置,主要由支架、滚筒、防滑花纹传送带、侧挡板、挡杂板、电动机、减速机、光电传感器及自控系统构成。通过试验分析,当除杂选果机工作角度在 $25^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 时,装置选果率和除杂率高,且番茄滚落速度快,适合连续处理大量含杂质原料,几乎可以达到100%的果料与非果料杂质的分离。

关键词:番茄;除杂选果;传送带;类球形果料;纯力学原理

Abstract: Tomato sauce factory impurities removing mainly rely on a large number of manpower. It is not only time wasting, low collecting effect, and the food hygiene is also difficult to secure. The study developed an automatic removing impurity sorting device which can alternative artificial clean up the weeds and impurity. The device was composed of the bracket, roller, non-slip pattern conveyor belt, side baffle, baffle plate, motor, reducer, photoelectric sensor and automatic control system. The experimental analysis demonstrated that when removing impurity sorting machine working angle between 25° to 45° , the device selected fruit rate and the rate of removing impurity were high, with high speed tomato rolling, and suited for the continuous processing of large amounts of impurities in raw material. It is almost can reach 100% of the s. s. and s. s. separation of impurities.

Keywords: tomato; removing impurities and sorting; conveyor belt; similar round fruit-type materials; pure mechanics principle

中国是世界第一大番茄制品出口国,新疆番茄酱出口占中国的近七成,占国际贸易量的30%左右。番茄产业作为新疆“红色产业”的龙头,已成为新疆农产品的出口创汇型支柱产业^[1]。据统计^[2],2013年累计收购工业番茄原料383.71万t,生产出番茄酱共计49.45万t,番茄酱产量较前一年增加了5.93万t,增长13.62%。截至2013年底,新疆共有110家生产企业,生产能力超过145万t。由于目前番茄采摘逐步机械化^[3],故采摘后的物料中混杂的杂草、茎蔓、地膜、滴灌管等杂质较多。据笔者于2014年在中粮屯河新疆吉木萨尔番茄制品厂调查,目前番茄原料中杂质率达到了2%~6%,这些问题不仅容易造成阻塞、缠绕等问题,进而造成机器故障、损坏,乃至需要停运检修,既耗费了大量人力,造成成本上升,还严重影响了番茄酱的品质^[4]。

目前,番茄酱厂主要依靠大量人力捡拾来清除杂质,不仅费时费工,捡拾效果也因人而异,而且食品卫生也难以得到保障。现也有一些除杂装置的研究^[5],如利用CCD传感器辨色^[6],PLC控制气动弹片除杂的色选仪^[7],但价格昂贵,且只对青果除杂有效,对其他非果类杂质除杂效果不好。针对番茄酱生产线中存在的这些问题,开发了一套自动除杂选果装置。该设备采用纯力学原理,利用简单的传送带装置,配合自动控制系统来实现,并且该装置便于与其他装置配合使用。

1 基本结构及工作原理

1.1 基本结构

该除杂选果装置(图1)主要由支架、滚筒、防滑花纹传送带、侧挡板、挡杂板、电动机、减速机、光电传感器^[8]及自控系统构成。各部件的主要功能包括:电动机通过减速机拖动滚筒以一定速率转动,带动防滑花纹传送带以一定速度向上做

基金项目:新疆工程学院科研基金项目(编号:2013xgy081412)

作者简介:刘智勇(1968—),男,新疆工程学院实验师。

E-mail: 305793121@qq.com

通讯作者:杨嘉鹏

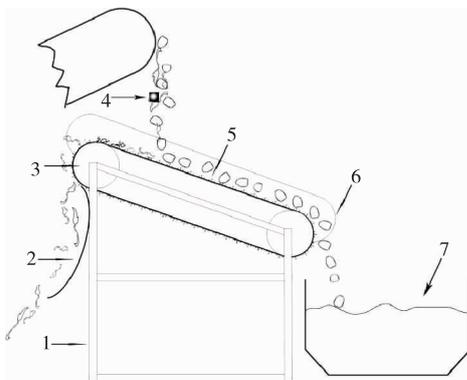
收稿日期:2015-04-30

输送运动,防滑花纹传送带表面有柔性梳齿结构,梳齿高2 cm,梳齿间距15 cm。当含杂质的番茄原料由提升机或流送槽输送落在传送带表面时,果料与杂质由于受力情况的明显差别而自动分离。挡杂板阻挡由传送带上端落下的杂质以收集。并可以刮落粘附在带上的杂质。侧挡板紧贴传送带两侧防止原料侧漏,支架支持该装置,一侧可以升降以调整带面倾角。其他如光电传感器^[9]主要作用是配合PLC自动控制^[10,11]传送带启停、调速及调整带面倾角。

1.2 工作原理

番茄酱生产线自动除杂选果装置主要是利用落在斜面上不同形状的物体因受合外力情况的差异,使得物料发生滚动或滑动的临界角度不同的原理(图1),将物料倾倒在倾斜适当角度且摩擦系数很高的防滑花纹传送带上,番茄果料类似球体,带面倾角角度大于其滚动临界角度因此可以滚动,非果类杂质一般为条块状,带面倾角角度小于其滚动或滑动临界角度所以难以向下滚动或滑动。这样当含杂质果料落在向上传动的有一定倾角防滑花纹传送带上的类球形果料与非果类杂质在带面上受力的明显差别导致类球形果料与非果类杂质运动方向相反,果料沿带面向下滚落,杂质随传送带向上运动由高端坠落从而实现除杂选果目的,具体的工作流程为:

- (1) 过程一:所述番茄酱生产线自动除杂选果装置工作时防滑花纹传送带以一定倾角(15°~45°可调)缓速(7~10 m/min可调)沿带面向高端传动;
- (2) 过程二:含杂质原料由其他设备(流送槽或刮板提升机)输送,使其落在防滑花纹传送带中上部;
- (3) 过程三:类球形果料落在防滑花纹传送带上后受到的重力使果料向下滚动的分力远大于其受到的带面滚动摩擦阻力,果料沿防滑花纹传送带带面滚下的速度几乎与传送带滚动摩擦力阻无关,果料向下滚动的速度远大于传送带带面速度,因此果料在重力作用下沿倾斜带面向下滚动,从传送带低端滚落进入下一级流送槽或料池;
- (4) 过程四:同时落在防滑花纹传送带上的各类杂质(杂草、茎蔓、皮叶、地膜、滴灌管及烂损果料等)形状基本为扁



1. 支架 2. 挡杂板 3. 滚筒 4. 光电传感器 5. 防滑花纹传送带 6. 侧挡板 7. 下一级流送槽

图1 番茄酱生产线自动除杂选果装置工作原理图

Figure 1 Theory diagram of auto-removing impurities and choice fruits device for tomato ketchup production line

长状因而较难滚动,其所受防滑花纹传送带带面滑动摩擦阻力远远大于重力沿带面向下的分力,在带面滑动摩擦阻力及梳齿阻力作用下难以向下运动,因而各类杂质随传送带向上运动并从高端掉落,由挡杂板收集;且挡杂板上端紧贴传送带下面有利于部分粘附杂质剥离带面。

(5) 过程五:果料向下由传送带低端滚落,各类非果料杂质随带面向上运动由传送带高端掉落,从而实现类球形果料和非果类杂质分离,完成除杂选果工作。

(6) 过程六:利用光电门配合单片机或PLC实现自动启停,调速,调带面倾角控制。如当落在带面的原料量大时,为防止原料堆积,可加大倾角同时提高带速。

1.3 力学分析

1.3.1 番茄在传送带上的受力分析 如图2所示将番茄等效为一个球体,球体在重力G作用下,有一个使其向下滚动的分力 F_f ,同时受到阻碍其滚动滚动摩擦力 f 。番茄酱加工中番茄是在水中流送的,相当于有一定的润滑剂,此时番茄与花纹传送带的滚动摩擦系数概值^[12] $\mu=0.01\sim 0.06$,本试验取0.04,设番茄为质量 $m=0.1$ kg,平均半径 $r=2.5$ cm, $g=9.8$ N/kg。

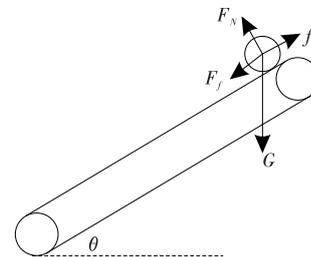


图2 番茄受力分析图

Figure 2 Force analysis diagram of tomato

(1) 当 $\theta=15^\circ$ 时,则重力沿带面向下的分力:

$$F_f = G \times \sin 15^\circ = 0.1 \times 9.8 \times 0.26 = 0.255 \text{ N}$$

滚动摩擦定律的经验公式:

$$M = F_N \times \mu \rightarrow f \times r = F_N \times \mu \tag{1}$$

滚动摩擦力:

$$f = \frac{F_N \times \mu}{r} = \frac{G \times \cos 15^\circ \times 0.04}{5} = \frac{0.1 \times 9.8 \times 0.96 \times 0.04}{2.5} =$$

0.015 N

因 $F_f > f$,所以番茄沿带面以一定加速度滚落。

(2) 当 $\theta=30^\circ$ 时,则重力沿带面向下的分力:

$$F_f = G \times \sin 30^\circ = 0.1 \times 9.8 \times 0.5 = 0.49 \text{ N}$$

根据式(1)滚动摩擦力:

$$f = \frac{F_N \times \mu}{r} = \frac{G \times \cos 30^\circ \times 0.04}{5} = \frac{0.1 \times 9.8 \times 0.866 \times 0.04}{2.5} =$$

0.013 6 N

因 $F_f > f$,所以番茄沿带面以一定加速度滚落。

理论计算中只要 $\theta > 1^\circ$ 就满足 $F_f > f$,番茄就可滚落,但考虑到实际生产线上番茄原料输送量大,需要番茄具有一定滚动速度才能满足生产需要,因此,试验中工作角度从 10° 开始进行。

1.3.2 杂质在传送带上的受力分析 如图3所示将杂质按

其所占空间等效为一个扁平长方体,球体在重力 G' 作用下,有一个沿带面向下的分力 F'_f ,同时受到静摩擦力 f' 。杂质与花纹传送带的滑动摩擦系数概值 $\mu=1\sim 4^{[13]}$,本试验取 2,设杂质质量 $m=0.05\text{ kg}$ 。

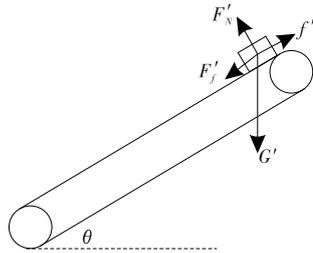


图 3 杂质受力分析图

Figure 3 Force analysis diagram of impurities

(1) 当 $\theta=30^\circ$ 时,则重力沿带面向下的分力 $F'_f=G'\times\sin 30^\circ=0.05\times 9.8\times 0.5=0.25\text{ N}$,静摩擦力 $f'=F'_N\times\mu=G'\times\cos 30^\circ\times 2=0.05\times 9.8\times 0.866\times 2=0.47\text{ N}$,因 $f'>F'_f$,所以杂质随带面向上运动并由高端掉落。

(2) 当 $\theta=45^\circ$ 时,则重力沿带面向下的分力 $F'_f=G'\times\sin 45^\circ=0.05\times 9.8\times 0.707=0.343\text{ N}$,静摩擦力 $f'=F'_N\times\mu=G'\times\cos 45^\circ\times 2=0.05\times 9.8\times 0.707\times 2=0.69\text{ N}$,因 $f'>F'_f$,所以杂质不能滑下而随带面向上运动。

理论计算中只要 $\theta<60^\circ$ 就满足 $f'>F'_f$,杂质就可随带面向上运动,但考虑到当传送带倾角接近 60° 后有部分杂质开始与番茄原料一起滚落,影响除杂效果,因此,试验中工作角度到 60° 结束。

1.4 试验方法与步骤

将 5 kg 的番茄原料与 0.5 kg 的典型杂质混合(如:块状杂质包括玉米芯、植物根茎块、烂损番茄等;条状杂质包括杂草、茎蔓、地膜、滴灌管),试验角度设定为 $10^\circ\sim 60^\circ$,角度增量为 5° ,每个角度测试 5 次取平均值。每次设定好传送带带面倾角后开动样机,传送带以 $7\sim 10\text{ m/min}$ 的带速向高端运行。模拟刮板提升机^[14]向带面倾倒含杂质原料,以番茄沿传送带滚下到传送带低端掉落为果料选出;以番茄随传送带向上运动并由高端掉落为果料漏选;以杂质随传送带向上运动并由高端掉落为杂质选出;以杂质沿传送带滚下到传送带低端掉落为杂质漏选。观察试验结果,记录试验数据计算选出率并分析。

2 试验结果分析

由表 1 可知:

(1) 该机在 $10^\circ\sim 60^\circ$ 的工作范围内除杂率和选果率均在 90% 以上。

(2) 该机在 $10^\circ\sim 60^\circ$ 的工作范围内对条状杂质的除杂率几乎全在 100%。只有在超过 55° 时少量条状杂质成团滚下,使除杂率稍有下降。而条状杂质是造成生产线上设备发生阻塞、缠绕等问题而造成机器故障、损坏乃至需要停运检修的主要因素。

(3) 该机在倾角低于 20° 时,会有少量番茄原料漏选。而在 $30^\circ\sim 60^\circ$ 的工作范围内所有番茄原料均能滚下,果料选出率达 100%。

表 1 防滑花纹传送带式番茄酱生产线自动除杂选果装置样机测试数据表

Table 1 Experimental data of auto-removing impurities and choice fruits device for tomato ketchup production line

测试角度/ (°)	果料选出 率/%	块状杂质选 出率/%	条状杂质选 出率/%	杂质综合选 出率/%
10	93	100	100	100
15	94	100	100	100
20	97	100	100	100
25	99	100	100	100
30	100	100	100	100
35	100	100	100	100
40	100	97	100	99
45	100	96	100	98
50	100	93	100	97
55	100	93	99	95
60	100	91	96	94

(4) 该机在 $10^\circ\sim 35^\circ$ 的工作范围内块状杂质选出率均为 100%。而在 $40^\circ\sim 60^\circ$ 的工作范围内块状杂质选出率有所下降。

通过试验观察和数据分析,除杂选果机工作角度在 $25^\circ\sim 45^\circ$ 时,选果率和除杂率均很高,且番茄果料滚落速度快,适合连续处理大量含杂质原料,为最佳工作角度范围。测试中梳齿在工作角度较大时阻挡杂质效果明显。理论上使用平面传送带也能达到理想的除杂选果效果,但除杂率略低、最佳工作角度范围较窄。

3 结论

番茄酱生产线自动除杂选果装置几乎可以达到 100% 的果料与非果料杂质的分离,具有性能稳定、自动分选强、除杂面广、除杂率高、吞吐量较大、结构简单、造价低等优点,并易于在现有生产线中改造加装并能与色选仪等其他设备很好配合等特点。不仅可有效提高番茄酱生产过程自动化水平、节约人力资源并降低人工成本,而且有利于提高番茄加工厂的番茄酱的质量和经济效益。因此其应用前景广阔。同样,该装置也可用于其他果酱生产及食品加工的自动除杂,如核桃脱青壳后核桃与核桃青壳^[15]的分离等。

参考文献

- 李春, 关锐捷, 毛晓斌, 等. 我国番茄产业链发展报告[J]. 农村经济与科技, 2010(6): 7~10.
- 国务院新闻办公室. 《新疆的发展与进步》白皮书[Z]. 北京: 中华人民共和国国务院新闻办公室, 2009.
- 黄国伟, 毕新胜, 肖彬彬, 等. 番茄果实与茎秆分离力的影响因素分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 187~190
- 深圳市深福源信息咨询有限公司. 中国番茄酱市场供需态势与投资前景研究报告[R]. 深圳: 深圳市深福源信息咨询有限公司, 2011.

(下转第 164 页)

参考文献

- 1 王海鸥. 可食性膜及其在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 2002(5): 4~8.
- 2 蔡花真,徐艳艳,李梦琴,等. 可食性复合蛋白成膜条件研究[J]. 食品与机械,2010,26(5): 112~114.
- 3 Chen Ye, Ye Ran, Li Xiu-ming, et al. Preparation and characterization of extruded thermoplastic zein poly (propylene carbonate) film[J]. Industrial Crops and Products, 2013(49): 81~87.
- 4 Biswasa Atanu, Selling G W, Woods K K, et al. Surface modification of zein films[J]. Industrial Crops and Products, 2009, 30(1): 168~171.
- 5 Shi Ke, Huang Yu-ping, Yu Hai-long, et al. Reducing the brittleness of zein films through chemical modification[J]. J. Agric. Food Chem. , 2011, 59(1): 56~61.
- 6 Ghanbarzadeh B, Oromiehie A, Musavi M. Effect of plasticizing sugars on rheological and thermal properties of zein resins and mechanical properties of zein films[J]. Food Research International, 2006, 39(8): 882~890.
- 7 Guo H X, Heinämäki J, Yliruusi J. Stable aqueous film coating dispersion of zein[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2008, 322(2): 478~484.
- 8 刘少博,陈复生,刘昆仑,等. 胶原蛋白与大豆分离蛋白复合膜制备的研究[J]. 食品与机械,2014,30(4): 107~112.
- 9 Cunningham P, Ogale A A, Dawson P L, et al. Tensile properties of soy protein isolate films produced by a thermal compaction technique[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(4): 668~671.
- 10 Swain S N, Biswal S M, Nanda P K, et al. Biodegradable soy-based plastics: opportunities and challenges[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2004, 12(1): 35~42.
- 11 Zubov V P, Chikhacheva I P, Nikolaeva E I, et al. Microwave-assisted synthesis of composite sorbents on the basis of silica modified by polyvinyl alcohol[J]. Russian Journal of General Chemistry, 2009, 79(2): 191~194.
- 12 Li Ji, Zu Yuan-gang, Luo Meng, et al. Aqueous enzymatic process assisted by microwave extraction of oil from yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.) seed kernels and its quality evaluation[J]. Food Chemistry, 2013, 138(4): 2 152~2 158.
- 13 张德欣,李治龙,刘新华. 微波处理对提高谷朊粉品质的影响[J]. 农产品加工,2010(6): 45~49.
- 14 陈剑兵,夏其乐,张俊,等. 微波技术对大豆蛋白功能特性的影响[J]. 保鲜与加工,2007,7(4): 33~35.
- 15 Copty A B, Neve O Y, Barak I, et al. Evidence for a specific microwave radiation effect on the green fluorescent protein[J]. Biophysical Journal, 2006, 91(4): 1 413~1 423.
- 16 顾璐萍. 食品蛋白质的性质对其成膜性能的影响[D]. 无锡:江南大学,2013.
- 17 李超,李强,李梦琴,等. 制膜条件对可食性小麦面筋蛋白膜机械性能的影响[J]. 广州食品工业科技,2004,20(4): 8~11.
- 18 贾祥祥,郭兴凤,鲁亚楠,等. 制备条件对玉米醇溶蛋白膜机械性能的影响[J]. 粮食与饲料工业,2012(7): 36~40.
- 19 艾志录,李梦芹,张平安,等. 小麦面筋蛋白膜的研制及其耐湿性的改善[J]. 中国食品学报,2003,3(4): 56~61.
- 20 唐亚丽,赵伟,卢立新,等. 增塑剂浓度和干燥温度对大豆蛋白膜阻油性能与机械性能的影响[J]. 安徽农业科学,2011, 39(30): 378~379.
- 21 Wang Zhe, Sun Xiu-xiu, Lian Zi-xuan, et al. The effects of ultrasonic/microwave assisted treatment on the properties of soy protein isolate/microcrystalline wheat-bran cellulose film[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 114(2): 183~191.
- 22 黄国平. 玉米醇溶蛋白的超声波提取、改性与释药性能的研究[D]. 广州:华南理工大学,2004.
- 23 姜燕,唐传核,温其标. 大豆分离蛋白膜的 DSC 分析[J]. 食品与发酵工业,2008,34(1): 28~30.
- 24 Kokoszka S, Debeaufort F, Hambleton A, et al. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies,2010, 11(3): 503~510.
- 25 刘海飞,肖志刚,王娜,等. 稳态化米糠蛋白超声波辅助提取及其性质研究[J]. 农业机械学报,2014,45(11): 235~241.
- 26 卢雁,张玮玮,王公轲. FTIR 用于变性蛋白质二级结构的研究进展[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(1): 88~93.
- 27 Gu Lu-ping, Wang Miao, Zhou Jing-wen. Effects of protein interactions on properties and microstructure of zein-gliadin composite films[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(2): 288~298.
- 28 Surewicz W K, Mantsch H H, Chapman D. Determination of protein secondary structure by Fourier transform infrared spectroscopy: a critical assessment[J]. Biochemistry, 1993, 32(2): 389~394.
- 29 Schmidt V, Giacomelli C, Soldi V. Thermal stability of films formed by soy protein isolate-sodium dodecyl sulfate[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 87(1): 25~31.
- 30 江艳,武培怡. 大豆蛋白的中红外和近红外光谱研究[J]. 化学进展,2009, 21(4): 705~714.

(上接第 113 页)

- 5 胡英,郭文松,胡万超,等. 加工番茄酱厂生产线自动除杂装置的设计[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(4): 2 356~2 357.
- 6 张雪松. 基于线阵 CCD 的红枣分选技术[J]. 食品与机械, 2008, 24(3): 81~83
- 7 孙小丽,坎杂,张若宇,等. 6SF-40 型加工番茄色选设备性能试验与参数优选[J]. 农机化研究, 2011(4): 152~154.
- 8 黄刚,薛河. 红外线光电开关在输送带速度测试系统中的应用[J]. 起重运输机械, 2005(6): 31~33.
- 9 朱仁盛,曲波. 光电传感器的应用[J]. 煤矿机电, 2000(3): 101~102.
- 10 陈海峰,张建宁,张翠珠. 全自动苹果去皮机供料系统设计与 PLC 控制[J]. 食品与机械, 2009, 25(1): 106~108.
- 11 唐立平. 气动物流输送及分拣系统的 PLC 控制[J]. 液压与气动, 2010(7): 54~56.
- 12 蔡积仁. 浅谈滚动摩擦[J]. 物理通报, 2006(2): 37~39.
- 13 C 基特. 伯克利物理学教程·第 1 卷:力学[M]. 北京:机械工业出版社,2014.
- 14 侯慧波,张春玲,蒋永衡. 新疆番茄酱的加工工艺及品质控制[J]. 农产品加工(学刊), 2010(11): 55~57.
- 15 刘西宁,程明. 6TXH-3600 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 新疆农机化, 2012(1): 23~24.