

冉 兵,王丽红,陈绍杰,等. 加工番茄籽粒的物理特性[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):275-277.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.089

# 加工番茄籽粒的物理特性

冉 兵,王丽红,陈绍杰,坎 杂,李成松

(石河子大学机械电气工程学院,新疆石河子 832003)

**摘要:**番茄产业被誉为新疆“红色产业”的龙头,每年产生酱后皮渣 20 余万 t,深加工潜力巨大。番茄籽粒物理特性与酱后皮渣分离技术密切相关。因此,以新疆地区广泛种植的加工番茄品种里格尔 87-5 籽粒为试验材料,采用标准测定方法测定加工番茄籽粒的三轴几何尺寸、比重、千粒质量、滑动摩擦角和恢复系数等有关物理特性,为加工番茄酱后皮渣机械化分离产品设计和数值模拟提供依据与原始物理参数。

**关键词:**加工番茄;籽粒;酱后皮渣分离技术;物理特性;试验研究

**中图分类号:** S226.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0275-03

番茄是世界蔬菜类中产量最高的品种<sup>[1]</sup>,目前全球三大番茄制品加工产区为美国加州河谷产区、地中海地区(主要包括意大利、法国、西班牙、葡萄牙和希腊 5 国)和中国。2012 年中国新疆地区加工番茄种植面积约 5.87 万 hm<sup>2</sup>,产量为 579.46 万 t,占全国总产量的 84.80%,生产番茄酱 62.87 万 t<sup>[2]</sup>,产生酱后皮渣 20 余万 t(约占番茄总量的 3%~5%)<sup>[3]</sup>。酱后皮渣深加工潜力巨大,但目前皮渣主要依靠人工分离,生产效率低,劳动强度大,大量的皮渣被作为牲畜饲料或肥料,未及时清运的皮渣则被废弃掉,既浪费资源,又污染环境。酱后皮渣机械化分离可提高企业的生产效率,有利于番茄产业链的延伸,提高番茄的附加值。Kaur 等利用立式搅拌与沉淀池相结合的分离方式实现皮渣中籽、皮分离<sup>[4]</sup>;刘伯堂研究了脱水干燥和干法皮籽分离组合生产的揉搓分离方法<sup>[5]</sup>;王丽红等创造性地采用将离心筛分和斜板沉降相结

合的双作用酱后皮渣分离方法<sup>[6]</sup>。番茄籽粒物理特性参数是酱后皮渣机械化分离技术研究的基础,我国有关水稻、油菜、芡实和莲子等几何形态及物理特性研究报道较多<sup>[7-10]</sup>,但有关番茄籽粒相关物理特性的研究报道较少。本研究针对目前在新疆地区广泛种植的里格尔 87-5 加工番茄品种的籽粒进行研究,获得番茄籽粒的三轴尺寸、比重、千粒质量、滑动摩擦角和恢复系数等物理特性,为加工番茄酱后皮渣机械化分离关键部件的设计和数值模拟边界参数的确定提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验在石河子大学机电学院兵团农业机械重点实验室进行,采用新疆地区广泛种植的里格尔 87-5 加工番茄籽粒,测得试验所用籽粒的含水率为 10%。去除杂质和不完整粒后,随机选取番茄籽粒作为待测粒,存放于试验样品盒中。

### 1.2 试验方法

加工番茄籽粒的几何尺寸(三轴尺寸)、基本物理特性参数(千粒质量、比重)、滑动摩擦特性(接触材料为玻璃板、PVC 板、不锈钢板)和恢复系数(接触材料为玻璃板、PVC 板、不锈钢板,厚度 3 mm)的测定方法严格按照相关标准及文献[11]中的规定方法进行,测定时随机抽取番茄籽粒,多次重

收稿日期:2014-03-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:31160347)。

作者简介:冉 兵(1989—),男,甘肃会宁人,硕士研究生,主要从事现代机械设计研究。E-mail:810120254@qq.com。

通信作者:王丽红,博士,副教授,主要从事现代农业装备的研究与开发。E-mail:wlh\_shz@163.com。

茶树花微波处理最佳工艺参数为微波强度 100%,浸提时间 1 h,料液比为 1 g:15 mL,提取温度为 50℃。在此微波辅助条件下进行正交试验,得到茶树花多糖提取的最佳工艺参数为醇沉浓度 80%,醇沉温度 25℃,醇沉时间 24 h,提取率为 2.61%,比杨玉明等水提法提取茶多糖提取率<sup>[10]</sup>高。

## 参考文献:

- [1]黄阿根,董瑞建,韦 红. 茶树花活性成分的分析与鉴定[J]. 食品科学,2007,28(7):400-403.
- [2]Aica I D,Don M,Tonello F. Porent inhibitors of anthrax lethal factor form gteen tea[J]. EMBO Reports,2004,5(4):418-422.
- [3]刘霞林. 茶叶中糖类研究进展[J]. 福建茶叶,2004(3):27-28.
- [4]何学斌,薛存宽,魏守蓉,等. 茶多糖对  $\alpha$ -淀粉酶活性抑制作用

- 及对糖尿病模型大鼠血糖影响研究[J]. 医药导报,2007,26(11):1284-1286.
- [5]周斌星,孔令波,陈军贤. 普洱茶多糖的提取及降血糖的研究[J]. 中国农学通报,2009,25(15):55-59.
- [6]聂少平,谢明勇,罗 珍. 微波技术提取茶多糖的研究[J]. 食品科学,2005,26(11):103-107.
- [7]苏冰霞,葛会林,段 云,等. 山苦茶多糖提取工艺及其部分成分分析[J]. 食品科学,2013,34(12):51-55.
- [8]王元凤,金征宇. 酶法提取茶多糖工艺的研究[J]. 江苏农业科学,2005(3):122-124.
- [9]汪兴平,周 志,莫开菊,等. 微波对茶叶主要活性成分咖啡碱、茶多糖结构的影响研究[J]. 食品科学,2003,24(3):44-46.
- [10]杨玉明,马娟娟,黄阿根. 茶树花多糖提取工艺研究[J]. 中国酿造,2009,212(11):109-112.

复,结果取其平均值。

1.2.1 几何尺寸的测定 随机选取 80 粒番茄籽粒,用数字游标卡尺分别测量其长、宽、厚三轴尺寸(图 1),每个尺寸重复测定 3 次并求其平均值,确定尺寸分布范围与平均值。因酱后皮渣中番茄籽粒的筛分分离主要依靠宽度尺寸差异实现,根据国标筛孔目数规定以及番茄籽粒宽度尺寸分布范围制作相应筛分试验机,将番茄籽粒按宽度尺寸进行分级,并为筛分分离提供依据。

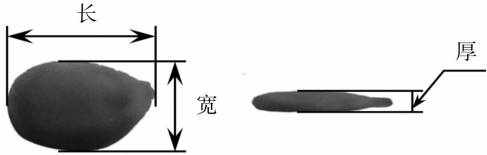


图1 番茄籽粒三轴几何尺寸

1.2.2 基本物理特性参数测定

1.2.2.1 千粒质量的测定 根据 GB 5519—2008《谷物与豆类 千粒重测定》,千粒质量是指包含水分在内的 1 000 粒试样质量,测量时从样品中随机选取 5 份完整番茄籽粒,每份 500 粒,用 DT-1002A 电子秤(精度 0.01 g)称其质量,每份样品平行测定 2 次,按公式(1)计算千粒质量。

$$m_H = m_0 \times 1\,000 / N。$$
 (1)

式中: $m_H$  为番茄籽粒千粒质量,g; $m_0$  为完整粒的质量,g; $N$  为  $m_0$  中完整粒的粒数,粒。

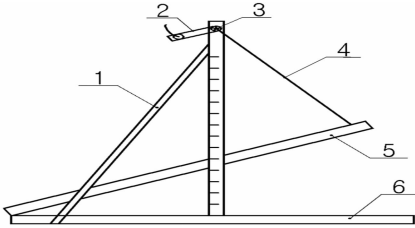
1.2.2.2 比重的测定 比重是指在规定温度和操作条件下,粮食、油料净体积的质量与同体积水的质量之比,依据 GB/T 5518—2008《粮油检验 粮食、油料相对密度的测定》,试验选用的试剂、仪器、用具分别为 20% 乙醇(95% 乙醇 21 mL 加蒸馏水 79 mL)、DT-1002A 电子秤、量筒(分度值 0.1 mL)。在室温(22±5)℃下,向量筒中注入 20% 乙醇 10 mL,然后加入试样约 5 g,稍加摇动,逐出气泡,待液面平稳后,立即读取液体上升的体积数,重复测量 3 次,按公式(2)计算加工番茄籽粒比重。

$$d = m_1 / m_2 = m_1 / V。$$
 (2)

式中: $d$  为加工番茄籽粒比重; $m_1$  为试样质量,g; $m_2$  为与试样同体积( $V$ ,mL)的水的质量,g, $m_2 = V \times d_{\text{水}}$ , $d_{\text{水}}$  为水的密度,取 1 g/mL。

1.2.2.3 摩擦角测定 滑动摩擦角  $\psi$  表示散粒物料与接触固体相对滑动时,散粒物料与接触表面间的摩擦特性,试验中采用斜面仪(图 2)测定加工番茄籽粒的滑动摩擦角,测定所用的表面材料有玻璃板、PVC 板、不锈钢板,具体方法如下:先将选定进行测试的加工番茄籽粒装在无底纸盒内并放置在

斜面上,保证番茄籽粒与斜面充分接触,避免纸盒与斜面接触,缓慢摇动手柄使斜面倾角逐渐增大,当物料开始在斜面上下滑时,该斜面的倾角为加工番茄籽粒的滑动摩擦角。测试番茄籽粒在不同材料测试板上的滑动摩擦角,每种情况重复测试 5 次。



1—支架;2—手柄;3—绕线轴;4—线绳;  
5—斜面;6—底座

图2 斜面仪结构

1.2.2.4 恢复系数的测定 恢复系数是碰撞后法向分离速度与碰撞前法向接近速度的比值<sup>[12]</sup>,表示颗粒物料被碰撞后能恢复到其原始状态(碰撞前)的性能,在农业工程领域中广泛应用。本研究结合恢复系数的基本定义,采用 FASTCAM-10K 系列 Model 500 高速摄像机、自制跌落仪及 PC 机构建加工番茄籽粒恢复系数测试装置(种子下落高度范围为 400~600 mm)。所有加工番茄籽粒运动录像都通过高速摄像仪配套软件 Blaster's MAS 进行处理,对加工番茄籽粒的运动录像进行解析,读取加工番茄籽粒碰撞前的法向接近速度与碰撞后的法向分离速度,恢复系数计算公式为<sup>[13]</sup>:

$$e = v_n' / v_n。$$
 (3)

式中: $v_n'$  为物料碰撞后的法向分离速度; $v_n$  为物料碰撞前的法向接近速度。

2 结果与分析

2.1 加工番茄籽粒的三轴尺寸

表 1 显示,番茄籽粒长度分布范围为 2.80~4.80 mm,平均长度为 3.78 mm;宽度分布范围为 2.10~3.68 mm,平均宽度为 2.76 mm;厚度分布范围为 0.65~1.15 mm,平均厚度为 0.85 mm。可见,番茄籽粒的长度、宽度、厚度分布主要集中在 3.20~4.40、2.10~3.30、0.65~1.05 mm 之间,分别占总粒数的 96.25%、97.50%、96.25%。根据加工番茄籽粒三轴尺寸制作圆孔筛板,由于自制筛板存在一定的尺寸差异,通过测量筛板最大方向尺寸,三级筛板的平均圆孔直径分别为 3.28、2.60、2.09 mm,筛分试验各尺寸段加工番茄籽粒百分比如图 3 所示。

表 1 番茄籽粒三轴尺寸大小分布情况

项目	长度分布		宽度分布		厚度分布	
	长度(mm)	占比(%)	宽度(mm)	占比(%)	厚度(mm)	占比(%)
尺寸分布范围	<2.80	0	<2.10	0	<0.65	0
	[2.80,3.20)	2.50	[2.10,2.40)	10.00	[0.65,0.75)	11.25
	[3.20,3.60)	11.25	[2.40,2.70)	28.75	[0.75,0.85)	45.00
	[3.60,4.00)	62.50	[2.70,3.00)	38.75	[0.85,0.95)	30.00
	[4.00,4.40)	22.50	[3.00,3.30)	20.00	[0.95,1.05)	10.00
	[4.40,4.80]	1.25	[3.30,3.60)	1.25	[1.05,1.15]	3.75
	>4.80	0	[3.60,3.68]	1.25	>1.15	0
平均值	3.78		2.76		0.85	

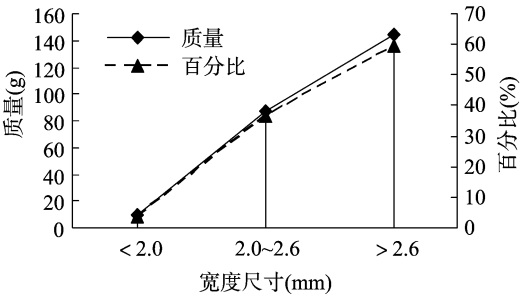


图3 番茄籽粒各宽度尺寸段的质量及其所占百分比

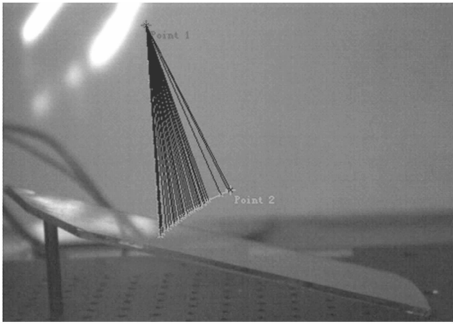


图4 加工番茄籽粒碰撞高速摄像运动轨迹

从筛分试验结果可以看出,各尺寸段所占百分比和种子宽度方向尺寸分布基本吻合。因此,加工番茄酱后皮渣筛分滚筒筛孔直径设计可以参考种子宽度方向上最大尺寸。

2.2 基本物理特性参数

由表 2 可以看出,加工番茄籽粒的千粒质量、比重的变异系数都较小,分别为 0.5%、2.7%,其分散性相对较低。通过计算得到比重的期望值为 6.44 g/mL,远大于水的密度,在酱后皮渣分离中,进入介质水中将立即下沉。千粒质量的期望值为 3.08 g,单粒质量仅为 0.003 08 g,在紊动较大的流体中,受流体扰动比较大,不能呈现自由沉降状态。

表 2 番茄籽粒基本物理特性参数结果统计

重复	千粒质量			比重		
	粒数	$m_0$ (g)	千粒质量 (g)	$m_1$ (g)	上升体积 (mL)	比重 (g/mL)
1	500	1.55	3.10	4.99	0.77	6.48
2	500	1.54	3.08	5.00	0.81	6.17
3	500	1.54	3.08	4.99	0.75	6.65
4	500	1.55	3.10	5.00	0.77	6.49
5	500	1.53	3.06	5.00	0.78	6.41

注:千粒质量、比重的变异系数分别为 0.5%、2.7%。

2.3 加工番茄籽粒的滑动性能

由表 3 可知,加工番茄籽粒与 PVC 板的滑动摩擦角较大,为 36.36°;与玻璃板的滑动摩擦角较小,为 27.72°。在进行酱后皮渣机械化分离装置设计时,可根据所选不同材料调整沉降室等关键部件的倾斜角度。

表 3 番茄种子在水中对不同材料的摩擦角

重复	滑动摩擦角(°)		
	玻璃板	PVC 板	不锈钢板
1	27.8	36.5	33.8
2	27.3	35.8	33.2
3	27.5	36.6	33.6
4	28.1	36.2	33.7
5	27.9	36.7	33.3
平均值	27.72	36.36	33.52
标准差	0.319	0.365	0.259

2.4 恢复系数

加工番茄籽粒碰撞前后的高速摄像运动轨迹分析如图 4 所示。每种材料重复测量 3 次,材料与水平面的夹角为 30°。玻璃板、PVC 板、不锈钢板恢复系数分别为 0.282~0.386、0.261~0.358、0.327~0.428。

3 结论

本试验结果显示,加工番茄籽粒长度、宽度、厚度分布

别主要集中在 3.20~4.40、2.10~3.30、0.65~1.05 mm 之间。筛分试验表明,酱后皮渣筛分滚筒筛孔直径设计可以参考种子宽度方向上最大尺寸。加工番茄籽粒比重期望值为 6.44 g/mL,远大于水的密度,在酱后皮渣分离中,番茄籽粒进入介质水中将立即下沉。千粒质量的期望值为 3.08 g,单粒质量仅为 0.003 08 g,在紊动较大的流体中,受流体扰动比较大,不能呈现自由沉降状态。加工番茄籽粒与 PVC 板的滑动摩擦角较大,与玻璃板的滑动摩擦角较小,在酱后皮渣机械化分离装置设计时,可根据所选不同材料,调整沉降室等关键部件的倾斜角度。加工番茄籽粒下落高度为 400~600 mm,碰撞板厚度为 3 mm,与水平面夹角为 30°的条件下,玻璃板、PVC 板、不锈钢板的恢复系数分别为 0.282~0.386、0.261~0.358、0.327~0.428。

参考文献:

[1] 邱源斌. 北纬 40 度红色产业[J]. 进出口经理人,2012(12): 10004-10005.

[2] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2013.

[3] Zuurro A, Fidaleo M, Lavecchia R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste[J]. Enzyme and Microbial Technology,2011,49(6/7): 567-573.

[4] Kaur D, Sogi D S, Garg S K, et al. Flotation-cum-sedimentation system for skin and seed separation from tomato pomace[J]. Journal of Food Engineering,2005,71(4): 341-344.

[5] 刘伯堂. 一种番茄酱厂番茄皮籽渣的脱水干燥和干法皮籽分离:中国,201010113785.5[P]. 2010-07-21.

[6] 王丽红,李成松,坎 杂,等. 加工番茄酱后余料的分离机构:中国,200810072920.9[P]. 2008-12-24.

[7] 张桂花,汤楚苗,熊远福,等. 包衣稻种物理特性的测定及其应用[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(1):68-70.

[8] 李诗龙. 油菜籽的物理特性浅析[J]. 中国油脂,2005,30(2): 17-20.

[9] 邓丽君. 芡实物料特性的试验研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.

[10] 谢丽娟,宗 力,李小昱. 莲子机械特性的测试研究[J]. 农业工程学报,2005,21(7):11-14.

[11] 周祖饬. 农业物科学[M]. 北京:农业出版社,1994.

[12] Brogliato B, Zhang H, Liu C. Analysis of a generalized kinematic impact law for multibody-multicontact systems, with application to the planar rocking block and chains of balls[J]. Multibody System Dynamics,2012,27(3): 351-382.

[13] 张波屏. 精密播种机械工程[M]. 北京:机械工业出版社,1979.