

板栗真空爆壳特性影响因素的试验*

袁越锦 徐英英 张艳华 党新安 杨立军 潘 武

(陕西科技大学机电工程学院, 西安 710021)

【摘要】 采用自制的板栗真空爆壳装置,对影响板栗真空爆壳特性的因素进行了试验研究。试验结果表明,板栗大小、形状对真空爆壳影响显著;爆壳率随绝对压力的降低而增大,爆壳温度的升高和爆壳时间的延长以及在适当温度下对板栗进行预热处理,可有效提高爆壳率。板栗真空爆壳的适宜板栗和合理工艺条件为:板栗大小7.5~10.0 g/个,半球形;预热温度80℃,预热时间40 min;绝对压力2 kPa,爆壳温度80℃,爆壳时间60 min。

关键词: 板栗 真空爆壳 影响因素 试验

中图分类号: TS255.36 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)11-0134-04

Experiment on Factors Influencing Chestnut Vacuum Shelling Performance

Yuan Yuejin Xu Yingying Zhang Yanhua Dang Xin'an Yang Lijun Pan Wu

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

Abstract

Using a self-made device of vacuum shelling for chestnut, the research on factors influencing the chestnut vacuum shelling performance was carried out. The results indicated that the size and shape of the chestnut had a significant effect on the vacuum shelling performance. The shelling rate increased with the increase of vacuum. The increase of the vacuum temperature and time, and the preheating chestnut under proper temperature could increase the shelling rate effectively. The optimized technology conditions of the chestnut vacuum shelling were as follows: hemispherical chestnut with the weight ranging from 7.5 ~ 10.0 g per unit, pre-heating temperature 80℃ and time 40 minutes, vacuum degree 2 kPa and shelling temperature 80℃ and time 60 minutes.

Key words Chestnut, Vacuum shelling, Influence factor, Experiment

引言

鲜板栗不耐储藏,每年因霉烂、虫害、失水和发芽造成的损失占总产量的35%~50%^[1-2],因此拓展板栗利用方法、开发板栗深加工技术成为当务之急。板栗深加工的头道工序是破壳,而板栗脱壳的方法主要有:手工法、火烧法、化学法、机械法、气体射流冲击法、能量法、真空法、微波法等^[3-10]。其中,真空法是指在真空条件下,将板栗加热到一定温度,外壳的水分不断地蒸发而被移除,其韧性和强度降低,脆性大大增加;同时,栗仁内部的水分也被气

化,栗仁因失水而收缩,与外壳自行分离。由于板栗外壳致密,栗仁水分气化后无法及时从内逸出,真空作用又使壳外压力降低,致使壳内壳外存在着很大的压差;当外壳强度降低和内外压差进一步升高,此二因素综合作用达到一定数值时,就会使外壳爆裂,实现栗壳的脱除。该法具有环保卫生、省时省力、栗仁不易熟化、整仁率和破壳率高等优点,日益受到重视,应用前景广阔^[2,5],但其不足是对工艺参数条件的控制很严格,操作不易。因此,本文对影响板栗真空爆壳特性的因素进行试验研究,获得板栗真空爆壳的最佳工艺条件,从而为板栗加工过程和相关设

收稿日期: 2009-07-27 修回日期: 2009-09-01

* 陕西省教育厅自然科学基金资助项目(2010JK455)和浙江省科技厅面上农业资助项目(2009C32102)

作者简介: 袁越锦,副教授,博士,主要从事干燥技术与设备研究,E-mail: yuanyj@sust.edu.cn

通讯作者: 党新安,教授,主要从事真空技术与设备研究,E-mail: dangxa@sust.edu.cn

备设计提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

河北产,市售、饱满、无虫蛀板栗,将外形一致、质量相近的无损伤板栗分为一组,备用。实测板栗的平均含水率为 48%。试验前根据质量对单个板栗进行大小分级:小于 7.5 g 的为 I 级,在 7.5 ~ 10.0 g 之间为 II 级,大于 10.0 g 的为 III 级。

1.2 仪器及设备

试验采用自制的基于真空法原理的爆壳装置。其基本结构如图 1 所示,主要由真空箱、加热系统和抽真空系统等组成,最低绝对压力可达 600 Pa。

所需仪器包括电子天平(精度为 0.01 g)、电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9240A 型,上海浦东荣丰科学仪器有限公司)和电子秒表等。

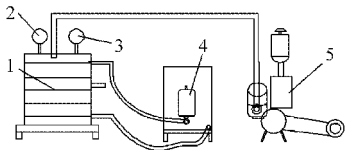


图 1 板栗真空爆壳试验装置示意图

Fig. 1 Sketch of chestnut vacuum shelling test equipment

1. 真空箱 2. 真空表 3. 温度表 4. 加热系统 5. 抽真空系统

1.3 试验方法

1.3.1 评价指标

主要评价指标为板栗真空爆壳率,其计算公式为

$$\eta = \frac{n}{N} \times 100\%$$

式中 n ——试验样本中爆开的板栗个数

N ——试验样本的板栗总个数

1.3.2 试验设计

(1) 工艺流程为:板栗筛选分级→预热→真空爆壳→爆裂板栗→分离壳衣→得到栗仁。

(2) 进行单因素试验,研究板栗大小、形状、爆壳温度、爆壳时间等对板栗真空爆壳特性的影响规律。单因素试验时每个因素水平下各取 2 kg 板栗进行试验,未说明的因素和工艺条件取值如下:II 级大小、半球形的板栗,绝对压力 2 kPa、爆壳温度 75℃、爆壳时间 60 min、无预热。

(3) 根据单因素试验对板栗真空爆壳特性指标的影响规律进行正交试验。试验选用 $L_9(3^4)$ 正交试验表^[11],共进行 9 组试验,每组试验中各取板栗 2 kg。选取板栗大小、形状、爆壳温度、预热时间为试验因素 A、B、C、D,且分别取 3 个水平进行四因素正交试验。各因素水平的取值如下表 1 所示。

表 1 板栗真空爆壳特性正交试验因素水平

Tab. 1 Factors and levels of orthogonal test of chestnut vacuum shelling performance

水平	因素			
	板栗大小	板栗形状	爆壳温度	预热时间
	A	B	C/℃	D/min
1	I 级(小)	球形	70	20
2	II 级(中)	半球形	75	30
3	III 级(大)	扁平形	80	40

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 板栗大小

选取 I、II、III 级板栗 3 份进行试验,平均质量分别为 6、8.5、11 g/个,试验结果显示:不同大小的板栗在相同的条件下爆壳率明显不同。I 级板栗爆壳率最低,仅 36.2%;而 II 级板栗爆壳率增加了近一倍,约 71.9%;但 III 级板栗爆壳率又下降到了 54.4%。这表明板栗的个体差异对其真空爆壳率的影响很大。

2.1.2 板栗形状

试验测得球形、半球形和扁平形板栗的爆壳率依次为:43%、71%、40%。板栗形状对板栗爆壳率的影响显著。球形和扁平形板栗的爆壳率明显低于半球形。半球形板栗爆裂点多在棱边处,该处易受热升温,且在爆壳过程中也是易引起应力集中的地方,因此较易爆壳。

2.1.3 绝对压力

当绝对压力为 1、2、10、50 kPa 时,板栗爆壳率依次为 77%、72%、58%、39%。由此可以看出,绝对压力越低,爆壳率越高。这主要是因为绝对压力的降低,增加了壳内外之间的压差。从理论上讲,绝对压力应尽可能地低以利于爆壳,但过低的绝对压力使得整个真空设备的造价大增。因此,绝对压力取 2 kPa 为宜。

2.1.4 爆壳温度

当爆壳温度为 60、65、70、75、80℃时,板栗爆壳率依次为 35%、50%、66%、71%、74%。由此可以看出:板栗爆壳率随着爆壳温度的升高而增大。这主要是因为爆壳温度的升高使板栗水分蒸发加快,增大了壳内蒸汽压,从而增大了壳内外之间的压差。为得到较高的爆壳率,爆壳温度应尽可能的高,但过高的爆壳温度易使栗仁熟化褐变^[12]。

2.1.5 爆壳时间

当爆壳时间为 20、40、60、80、100 min 时,板栗爆壳率依次为 23%、42%、72%、78%、81%。由此

可以看出,爆壳时间越长,则爆壳率越高;但当爆壳时间超过 60 min 以后,爆壳率增幅明显减慢。这主要是因为适当延长爆壳时间可使板栗水分蒸发增多,若外壳密实,则壳内蒸汽压增大,从而爆壳率升高;但当爆壳时间过长时,因外壳失水太多,密实性明显下降,使壳内水蒸气泄漏,压差反而减小。故增加爆壳时间,并不是提高爆壳率始终有效的办法。因此,爆壳时间取 60 min 为宜。

2.1.6 预热温度

选取大小相近的Ⅱ级板栗,分为 6 组,每组质量 2 kg。其中 1 组板栗无预热直接进行真空爆壳,作为对照组。其余 5 组板栗先放入电热恒温鼓风干燥箱预热 30 min,预热温度分别为 60、70、80、90、100℃,然后取出立刻放入真空箱中进行爆壳。

对照组试验的板栗爆壳率为 70.4%;当预热温度为 60、70、80、90、100℃时,爆壳率依次为 72%、79%、84%、78%、44%。由此可以看出,板栗爆壳率在开始时随着预热温度的升高而升高,当预热温度达到 80℃时,爆壳率达到最大值 84%,此后随着预热温度的升高,爆壳率迅速下降。这主要是因为对板栗进行适当的预热处理可使板栗外壳形成脆而密实的结构。预热温度较低时,栗壳失水缓慢,其组织结构变化小;预热温度较高时,栗壳失水速率较快,栗仁蒸发的水分来不及补足栗壳失去的水分,使栗壳组织结构变得脆而密实,爆壳率提高。但预热温度过高时,栗壳组织结构失水收缩过大,出现微小脆裂,密实性大大降低,反而会使爆壳率迅速下降,而且过高的预热温度易使栗仁熟化褐变^[12]。因此预热温度取 80℃为宜。

2.1.7 预热时间

选取大小相近的Ⅱ级板栗,分为 5 组,每组质量 2 kg。其中 1 组板栗无预热直接进行真空爆壳,作为对照组。其余 4 组板栗先放入电热恒温鼓风干燥箱在 80℃温度下分别预热 10、20、30、40 min,然后取出立刻放入真空箱中进行爆壳。

对照组试验的板栗爆壳率为 71.0%;当预热时间为 10、20、30、40 min 时,爆壳率依次为 83%、88%、90%、87%。由此可以看出,板栗爆壳率在开始的 30 min 以内,随着预热时间的增加呈上升趋势;在 30 min 以后,爆壳率呈下降趋势。其原因与上文分析类似,当预热时间过长时,板栗外壳会出现微小裂纹,降低了气密性。

2.2 正交试验

板栗真空爆壳特性正交试验安排及结果如表 2 所示。利用极差分析法对爆壳率指标进行分析得到:影响爆壳特性的主次因素从大到小依次为 A、B、C、D,最佳组合为 A₂B₂C₃D₃。即当板栗为Ⅱ级大小、半球形、爆壳温度为 80℃、预热时间为 40 min 时板栗爆壳效果最好,经验证,爆壳率可达 87% 以上。

表 2 板栗真空爆壳特性正交试验方案与结果

Tab.2 Design and results of orthogonal test of chestnut vacuum shelling performance

试验序号	A	B	C	D	爆壳率/%
1	1	1	1	1	61.76
2	1	2	2	2	68.57
3	1	3	3	3	71.87
4	2	1	2	3	75.00
5	2	2	3	1	86.96
6	2	3	1	2	77.27
7	3	1	3	2	63.16
8	3	2	1	3	72.22
9	3	3	2	1	61.11
K ₁	67.40	66.64	70.42	69.94	
K ₂	79.74	75.92	68.23	69.67	
K ₃	65.50	70.08	74.00	73.03	
R	14.24	9.28	5.77	3.36	
最优水平	A ₂	B ₂	C ₃	D ₃	
影响程度	A>B>C>D				

3 结论

(1) 单因素试验结果表明,板栗大小、形状对真空爆壳的影响显著,爆壳前应对其进行分级处理;爆壳率随着绝对压力的降低而增大;爆壳温度的升高和爆壳时间的延长都可提高爆壳率,但过高的爆壳温度和过长的爆壳时间易使栗仁熟化褐变、品质下降;在适当温度下对板栗进行预热处理,可有效提高爆壳率,但过高的预热温度和过长的预热时间反而会使爆壳率降低。

(2) 综合正交试验和单因素试验结果,分析得到板栗真空爆壳的适宜板栗和合理工艺条件为:板栗大小 7.5~10.0 g/个,半球形;预热温度 80℃,预热时间 40 min;绝对压力 2 kPa,爆壳温度 80℃,爆壳时间 60 min。

参 考 文 献

1 高海生,常学东,蔡金星,等. 我国板栗加工产业的现状与发展趋势[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 429~436.
Gao Haisheng, Chang Xuedong, Cai Jinxing, et al. Production situation and development trend of chestnut processing[J].

- Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(1): 429 ~ 436. (in Chinese)
- 2 袁越锦,徐英英,党新安,等. 板栗脱壳技术与破壳机理研究现状及发展趋势[J]. 食品工业科技, 2008,29(10):301 ~ 305.
- Yuan Yuejin, Xu Yingying, Dang Xin'an, et al. Current situation and development trend of chestnut shelled technology and cracked mechanism [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(10): 301 ~ 305. (in Chinese)
- 3 伍冬生,任奕林,廖庆喜,等. 碱液脱板栗涩皮的试验研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(5): 118 ~ 119.
- 4 Kim J H, Park J B, Choi C H. Development of chestnut peeling machine[J]. Korean Soc. Agric. Machinery, 1997,22(3): 289 ~ 294.
- 5 党新安,张昌松,葛正浩. 板栗真空爆壳技术与设备的研究[J]. 轻工机械, 2001(2): 19 ~ 21.
- Dang Xin'an, Zhang Changsong, Ge Zhenghao. Study of technology and equipment on the vacuum burst opening of the Chinese chestnut shell[J]. Light Industry Machinery, 2001(2): 19 ~ 21. (in Chinese)
- 6 Hwang J Y, Hwang I K, Park J B. Analysis of physicochemical factors related to the automatic pellicle removal in Korean chestnut (*Castanea crenata*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(12): 6 045 ~ 6 049.
- 7 Moreira R, Chenlo F, Chaguri L, et al. Mathematical modelling of the drying kinetics of chestnut (*Castanea sativa* mill) influence of the natural shells [J]. Food and Bioproducts Processing, 2005, 83(4): 306 ~ 314.
- 8 王武,张莉,方红美,等. 预设应力对板栗微波爆壳的影响研究[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 333 ~ 336.
- Wang Wu,Zhang Li, Fang Hongmei, et al. Study on technology of microwave shelling of cut Chinese chestnut[J]. Food Science, 2005, 26(9): 333 ~ 336. (in Chinese)
- 9 Gao Zhenjiang, Lin Hai, Xiao Hongwei. Air-impingement de-shelling of chestnuts (*C. mollissima*): process parameter optimization[J]. International Journal of Food Engineering, 2008, 4(2): 15 ~ 16.
- 10 张荣荣,李小昱,王为,等. 基于有限元方法的板栗破壳力学特性分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 84 ~ 88.
- Zhang Rongrong, Li Xiaoyu, Wang Wei, et al. Analysis of mechanical properties of Chinese chestnut cracking based on the FEM[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(9): 84 ~ 88. (in Chinese)
- 11 任露泉. 试验优化设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- 12 郑传祥. 板栗干燥特性试验研究[J]. 食品工业科技, 2000,21(5): 8 ~ 10.
-

(上接第 93 页)

- 10 Verma V K, Bram S, De Ruyck J. Small scale biomass heating systems: standards, quality labeling and market driving factors—an EU outlook[J]. Biomass & Bioenergy, 2009, 33(10):1 393 ~ 1 402.
- 11 李刚,杨群发,炊密杏,等,BCT-1 型生物质燃气燃烧器的研制[J]. 农业工程学报,2006,22(1):107 ~ 109.
- Li Gang, Yang Qunfa, Chui Mixing, et al. Research and development of the BCT-1 biomass gas burner[J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(1):107 ~ 109. (in Chinese)
- 12 袁艳文,林聪,赵立欣,等. 生物质固体成型燃料抗结渣研究进展[J]. 可再生能源,2009(5):54 ~ 57.
- Yuan Yanwen, Lin Cong, Zhao Lixin, et al. The research process of anti-slagging for biomass pellet fuel[J]. Renewable Energy Resources, 2009(5):54 ~ 57. (in Chinese)
- 13 白红春,孙清,周鹏,等. 碱处理水稻秆对成型工艺的影响分析[J]. 农业机械学报,2009,40(3):121 ~ 124.
- Bai Hongchun, Sun Qing, Zhou Peng, et al. Effect of alkali treatment on straw forming technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 121 ~ 124. (in Chinese)
- 14 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:上册[M]. 北京:机械工业出版社,1988:185 ~ 190.