

澳洲坚果破壳最佳工艺参数研究

王诗琪¹, 何邦贵¹, 冯群¹, 朱培源², 马涛滔²

(1.昆明理工大学 机电工程学院, 昆明 650000; 2.大理怡祥纸业有限公司, 大理 671000)

摘要: **目的** 通过正交试验和有限元分析获得澳洲坚果较好的破壳加载方向和破壳加载速率。**方法** 首先设计一个正交试验, 试验的因素有澳洲坚果直径、加载速度、加载方向, 试验的指标为破壳力和整仁率。其次, 通过 Ansys 软件对从不同方向加载的澳洲坚果进行有限元分析。**结果** 试验指标受 3 种试验因素的影响都较显著, 且 3 种因素的影响独立。澳洲坚果所需的破壳力随着坚果直径的增大而增大, 破壳效果最好的加载速度在 25~45 mm/min 之间。整仁率最大的加载方向是沿种脐线方向加载。有限元分析得出沿种脐线方向加载时, 裂纹较多且走向明显, 破壳效果最佳。**结论** 为澳洲坚果的包装生产工艺优化提供了参考。

关键词: 澳洲坚果; 破壳; 正交试验; 有限元分析

中图分类号: TB487; TS255.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0038-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.006

Optimum Processing Parameters of Macadamia Nut Shell Breaking

WANG Shi-qi¹, HE Bang-gui¹, FENG Qun¹, ZHU Pei-yuan², MA Tao-tao²

(1. Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, China; 2. Dali Yixiang Paper Co., Ltd., Dali 671000, China)

ABSTRACT: The work aims to obtain the better loading direction and loading rate of shell breaking of Macadamia nuts through orthogonal test and finite element analysis. Firstly, an orthogonal experiment was designed. The factors of the experiment included the diameter of Macadamia nut, loading speed and loading direction. The indexes of the experiment were shell breaking force and peel rate. Secondly, the finite element analysis of Macadamia nuts loaded from different directions was carried out by Ansys software. The test indexes were significantly affected by three test factors, and the influence of three factors was independent. The shell breaking force of Macadamia nut increased with the increase of nut diameter. The loading speed for the best shell breaking effect was between 25~45 mm/min. The loading direction of the maximum peel rate was along the seed umbilical cord. Finite element analysis showed that, there were more cracks and obvious strikes along the direction of the seed umbilical cord, and the shell breaking effect was the best. It provides a reference for optimizing the packaging process of Macadamia nuts.

KEY WORDS: Macadamia nuts; shell breaking; orthogonal test; finite element analysis

澳洲坚果原产于澳大利亚, 属山龙眼科, 坚果属植物, 常绿乔木, 素有“干果之王”的誉称^[1]。澳洲坚果营养成分极为丰富, 具有促进智力发育、提高记忆力、增强免疫力、调节血脂、降低胆固醇等功效, 且

它还含有丰富的优质蛋白质和十几种人体必需的氨基酸, 这些氨基酸都是构成脑神经细胞的主要成分, 非常适合作为老年人和血脂异常的人的滋补食品^[2]。在我国, 无论坚果破壳的理论研究还是关于破壳机的

收稿日期: 2018-09-28

作者简介: 王诗琪 (1993—), 女, 昆明理工大学硕士生, 主攻机械结构及机电系统创新设计理论和方法。

通信作者: 何邦贵 (1963—), 男, 昆明理工大学教授, 主要研究方向为机械创新设计与制造、包装印刷新材料等。

研究都较薄弱,导致我国在澳洲坚果的加工与包装方面的研究也较薄弱^[3]。由此,需要对澳洲坚果破壳的工艺参数进行深入探究,为今后澳洲坚果的加工与包装方面的研究打下一定的理论基础。

1 材料和设备

主要材料:2017年8月从树上一次性采自德宏州的坚果。

主要设备:数显深度游标卡尺,精度为0.01 mm,成都成量工具有限公司;电子万能试验机,DDL10,长春试验机研究所有限公司。试验设备见图1。

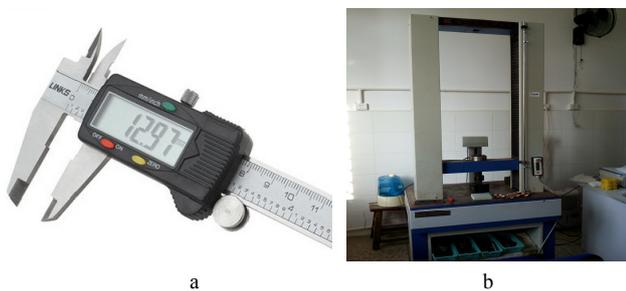


图1 试验设备
Fig.1 Equipment for testing

2 正交试验方案

文中的正交试验以破壳力、整仁率为指标,整仁率越高,表明该加工工艺越好^[4]。整仁率为完整果仁颗数和总坚果颗数之商。加载速率(v)、果径等级大小(d)、加载方向(α)分别是试验的3个因素,将3个因素划分为5个水平,分别以 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 表示5, 25, 45, 65, 85 mm/min;以 d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 表示>26 mm, 25~26 mm, 24~25 mm, 23~24 mm, <23 mm;分别以 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ 表示正向加载、种脐线方向加载、垂直于种脐面方向加载、倒向加载和沿种脐线45°方向加载,各加载方向见图2。正向加载为从果壳最厚的部分加载;种脐线方向加载为在种脐线上加压;垂直于种脐面方向加压为在种脐面的垂直方向上加压;倒向加载为在正向加载的反方向上加压;沿种脐线45°方向加载为在和种脐线呈45°的方向上加压。试验选用五水平正交表^[5],其中A, B, C, D, E, F分别表示 v (加载速度), α (加载方向), $v \times \alpha$ (一级交互作用), d (果核直径), $v \times d$ (一级交互作用), $\alpha \times d$ (一级交互作用)。 $v \times \alpha$ 交互作用的5个水平分别为 $v_1 + \alpha_1, v_2 + \alpha_2, v_3 + \alpha_3, v_4 + \alpha_4, v_5 + \alpha_5$; $v \times d$ 交互作用的5个水平分别为 $v_1 + d_1, v_2 + d_2, v_3 + d_3, v_4 + d_4, v_5 + d_5$; $\alpha \times d$ 交互作用的5个水平分别为 $\alpha_1 + d_1, \alpha_2 + d_2, \alpha_3 + d_3, \alpha_4 + d_4, \alpha_5 + d_5$ 。

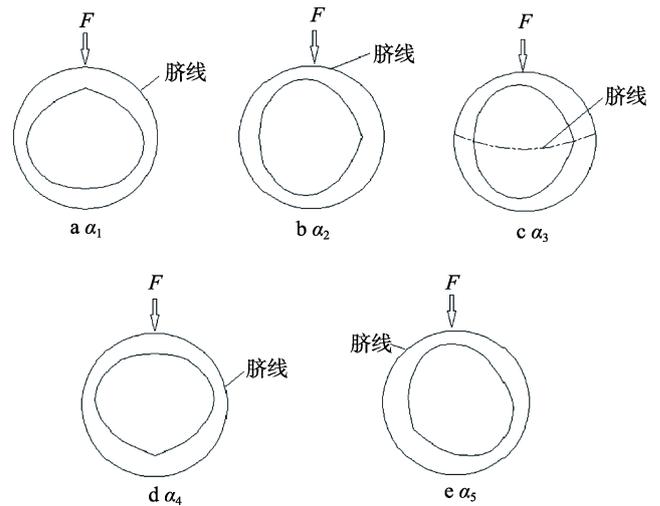


图2 5个加载方向的示意
Fig.2 Schematic diagram of five loading directions

3 试验结果

试验前需要测量各坚果的尺寸,并依据直径分为5个等级。文中试验共有25组,为了降低误差,每组试验进行10次,并且将10次试验数据的平均值作为最终试验结果并记录^[6]。压力试验见图3,试验完成后记录实验结果,见表1。

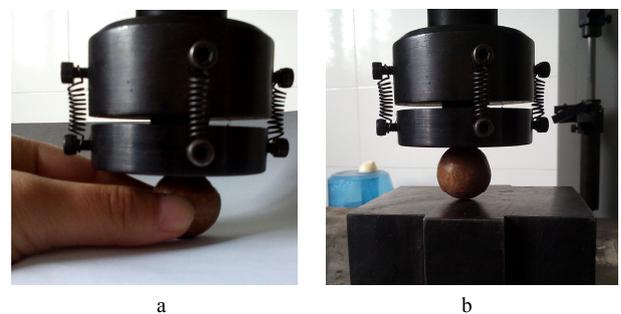


图3 澳洲坚果的压力试验
Fig.3 Macadamia nut pressure test

4 结果分析

澳洲坚果挤压试验的力-位移曲线见图4。由图4可以看出澳洲坚果果壳为脆性材料^[7]。

4.1 对破壳力大小的影响

通过SPSS软件^[8]的分析,得到各因素 $d, \alpha, v, v \times \alpha, d \times v, d \times \alpha$ 的极差分别为1414.94, 1038.38, 949.24, 431.01, 293.94, 116.89。从极差可以得出 $v \times \alpha, d \times v, d \times \alpha$ 的影响均不显著,说明各因素的影响相互独立,通过分析得出破壳力的最佳范围为2000~3500 N。果径对破壳力的影响最显著,并且根据实验结果看出,

表1 试验结果记录
Tab.1 Records of test results

试验号	因素						试验结果	
	A	B	C	D	E	F	整仁率/%	破壳力/N
1	1	1	1	1	1	1	60	2092.56
2	1	2	2	2	2	2	90	951.24
3	1	3	3	3	3	3	56	1087.82
4	1	4	4	4	4	4	54	2132.82
5	1	5	5	5	5	5	66	1142.26
6	2	1	2	3	4	5	64	2012.94
7	2	2	3	4	5	1	80	2141.26
8	2	3	4	5	1	2	92	1787.38
9	2	4	5	1	2	3	76	2012.94
10	2	5	1	2	3	4	78	1002.38
11	3	1	3	5	2	4	80	1808.19
12	3	2	4	1	3	5	76	2630.71
13	3	3	5	2	4	1	98	1559.89
14	3	4	1	3	5	2	80	2275.43
15	3	5	2	4	1	3	82	2855.76
16	4	1	4	2	5	3	80	2069.27
17	4	2	5	3	1	4	70	2229.28
18	4	3	1	4	2	5	90	3155.76
19	4	4	2	5	3	1	94	2682.62
20	4	5	3	1	4	3	76	3000.91
21	5	1	5	4	3	2	72	3393.88
22	5	2	1	5	4	3	88	2679.29
23	5	3	2	1	5	4	90	3260.15
24	5	4	3	2	1	5	98	2274.82
25	5	5	4	3	2	1	74	2872.61

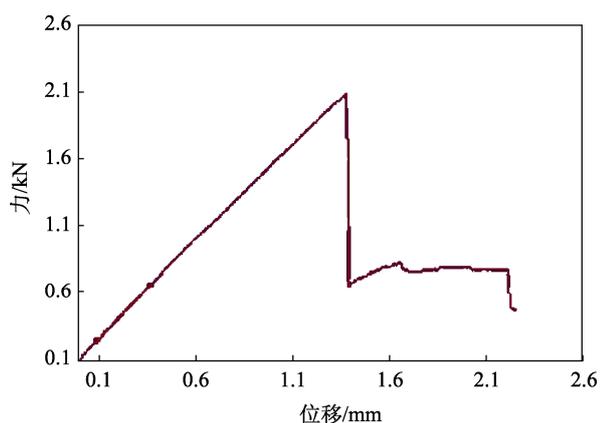


图4 坚果破壳的力-位移曲线

Fig.4 Shell breaking force-displacement curve of nuts

破壳力随着果径增大而增大,说明应在破壳前按果径大小分类并施加不同的破壳力来保证破壳效果。加载速度对破壳力的影响较显著,且在数据分析时,发现在低加载速度破壳时所需的破壳力间的差异比在高加载速度破壳时所需的破壳力间的差异大。低速时存

在破壳力随速度增大而减小的情况,因此建议加载速度不宜低于 5 mm/min,且沿脐线加载坚果为最佳。

4.2 对坚果整仁率的影响

通过 SPSS 软件的分析,得到各因素 $\alpha, v, d, d \times v, d \times \alpha, v \times \alpha$ 的极差分别为 14.8, 11.0, 9.2, 8.4, 7.6, 2.2。可以得出 $d \times v, d \times \alpha, v \times \alpha$ 的影响均不太显著,且各项因素的影响相互独立。加载方向对整仁率的影响最显著,由实验结果可以观察到 α_2 和 α_5 方向的整仁率最大,说明应沿种脐线加载。加载速度的影响也较为显著,由实验结果看出 v_1, v_4, v_5 要比 v_2, v_3 的整仁率小,说明最好让加载速率保持在 25~45 mm/min。果径大小的影响为第 3 显著,说明为了提高整仁率,应在加工前按果径的大小进行分类。

4.3 正交试验结果

通过对试验结果的分析,得出破壳力随着果径的增大有所增大,需要在加工前依据果径大小区分坚果并施加不同的破壳力。加载速率保持在 25~45 mm/min,并

沿着种脐线加载，以获得最大的整仁率。根据文中实验得出的破壳力参数，在 Ansys 软件上进行了澳洲坚果不同加载方向破壳的有限元分析，对实验结果进行验证。

5 建立三维模型

在用 Ansys 分析澳洲坚果破壳时，需要将一对集中力加在模型上^[9]。鉴于澳洲坚果自身的形状特性，在仿真分析中可将其用球形代替^[10]。首先需完成对其物理尺寸的测量，包括外径、果壳厚度等。具体需测量的尺寸见图 5。

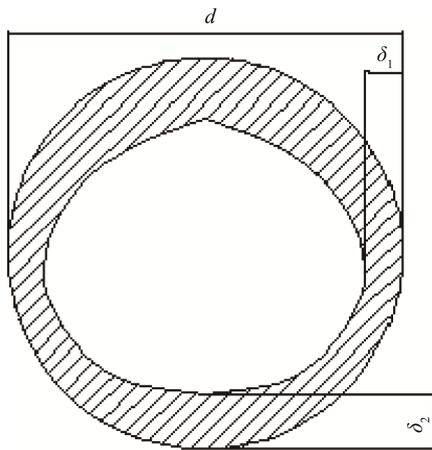


图 5 澳洲坚果需要测量的尺寸
Fig.5 Size of Macadamia nuts to be measured

采用游标卡尺测得试验坚果的直径在 23~26 mm 之间，果径的平均值为 24.5 mm，因此在建模时采用平均值^[11]，用细缝来表达种脐线特征，并在球形两端放置 2 块平行钢板。所建模型见图 6。

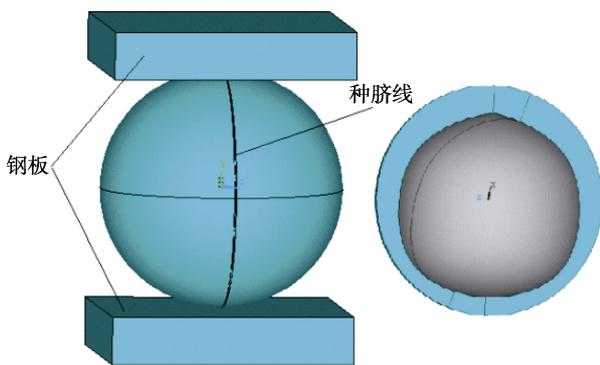


图 6 澳洲坚果模型
Fig.6 Macadamia nut model

6 有限元分析准备工作

网格划分时，针对不同的区域采取了不同的网格划分方式。由于种脐线的存在，所以对澳洲坚果模型

进行种脐线局部划分，对种脐线按线分段进行四面体网格划分，对坚果模型的其他部分进行自由网格划分。对钢板进行按线分段的六面体网格划分^[12]，见图 7。在建立接触对时也采用不一样的接触对^[13]，见图 8—9。

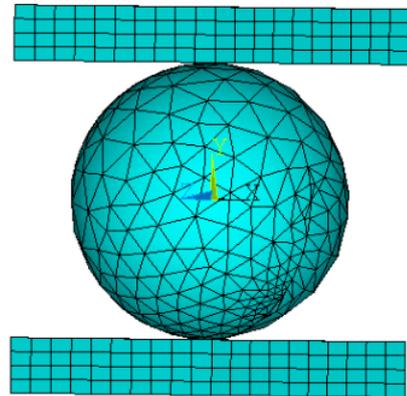


图 7 划分网格
Fig.7 Meshing

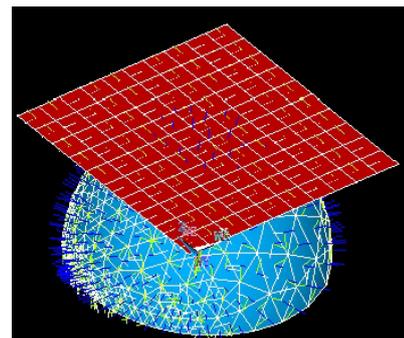


图 8 澳洲坚果与上压板接触对的建立
Fig.8 Establishment of contact pairs between Macadamia nuts and upper pressure plate

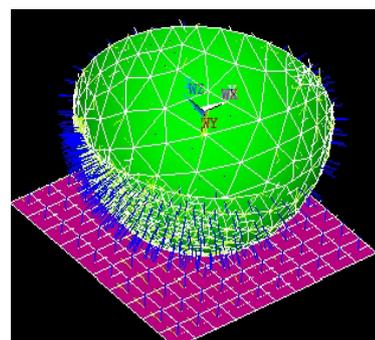


图 9 澳洲坚果与下压板接触对的建立
Fig.9 Establishment of contact pairs between Macadamia nuts and lower pressure plate

7 求解及结果分析

7.1 沿正立方向加载

在进行澳洲坚果加载仿真模拟时，分别对两钢板

施加约束及载荷,对其中一块板施加固定约束,对另一块板施加集中力^[14]。由挤压试验结果可知,沿正立方向对澳洲坚果破壳所需的力为 2018 N。澳洲坚果正立方向加载的有限元结果见图 10。

由图 10b 可以看出,受到正立方向加载的澳洲坚果的最大变形量为 13.49 mm,且发生在挤压处,而由图 10a 可以看出,最大应力为 15.82 MPa,果壳的应力没有明显的方向性,根据它的受力可以推断,果

壳的破裂将可能会从加载点沿四周随机扩散,裂纹点较少,致使果壳产生许多小的碎壳,导致整仁率降低,影响破壳效果^[15]。

7.2 沿倒立方向加载

由挤压试验的结果可知,沿倒立方向加载澳洲坚果所需的破壳力为 2168 N。通过求解后得出澳洲坚果沿倒立方向受压的应力、变形结果见图 11。

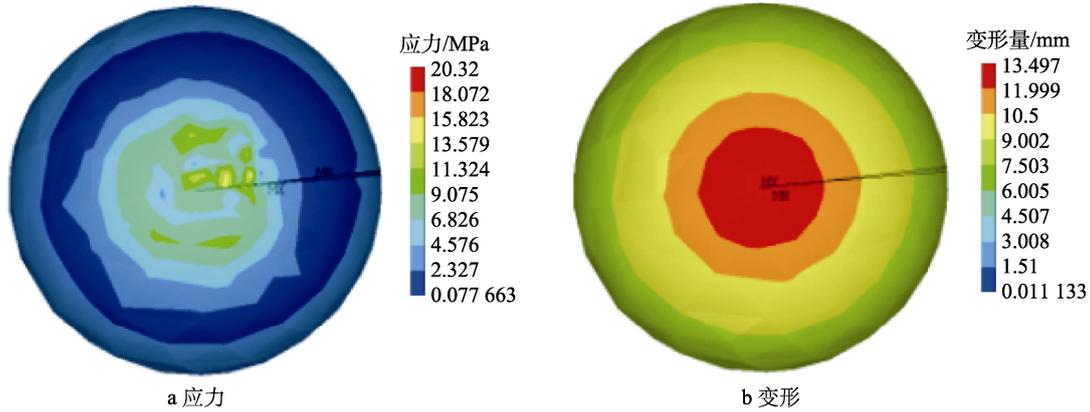


图 10 正向加载效果
Fig.10 Positive loading effect

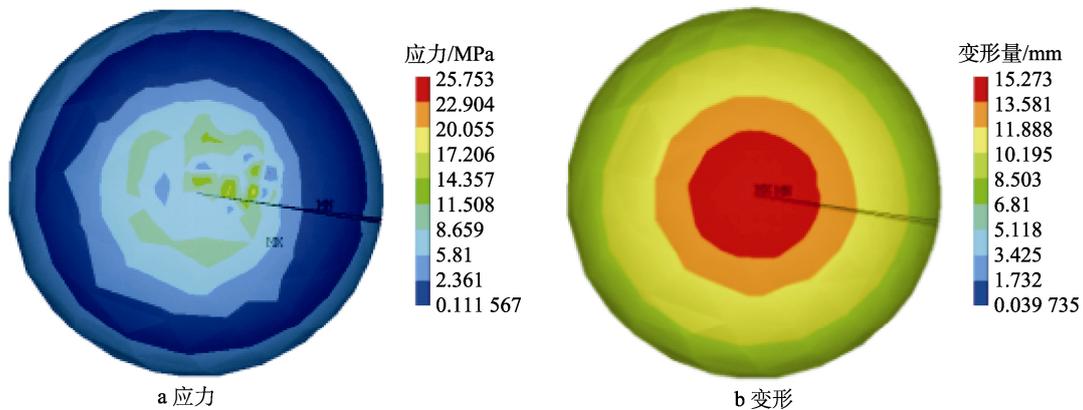


图 11 倒立方向加载效果
Fig.11 Backward loading effect

由图 11b 可得,受到倒立方向加载的澳洲坚果的最大变形量为 15.27 mm,且发生在挤压处。由图 11a 可以看出,应力最大处为 17.20 MPa,与正向受压类似,果壳的应力没有明显的方向性,果壳的破裂将可能从加载点沿四周随机扩散,裂纹点较少,致使果壳产生许多小的碎壳,影响破壳的效果,故可知沿两端加载的效果皆不佳。

7.3 沿垂直于种脐面方向加载

由挤压试验的结果可知,沿垂直于种脐面方向加载澳洲坚果所需的破壳力为 3368 N。通过求解后得出澳洲坚果沿垂直于种脐面受压的应力、变形效果,见图 12。

由图 12b 可以看出,受到垂直于种脐面方向加载的澳洲坚果的最大变形量为 12.50 mm,且发生在挤压处。果壳的最大应力为 10.15 MPa,应力没有一定的方向性,可以看出其有较多的裂纹点,在较厚的两端虽然受力,但由于其厚度较大,所以不会导致其裂开。由此,沿垂直于种脐面方向加载时,效果比沿两端加载时好。

7.4 沿种脐线方向加载

由挤压试验的结果可知,沿种脐线方向加载澳洲坚果所需的破壳力为 1273 N。通过求解后得出澳洲坚果沿种脐线正中间方向受压的应力、变形效果,见图 13。

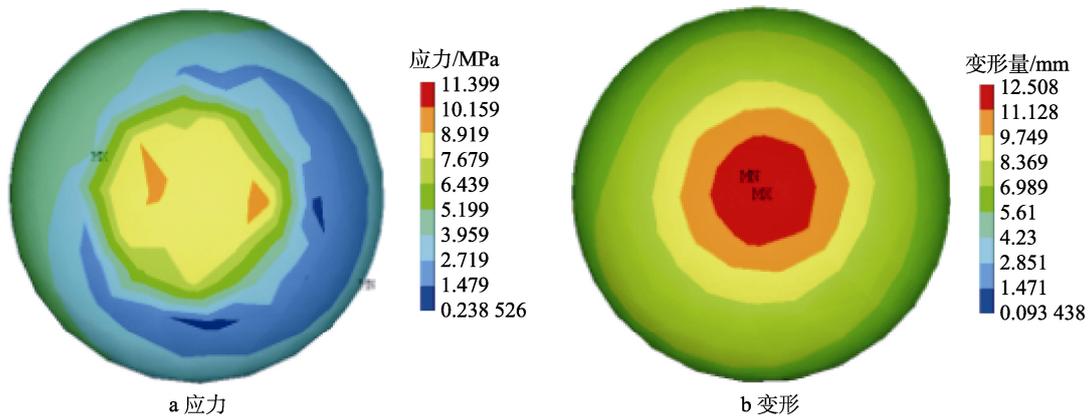


图 12 垂直于种脐面方向加载效果
Fig.12 Loading effect perpendicular to seed umbilical plane

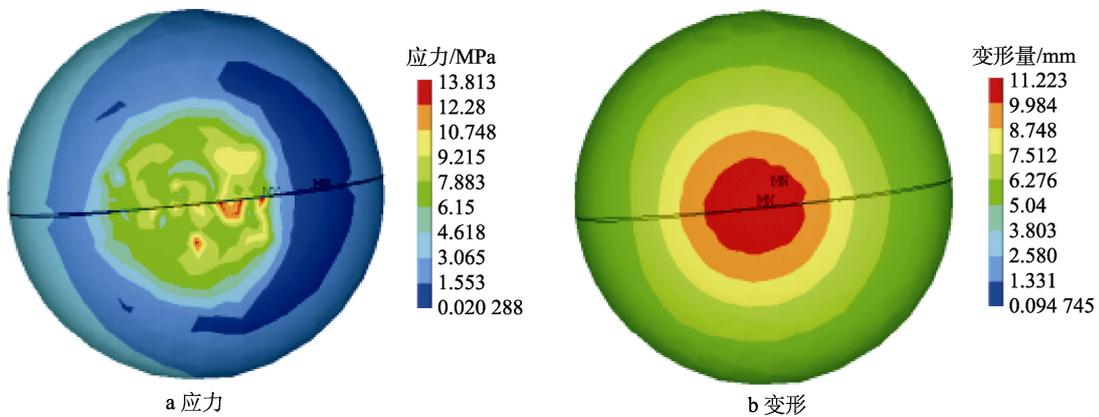


图 13 沿种脐线方向加载效果
Fig.13 Loading effect along seed umbilical line

由图 13b 可知，受到沿种脐线正中间方向加载的澳洲坚果的最大变形量为 11.22 mm，且发生在挤压处。坚果果壳的最大应力为 13.81 MPa，且应力有一定的方向性，也可以看出其有较多的裂纹点且易扩展，在较厚的两端部分虽然有受力，但由于其厚度较大，所以不会裂开。由此，沿种脐线正中间方向加载

时能获得较好的破壳效果。

7.5 种脐线 45°方向加载

根据正交试验结果，种脐线 45°方向加载所需的破壳力为 1326 N。通过求解后得出澳洲坚果沿种脐线 45°方向受压的应力、变形效果，见图 14。

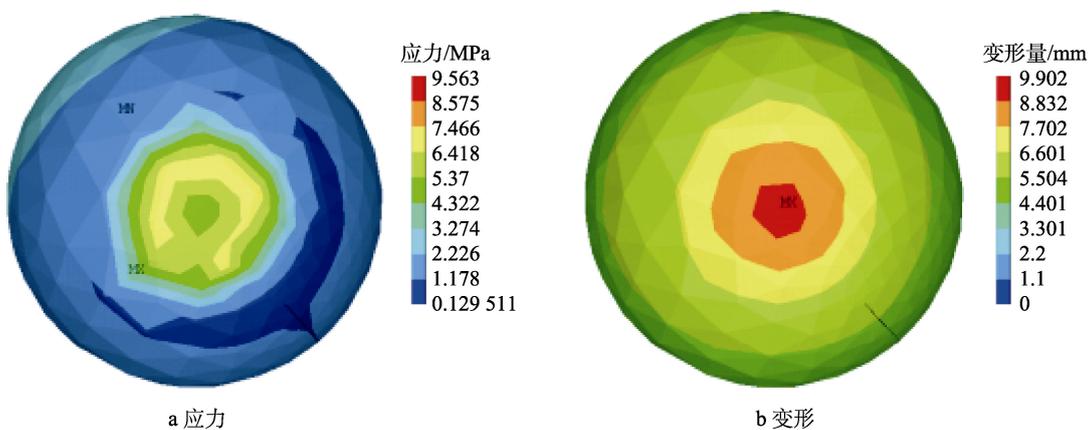


图 14 沿种脐线 45°方向加载效果
Fig.14 Loading effect along 45° direction of seed umbilical cord

由图 14b 可以看出, 在受到沿种脐线 45°方向加载的澳洲坚果的最大变形量为 9.90 mm, 且发生在挤压处。从图 14a 可以看出, 坚果果壳的应力最大为 7.46 MPa, 应力没有一定的方向性, 但可看出应力没有沿种脐线加载时的大, 产生的裂纹点也没有沿种脐线加载时的多, 综合来说破壳效果不及沿种脐线方向加载。

7.6 分析结果对比

各加载方向的有限元分析结果对比见表 2。对比表 2 的结果可知, 沿种脐线加载时有较多的裂纹点, 并且应力具有一定的方向性, 最大变形量适中, 易获得较大的整仁率, 且所需加载力为所有加载方向中最小, 因此沿种脐线方向加载效果最佳。

表 2 仿真分析结果对比
Tab.2 Comparison of simulation analysis results

加载方向	所需破壳力/N	最大变形量/mm	应力
正立方向	2018	13.49	最大为 15.82MPa, 没有明显的方向性, 且裂纹点较少
倒立方向	2168	15.27	最大为 17.20 MPa, 没有明显的方向性, 且裂纹点较少
垂直于种脐面方向	3368	12.50	最大为 10.15 MPa, 没有明显的方向性, 且裂纹点较多
种脐线方向	1273	11.22	最大为 13.81 MPa, 有一定的方向性, 且裂纹点较多
种脐线 45°方向	1326	9.90	最大为 7.46 MPa, 没有明显的方向性, 且裂纹点较多

8 不同品种澳洲坚果品质的讨论

根据云南省热带作物科学研究所的贺熙勇等对云南省 4 个澳洲坚果品种比较试验点的 15 个供试品种的品质进行研究发现: 单个干壳果质量(含水量约为 1.5%)平均为 6.12 g; 单个果仁质量平均为 1.84 g; 壳果横径变异系数平均为 6.78%; 果仁含油量平均为 75.22%^[16]。目前云南省种植澳洲坚果的主要品种为 HAES900, O.C 和 H2, 这 3 个品种皆为果仁较大且果壳直径较大的品种, 与文中试验所用样品的品质相似, 因此该研究结果对于主要品种的破壳生产具有一定的参考意义。

9 结语

澳洲坚果具有极高的营养价值和药用价值, 近几年我国澳洲坚果的产量大幅度增加, 但现阶段我国对于澳洲坚果的理论研究过少, 因加工技术的匮乏造成的瓶颈问题将变得日益突出。文中的研究结果可以为今后澳洲坚果的破壳理论研究提供一定参考。

首先通过正交设计试验得到一组数据, 通过分析可知澳洲坚果果壳为脆性材料。试验的 3 个因素, 即坚果果径大小、加载速率、加载方向对破壳力的影响都较显著, 且相互独立。加载速率在 25~45 mm/min 间破壳效果最佳。同时, 可以得出在澳洲坚果破壳前需要对其按大小进行分级, 这样做可能会提高破壳效果。沿种脐线方向加载时, 破壳效果最佳。由此, 在加工生产时先将坚果按果径大小分级, 再针对每一个级别设定相应的压力, 以获得较好的效果。

其次分析了有限元仿真各加载方向的坚果变形、应力图, 得出应尽量避免从两端加载。沿垂直于种脐面方向加载时效果较两端加载的较优。当沿种脐线正

向加载时, 不仅只需较小的破壳力, 而且裂纹较其余加载方向多, 有一定的方向性, 因此不易损伤果仁, 能获得较大的整仁率。当沿种脐线 45°方向加载时, 从变形和应力两方面来看都不及沿种脐线正中加载所达到的效果。综上可得, 沿种脐线加载为最优加载方向, 该结果与文中澳洲坚果破壳工艺参数正交试验所得的结果一致。

参考文献:

- [1] 焦云, 邹明宏, 曾辉, 等. 澳洲坚果研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(8): 3366—3368.
JIAO Yun, ZOU Ming-hong, ZENG Hui, et al. Research Progress of Macadamia Nut[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(8): 3366—3368.
- [2] 宋德庆, 邓干然, 薛忠, 等. 澳洲坚果破壳技术的发展现状及对策[J]. 农机化研究, 2010, 32(9): 241—244.
SONG De-qing, DENG Gan-ran, XUE Zhong, et al. Development and Status of Macadamia Hull Breaking Technology[J]. Agricultural Mechanization Research, 2010, 32(9): 241—244.
- [3] 云南澳洲坚果产业调研组. 云南省澳洲坚果产业发展现状存在问题及建议[J]. 热带农业科技, 2007, 30(1): 1014.
Yunnan Macadamia Industry Research Group. Problems and Suggestions on Macadamia Industry in Yunnan[J]. Tropical Agricultural Technology, 2007, 30(1): 1014.
- [4] 刁卓超, 杨薇, 李建欢, 等. 澳洲坚果热风干燥特性研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 44—46.
DIAO Zhuo-chao, YANG Wei, LI Jian-huan, et al. Study on Hot Air Drying Characteristics of Macadamia Nut[J]. Food and Machinery, 2010, 26(6): 44—46.
- [5] 何义川, 王序俭, 曹肆林, 等. 对辊挤压式核桃破壳

- 装置的设计与试验研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 350—352.
- HE Yi-chuan, WANG Xu-jian, CAO Si-lin, et al. Design and Experimental Study of Roller Crushing Shell for Walnut[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(9): 350—352.
- [6] 董诗韩, 史建新. 多辊挤压式核桃破壳机的设计与试验[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 30(1): 62—65.
- DONG Shi-han, SHI Jian-xin. Design and Experiment of Multi Roll Extrusion Walnut Shell Breaking Machine[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2011, 30(1): 62—65.
- [7] 谢丽娟. 莲子破裂最佳位置的有限元模拟及试验研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- XIE Li-juan. Finite Element Simulation and Experimental Study on the Optimal Location of Lotus Seed Bursting[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005
- [8] 谢丽娟, 宗力. 莲子受力有限元分析[J]. 农业机械学报, 2006, 37(6): 94—97.
- XIE Li-juan, ZONG Li. Finite Element Analysis of Lotus Seed Stress[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2006, 37(6): 94—97.
- [9] 李勇, 张宏, 王萍, 等. 温 185 核桃压缩力学特性研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 57—60.
- LI Yong, ZHANG Hong, WANG Ping, et al. Study on Compressive Mechanical Properties of Walnut 185[J]. Food and Machinery, 2016, 32(4): 57—60.
- [10] 沈柳杨, 张宏, 唐玉荣, 等. 自分级挤压式核桃破壳机的设计与试验[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 80—85.
- SHEN Liu-yang, ZHANG Hong, TANG Yu-rong, et al. Design and Experiment of Self Grading Walnut Shell Breaking Machine[J]. Food and Machinery, 2016, 32(7): 80—85.
- [11] 袁越锦, 徐英英, 党新安. 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 Yue-jin, XU Ying-ying, DANG Xin-an. Research Status and Development Trend of Chestnut Shelling Technology and Shell Breaking Mechanism[J]. Food Industry Technology, 2008, 29(10): 301—305.
- [12] 郑甲红, 东泽, 梁金生. 基于 Workbench 的青核桃力学特性分析[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 86—88.
- ZHEN Jia-hong, DONG Ze, LIANG Jin-sheng. Analysis of Mechanical Properties of Green Walnut Based on Workbench[J]. Food and Machinery, 2015, 31(5): 86—88.
- [13] 程红胜, 李长友. 荔枝果核力学特性分析及试验[J]. 农机化研究, 2009, 31(12): 138—140.
- CHENG Hong-sheng, LI Chang-you. Analysis and Experiment of Mechanical Properties of Litchi Kernel[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(12): 138—140.
- [14] 杨锐, 陈红. 激光与核桃相互作用的力学推导及有限元分析[J]. 农机化研究, 2008, 30(4): 52—54.
- YANG Rui, CHEN Hong. Mechanical Deduction and Finite Element Analysis of Interaction Between Laser and Walnut[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, 30(4): 52—54.
- [15] 王斌, 刘德华, 张淑娟. 核桃物理力学特性参数的试验研究[J]. 农机化研究, 2017(8): 165—169.
- WANG Bin, LIU De-hua, ZHANG Shu-juan. Experimental Study on Physical and Mechanical Properties of Walnut[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2017(8): 165—169.
- [16] 贺熙勇, 陶丽, 倪书邦, 等. 15 个澳洲坚果品种在云南的产量及品质[J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1399—1407.
- HE Xi-yong, TAO Li, NI Shu-bang, et al. Yield and Quality of 15 Macadamia Nut Varieties in Yunnan[J]. Journal of Tropical Crops, 2009, 30(10): 1399—1407.