

# 板栗微波—烘烤联合脱壳去皮工艺优化

## Optimization of Chinese chestnut shelling peeled process using microwave-baking joint

何 芮 贾利蓉 王家星 高 鸿

HE Rui JIA Li-rong WANG Jia-xing GAO Hong

(四川大学轻纺与食品学院, 四川 成都 610065)

(College of Light Industry, Textile and Food Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

**摘要:** 为了提高板栗的脱壳去皮率, 采用微波—烘烤联合工艺对板栗进行脱壳去皮, 并采用响应面法分析微波时间、烘烤时间、烘烤温度对板栗脱壳去皮率和栗仁色差  $L^*$  值的影响, 分别以脱壳去皮率和色差  $L^*$  值为指标, 对工艺参数进行优化并建立预测模型。结果表明: 在微波时间 123 s, 烘烤温度 171 °C, 烘烤时间 128 s 的条件下, 板栗脱壳去皮率可达 97.96%, 栗仁色差  $L^*$  值为 56.67; 在微波时间 137 s, 烘烤温度 167 °C, 烘烤时间 116 s 的条件下, 栗仁色差  $L^*$  值为 58.94, 板栗脱壳去皮率为 95.45%。

**关键词:** 板栗; 脱壳; 去皮; 微波; 烘烤

**Abstract:** Microwave-baking process was used to improve chestnut shelling peeled rate. Response surface methodology was employed to analyze the impact of microwave time, baking time and baking temperature on Chestnut shelling and to optimize the shelling rate and color index  $L^*$  value. The results indicated that the impact of microwave time on the rate of shelling is greater than the baking time and the baking temperature. The microwave time was extremely significant to  $L^*$  value. When the microwave time was 123 s, the baking temperature was 171 °C and the baking time was 128 s, the shelling rate could reach 97.96%, the  $L^*$  value was 56.67. When the microwave time was 137 s, the baking temperature was 167 °C and the baking time was 116 s, the shelling rate was 95.45,  $L^*$  value could reach 58.94.

**Keywords:** chestnut; shelling; peeled; microwave; baking

目前, 板栗脱壳去皮的方法主要有手工剥壳、化学法、烘烤法、机械法、微波法<sup>[1-2]</sup>。手工加工工序复杂、生产效率低、不利于规模化生产<sup>[2]</sup>; 化学法利用酸碱溶液去皮, 处理后的外观颜色不理想, 且易残留化学试剂, 不利于健康<sup>[1]</sup>; 烘烤法利用远红外线使板栗受热裂口, 但容易导致栗仁褐变和熟化, 不

利于后续加工; 机械脱壳法整仁率低, 设备投资大, 并且外壳和内皮通常不能一次性脱除; 微波法加工时间短、效率高、不破坏栗仁的外形<sup>[3]</sup>, 但微波加热会导致栗仁失水率大、褐变程度高且发生不同程度的熟化。本研究拟采用微波法和烘烤法联合使用对板栗进行脱壳去皮, 并采用响应面法对该工艺进行优化, 以提高板栗的脱壳去皮率、保持栗仁色泽。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与设备

板栗: 市售;

微波炉: MM721NH1-PW 型, 广东美的厨房电器制造有限公司;

电热烘烤炉: MOEDL-HS2103P 型, 台湾浩胜食品机械公司;

分光测色仪: CM-5 型, 日本柯尼卡美能达。

### 1.2 试验方法

1.2.1 板栗微波—烘烤联合脱壳去皮 约取 40 颗 (200 g) 外形完好、大小均匀的板栗, 用刀片在板栗外壳划一道约 1/2 中轴长<sup>[4-5]</sup>、1~2 mm 深的切口, 依次用 700 W 微波<sup>[6]</sup>和烤箱处理板栗, 改变微波时间、烘烤温度和烘烤时间, 以脱壳率和栗仁色差  $L^*$  值作为评价指标, 用响应面法优化板栗脱壳去皮的工艺参数。通过预试验确定各因素所对应的水平, 见表 1。

1.2.2 脱壳去皮率的计算 处理后的板栗开口且能完整剥出栗仁记为可以脱壳去皮, 不能剥出栗仁或剥出栗仁后有内皮粘附记为不能脱壳去皮。脱壳去皮率按式(1)计算:

表 1 试验因素水平编码表

Table 1 Coding of levels of factors

水平	A 微波时间/s	B 烘烤温度/°C	C 烘烤时间/s
-1	100	150	60
0	120	170	120
1	140	190	180

作者简介: 何芮 (1991—), 女, 四川大学在读硕士研究生。

E-mail: 267325577@qq.com

通讯作者: 贾利蓉

收稿日期: 2015-07-03

$$\text{脱壳去皮率} = \frac{\text{可脱壳去皮板栗个数}}{\text{总板栗个数}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.3 栗仁色差的测定 将处理后的栗仁与预冷至4℃的蒸馏水以1:4(m:m)打浆,用分光测色仪测定板栗浆的L\*值,平行测定3次。L\*值越小表示栗仁的颜色越深,褐变程度越大。

## 2 结果与分析

### 2.1 回归模型

采用Design-Expert 8.0对微波时间、烘烤温度和烘烤时间进行优化,试验设计和结果见表2。

经过回归拟合,得到以脱壳去皮率和色差L\*值为响应值的回归方程,见表3。R<sup>2</sup>和R<sub>Adj</sub><sup>2</sup>表明两个模型均有较高的准确度和精确度,失拟性检验的结果表明:预测值与实测值拟合较好,P检验结果表明:2个模型均极显著(P<0.01)。

表2 Box-Behnken 试验设计方案及响应值

Table 2 Box-Bwhnken design and response values

试验号	A	B	C	R <sub>1</sub> 脱壳去皮率/%	R <sub>2</sub> 色差 L* 值
1	-1	-1	0	91.95	50.88
2	1	-1	0	94.63	53.44
3	-1	1	0	90.88	50.35
4	1	1	0	95.34	52.26
5	-1	0	-1	87.80	47.95
6	1	0	-1	93.62	53.85
7	-1	0	1	93.34	51.62
8	1	0	1	93.15	52.65
9	0	-1	-1	92.71	53.23
10	0	1	-1	94.58	55.27
11	0	-1	1	96.47	53.38
12	0	1	1	96.81	54.08
13	0	0	0	97.67	58.34
14	0	0	0	97.56	57.95
15	0	0	0	97.94	57.39

表3 回归分析表<sup>†</sup>

Table 3 Regression analysis table

响应值	回归方程	P 检验	失拟性检验	R <sup>2</sup>	R <sub>Adj</sub> <sup>2</sup>
脱壳去皮率	R <sub>1</sub> = -113.489 + 2.347 4A + 0.493 6B + 0.354 3C + 0.001 12AB - 0.001 25AC - 0.000 319BC - 0.009 61A <sup>2</sup> - 0.001 69B <sup>2</sup> - 0.000 528C <sup>2</sup>	0.000 3	0.087 4 <sup>ns</sup>	0.988 5	0.967 7
色泽 L* 值	R <sub>2</sub> = -277.579 + 2.852 1A + 1.656 2B + 0.309 5C - 0.000 406AB - 0.001 02AC - 0.000 279BC - 0.010 79A <sup>2</sup> - 0.004 61B <sup>2</sup> - 0.000 572C <sup>2</sup>	0.007 3	0.128 0 <sup>ns</sup>	0.954 7	0.873 2

† ns 表示不显著。

由表4可知,一次项A、C,二次项A<sup>2</sup>、C<sup>2</sup>对脱壳去皮率的影响极显著(P<0.01),AC的影响显著(P<0.05),其余项均不显著(P>0.05)。由方差中F值的大小可得,3因素对脱壳去皮率的影响大小顺序为:微波时间>烘烤时间>烘烤温度。

由表5可知,一次项A和二次项A<sup>2</sup>对响应值色差L\*值的影响极显著(P<0.01),一次项B、C,二次项B<sup>2</sup>、C<sup>2</sup>的影响显著(P<0.05),其余项均不显著(P>0.05)。由方差中F

值的大小可得,3因素对色差L\*值的影响大小顺序为:微波时间>烘烤温度>烘烤时间。

### 2.2 响应曲面分析

由图1可知:在试验范围内,脱壳去皮率随微波时间和烘烤时间增大先上升后下降,且这两个因素对响应值的影响较大,烘烤温度对脱壳率的影响很小。由图2可知:3个因素对色差L\*值的影响都较大,但微波时间对色差L\*值的影响

表4 脱壳去皮率方差分析表<sup>†</sup>

Table 4 Shelling peeling rate variance analysis table

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	110.92	9	12.32	47.66	0.000 3	**
A	37.88	1	37.88	146.50	<0.000 1	**
B	1.10	1	1.10	4.26	0.093 8	
C	14.33	1	14.33	55.43	0.000 7	**
AB	0.79	1	0.79	3.06	0.140 5	
AC	9.03	1	9.03	34.92	0.002 0	*
BC	0.59	1	0.59	2.26	0.192 8	
A <sup>2</sup>	54.56	1	54.56	211.01	<0.000 1	**
B <sup>2</sup>	1.70	1	1.70	6.59	0.050 3	
C <sup>2</sup>	13.35	1	13.35	51.64	0.000 8	**
残差	1.29	5	0.26			
失拟项	1.22	3	0.41	10.61	0.087 4	不显著
纯误差	0.076	2	0.038			
总变异	112.22	14				

† \*\* 表示影响极显著,P<0.01; \* 表示影响显著,P<0.05。

表5 色差L\*值方差分析表<sup>†</sup>

Table 5 L\* value variance analysis table

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	110.20	9	12.24	11.71	0.007 3	**
A	55.92	1	55.92	53.48	0.000 7	**
B	12.41	1	12.41	11.87	0.018 3	*
C	10.94	1	10.94	10.46	0.023 1	*
AB	0.11	1	0.11	0.10	0.763 5	
AC	5.93	1	5.93	5.67	0.063 1	
BC	0.45	1	0.45	0.43	0.541 3	
A <sup>2</sup>	68.80	1	68.80	65.80	0.000 5	**
B <sup>2</sup>	12.56	1	12.56	12.01	0.017 9	*
C <sup>2</sup>	15.66	1	15.66	14.97	0.011 8	*
残差	5.23	5	1.05			
失拟项	4.77	3	1.59	6.98	0.128 0	不显著
纯误差	0.46	2	0.23			
总变异	115.43	14				

† \*\* 表示影响极显著,P<0.01; \* 表示影响显著,P<0.05。

最大。这可能是因为微波加热可以起到瞬间灭酶的效果,抑制了酶促褐变的发生<sup>[7-10]</sup>。

### 2.3 验证实验结果

利用 Design-Expert 对两回归方程进行优化,得到:在微波时间 123.26 s、烘烤温度 171.21 °C、烘烤时间 128.04 s 的条件下,脱壳去皮率的预测值最大,为 98.013%;在微波时间 137.42 s、烘烤温度 167.28 °C、烘烤时间 115.63 s 的条件下, $L^*$  的预测值最大,为 59.97。考虑到实际操作的可

行性,将参数修正为微波时间 123 s、烘烤温度 171 °C、烘烤时间 128 s 和微波时间 137 s、烘烤温度 167 °C、烘烤时间 116 s,以上述工艺参数分别进行 3 次平行实验,脱壳去皮率的平均值为  $(97.96 \pm 0.019)\%$ ,与理论值的相对误差为 0.054%,该条件下栗仁的色差  $L^*$  值为 56.67; $L^*$  值的平均值为  $58.94 \pm 0.365$ ,与理论值的相对误差为 1.75%,该条件下板栗的脱壳去皮率为 95.45%。表明该模型可靠,有一定的参考价值。

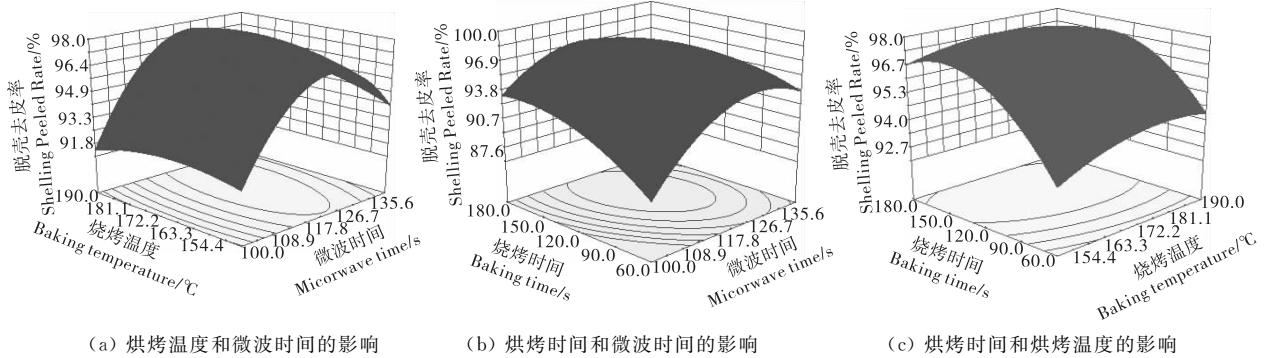


图 1 脱壳去皮率的响应曲面

Figure 1 Response surface of shelling peeling rate

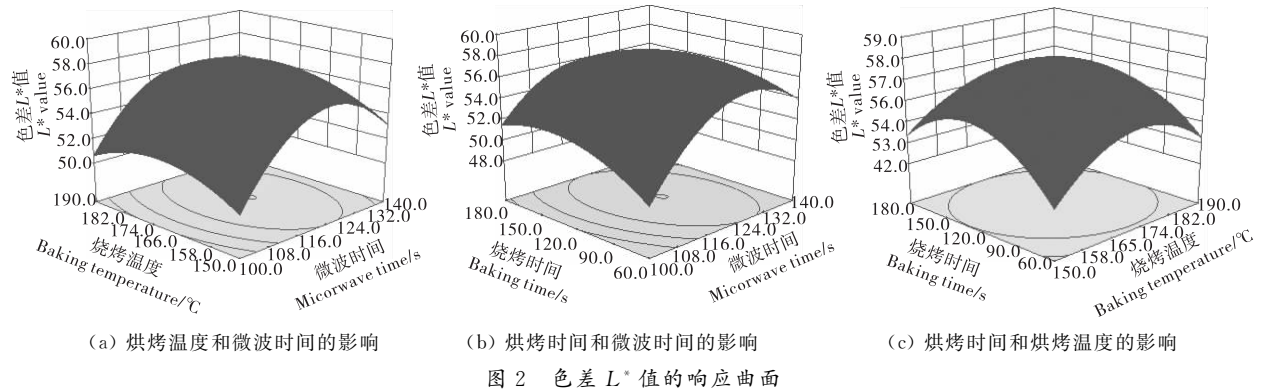


图 2 色差  $L^*$  值的响应曲面

Figure 2 Response surface of  $L^*$  value

## 3 结论

采用微波—烘烤联合使用的方法对板栗进行脱壳去皮,针对不同的响应值,在各自的最优工艺组合下,脱壳去皮率可达 97.96%,色差  $L^*$  值可达 58.94。由于无法确定在实际生产中脱壳去皮率和色差  $L^*$  值所占比重,所以无法给出唯一最优工艺组合,这需要在生产中按照实际情况来选择最优工艺组合。以往关于板栗脱壳去皮的研究都是利用单一的微波法<sup>[3]</sup>或者烘烤法<sup>[1]</sup>,导致脱壳去皮效果不佳,栗仁颜色变化较大。本研究将微波和烘烤联合使用对板栗进行脱壳去皮,不仅提高了脱壳去皮率,还能控制栗仁的颜色变化,为板栗的深加工提供了一定的理论参考。

### 参考文献

[1] 杨芙莲,梁萍,朱姐. 板栗去壳方法及设备的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 149-152.  
[2] 罗凤莲,夏延斌,欧阳建勋. 我国板栗制品加工现状与思索[J]. 食品与机械, 2004, 20(1): 45-47.

[3] 王武,陈从贵,张景强. 板栗微波爆壳技术及微波装备设计[J]. 粮油加工与食品机械, 2002(7): 44-45.  
[4] 房贵磊,罗仓学,胡兵. 板栗微波去壳切口工艺优化[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 78-84.  
[5] 高楠,孔晓玲,王卫. 板栗切口对微波干燥工艺的影响研究[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(3): 11-14.  
[6] 杨芙莲,梁萍,朱姐. 利用微波能使板栗脱壳去衣的新工艺新方法研究[J]. 食品科技, 2006(9): 82-83.  
[7] Shi Jing-ying, Li Jin-xiu, Zhu Shu-hua, et al. Browning inhibition on fresh-cut chestnut kernel by exogenous nitric oxide[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011 (46): 944-949.  
[8] 蒋依辉,钟云,陈金印. 热处理对板栗贮藏过程中部分生理指标与贮藏效果的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(3): 237-240.  
[9] 曾婷婷,张立彦,芮汉明. 板栗的酶促褐变特性及灭酶预处理研究[J]. 食品工业科技, 2011(10): 110-113.  
[10] 生吉萍,何树林,胡小松,等. 板栗栗仁褐变及其控制方法研究[J]. 食品与机械, 2000(1): 18-19.