

核桃仁超声波辅助碱液去皮工艺优化

方楚楚, 阚建全*

(西南大学食品科学学院, 食品科学与工程国家级实验教学示范中心, 重庆 400715)

摘要:以核桃仁为原料,采用超声波辅助碱液去皮的工艺,在单因素实验的基础上选择以 NaOH 溶液浓度、超声温度、碱烫时间、超声功率作为实验因素,以去皮率为考察指标,运用响应面法优化得出核桃仁去皮的最优工艺。验证实验结果表明:当 NaOH 溶液的浓度为 0.8%,超声温度为 64 ℃,碱烫时间为 4.5 min,超声功率为 380 W 时,三次验证实验的平均去皮率为 5.46% ± 0.02%,去皮容易,清水冲泡后几乎整皮脱落,去皮效果最好,并且核桃仁质地酥脆,颜色乳白,无碱味,表明该优化工艺可行。

关键词:核桃仁,超声波,碱烫,去皮,工艺优化

Optimization of ultrasonic assisted alkali peeling process of walnut kernel

FANG Chu-chu, KAN Jian-quan*

(College of Food Science, Southwest University, National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Technology, Chongqing 400715, China)

Abstract: This study took walnut kernel as raw material and the technology of ultrasonic assisted alkali peeling was adopted. On the basis of single factor tests, the concentration of NaOH solution, ultrasonic temperature, alkali hot time and ultrasonic power were selected as the test factors, and peeling rate as examine index. The optimum process of walnut kernel peeling was optimized by using the response surface method. The test results showed that when the concentration of NaOH solution was 0.8%, ultrasonic temperature was 64 ℃, alkaline hot time was 4.5 min, ultrasonic power was 380 W, the average peeling rate of three tests was 5.46% ± 0.02%, and that the walnut peeling effect was the best, almost all of the skin could fall off after rinsing with water and the walnut had crisp texture and white color and no alkali flavor, which indicated that the optimized process was feasible.

Key words: walnut kernel; ultrasonic; alkali hot; peel; process optimization

中图分类号: TS255.6 文献标识码: B 文章编号: 1002-0306(2017)18-0195-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.037

核桃 (*Juglandis*) 是胡桃科、核桃属的多年生落叶乔木坚果,具有丰富的经济价值和营养价值^[1]。核桃含有较高的不饱和脂肪酸和优质蛋白质^[2-3],同时还含有丰富的多酚、黄酮等生理活性物质^[4],在我国素有“长寿果^[5]”的美称,研究表明经常食用核桃具有明显的抗衰老、健脑益智、美容等作用^[6]。近年来,随着食品行业的快速发展,核桃产品也不断推陈出新,但都是风味核桃仁、核桃乳等初级加工产品。在实际生产加工过程中,核桃仁表面的褐色薄皮衣常常成为限制核桃产品深加工的主要因素。这层薄皮衣单宁含量高,是产生苦涩味及导致核桃饮料褐变的主要原因^[7],且单宁与蛋白质结合还会形成沉淀复合物,被视为抗营养物质,从而降低产品品质^[8]。此外,在核桃油的生产过程中,单宁类物质常常会影响核桃油的口感和色泽^[9]。为了充分开发核桃类产品,核桃仁的深加工迫切需要一种快速方便地去除种皮

的方法。

核桃仁的表面不规则,凹凸不平,有很多沟槽,用简单的机械处理很难去皮。目前常用的核桃仁去皮方法有:热烫去皮、烘烤去皮以及碱液去皮法^[10-11]。但是热烫去皮和烘烤去皮法的去皮效果并不是很理想,而在较高浓度的碱液中浸泡去皮效果良好,但因碱液浓度较高,去皮后核桃仁碱味去除较困难,颜色发黄,影响后续加工产品的品质。在核桃仁去皮技术的研究中,余少华等^[12]选用在 1.5% 的 Na₂CO₃ 溶液中 75 ℃ 条件下加热 15 min 的工艺,王喜萍等^[13]采用在 50~60 ℃ 的 1% 的 NaOH 溶液中浸泡 10 min 后用流水去皮的工艺。虽然可以完全去皮,但由于浸泡时间过长,对核桃仁的质地造成了不好的影响,同时也不利于工业化的应用。超声波在食品工业上的主要应用为超声强化提取^[14-15]和分离、超声灭菌和保鲜、超声过滤^[16-17]。其主要的作用是利用热效应、空

收稿日期: 2017-04-28

作者简介: 方楚楚 (1996-), 女, 大学本科, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: fangchuchujiayou@163.com。

* 通讯作者: 阚建全 (1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品化学与营养学、食品生物技术、食品质量与安全, E-mail: ganjq1965@163.com。

化效应和力学效应,无需借用其它机械操作就可以实现分离,非常适用于不规则的核桃仁去皮工艺,而且关于超声辅助核桃仁去皮的研究报道还很少。因此本实验采用边超声边碱烫的工艺,借助超声波的能量在去皮的基础上大大缩短去皮时间,提高去皮效率,节省人力物力财力。在浸泡液对核桃仁质地影响方面,荣瑞芬^[18]研究表明,添加钙离子可以提高核桃仁的硬度,保持核桃仁的脆性,但是对于核桃仁去皮无明显作用,因此本实验采用0.08%的CaCl₂溶液与不同浓度的NaOH溶液构成复合碱液,进一步优化核桃仁的碱法去皮工艺。

综合考虑,本实验拟研究核桃仁超声波辅助碱液去皮的生产工艺,通过单因素和响应面实验对各项因素(NaOH溶液浓度、超声温度、碱烫时间、超声功率)进行优化,以期获得核桃仁去皮的最优工艺条件并为其工业化应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

核桃仁 山西省长治市;氢氧化钠、无水氯化钙 国产分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

JA31002 电子天平 上海精天电子仪器有限公司;温度计 冀州市耀华器械仪表厂;HH-8 数显恒温水浴锅 常州澳华仪器有限公司;SB 25-12 DTD 超声波清洗机 宁波新芝生物科技股份有限公司;DHG-9245A 电热恒温鼓风干燥箱 上海齐欣科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 核桃仁去皮 选择仁大而完整、饱满、无虫蛀、无霉变、味道正常的核桃仁,称量其干重,并浸泡在20℃的温水中24h;当超声波温度和NaOH与0.08%的CaCl₂混合碱液的温度调至一定值后按照1:8(m/v)的料液比放入核桃仁,在一定的超声波功率下边超声边碱烫一定的时间;碱烫完毕后倒掉碱液并将核桃仁放在水龙头下清水冲洗,水压要适中;观察清水冲洗后的去皮核桃仁的色泽,感官评定去皮核桃仁的碱味与脆性;再将清水冲洗后的去皮核桃仁放置在70℃的烘箱中烘至恒重并称量其质量,计算去皮率。

1.2.2 单因素实验 每个单因素选择六个水平,NaOH溶液浓度为0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%;超声温度为30、40、50、60、70、80℃;碱烫时间为3、4、5、6、7、8min;超声功率为250、300、350、400、450、500W。以NaOH溶液浓度0.8%、超声温度60℃、碱烫时间4min、超声功率350W为固定水平,变换各个单因素水平进行实验,考察各因素对核桃仁感官指标和去皮率的影响。

1.2.3 响应面优化实验 参考相关文献[19-22],在单因素实验的基础上,选择NaOH溶液浓度、超声温度、碱烫时间、超声功率为自变量,以去皮率为响应值,根据Box-Behnken实验设计方法,进行四因素三水平的响应面分析实验,因素与水平见表1。

1.2.4 核桃仁去皮效果的评价方法

1.2.4.1 去皮率的计算 在以前的核桃仁去皮研究

表1 响应面实验因素水平表

Table 1 Factors and levels table of the response surface test(RSA)

水平	因素			
	A NaOH溶液浓度(%)	B 超声温度(℃)	C 碱烫时间(min)	D 超声功率(W)
-1	0.7	50	3	300
0	0.8	60	4	350
1	0.9	70	5	400

中,最常用的方法是采用描述性语言来评价去皮效果^[18,23],很少将去皮效果数据化,结果具有一定的主观性。本实验采用去皮率为主,感官评价为辅(见表2,表3)的两个指标同时对核桃仁的去皮效果进行评价。根据文献[18],去皮率公式修改如下:

$$Y = \left(1 - \frac{m}{M}\right) \times 100$$

式中:Y-核桃仁去皮率,%;m-碱液浸泡后去皮核桃仁烘干后的质量,g;M-完整的未去皮核桃仁烘干后的质量,g。

表2 核桃仁的去皮率与脱皮情况

Table 2 The peeling rate and peeling condition of walnut kernel

去皮率(%)	核桃仁脱皮情况
0~3	A 清水冲洗后几乎不能去皮
3~4	B 清水冲洗后可部分去皮
4~5	C 清水冲洗后绝大部分去皮
5~5.5	D 清水冲洗完全去皮
5.5~6	E 清水冲洗后很容易完全去皮

1.2.4.2 核桃仁的感官评价 参考文献[24]中的方法,选取10位进行过感官评价培训的评价员组成感官评定小组,对去皮核桃仁的色泽、质地以及碱味的有无进行评分,评分标准如表3所示,各项指标的满分均为10分,去皮核桃仁各项感官指标的最后得分取10位评价人员打分的平均值。

表3 核桃仁的感官指标

Table 3 The sensory indexes of walnut kernel

指标	属性	分值
色泽	乳白	9~10
	稍黄	6~8
	深黄,有黑色斑点	3~5
	变褐	0~2
	脆	9~10
质地	较脆	6~8
	变软变绵	3~5
	清水冲泡时有脱落	0~2
碱味	无碱味	9~10
	细尝后稍有碱味	6~8
	细尝后有碱味	3~5
	有碱味	0~2

1.3 数据处理

使用 Origin pro 9 以及响应面分析软件 Design Expert 8.0.6 进行相关图表的绘制以及数据的处理。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 NaOH 溶液浓度对核桃仁去皮效果的影响 由图 1 可知,当 NaOH 溶液浓度在 0.5%~0.8% 时,核桃仁的去皮率在快速升高,表示随着 NaOH 溶液浓度的升高,核桃仁的去皮效果快速增加;当 NaOH 溶液浓度超过 0.8% 时,核桃仁的去皮率变化缓慢且只有少许上升,表明 NaOH 溶液浓度超过 0.8% 时,核桃仁的去皮效果没有明显变化,可能的原因是此碱液浓度下的核桃仁去皮已经接近完全,故随着 NaOH 溶液浓度继续升高,核桃仁的去皮率没有明显的变化。同时由图 1 可看出,当 NaOH 溶液浓度为 1.0% 时,去皮核桃仁的质地变软,颜色也变黄,并且有碱味,这一结果与刘森^[10] 实验中 NaOH 溶液浓度对山核桃仁去皮效果一致。因此,NaOH 溶液浓度选择 0.8% 左右为宜。

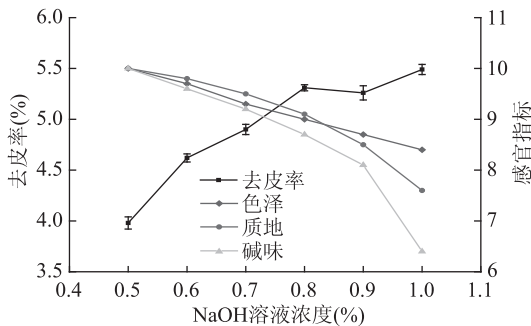


图 1 不同 NaOH 溶液浓度对核桃仁去皮效果的影响
Fig.1 The effect of different concentration of sodium hydroxide on walnut kernel peeling

2.1.2 超声温度对核桃仁去皮效果的影响 由图 2 可知,当超声温度在 30~60 °C 时,核桃仁的去皮率在快速上升,当超声温度在 60~80 °C 时,核桃仁的去皮率变化不明显,表明超声温度在 30~60 °C 时,核桃仁的去皮效果在不断提高,继续提高温度对去皮效果影响不大。同时由图 2 可以看出,从 70 °C 开始,碱烫后的核桃仁的颜色已经开始发黄,质地变软,有黑色斑点并且有碱味。温度太低不容易溶解核桃仁种皮的果胶层,导致核桃仁种皮不易完全脱落,温度太高果肉容易被碱腐蚀,核桃仁质地易变软,颜色亦会变黄变褐^[10]。因此,超声温度在 60 °C 左右为宜。

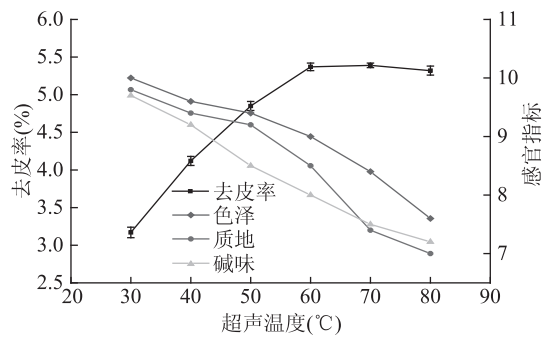


图 2 不同超声温度对核桃仁去皮效果的影响
Fig.2 The effect of different ultrasonic temperature on walnut kernel peeling

2.1.3 碱烫时间对核桃仁去皮效果的影响 由图 3 可知,当碱烫时间从 3 min 增加到 4 min 时,核桃仁的去皮率快速增加;从 4 min 增加到 8 min 时,核桃仁的去皮率增加缓慢,可能的原因是碱烫时间的持续增加已经开始对核桃仁中的其他成分造成损失,故去皮核桃仁的质量在不断地减少。并由图 3 可以看出碱烫时间在 5 min 以上时,核桃仁的颜色开始变黄,且碱烫时间越长,核桃仁上的黑色斑点越多,质地越软,碱味越大。故综合考虑,核桃仁的去皮率与感官指标,选择碱烫时间为 4 min 左右为宜。

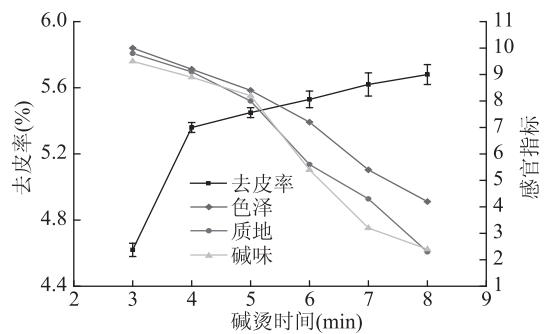


图 3 不同碱烫时间对核桃仁去皮效果的影响
Fig.3 The effect of different alkali hot time on walnut kernel peeling

2.1.4 不同超声功率对核桃仁去皮效果的影响 由图 4 可知,当超声功率为 250~350 W 时,核桃仁的去皮率快速增加,表明核桃仁的去皮效果快速提高;当超声功率为 350~500 W 时,核桃仁的去皮率没有明显变化;同时由图 4 可以看出,当超声功率越来越大时,去皮核桃仁的颜色也开始慢慢变黄,质地也开始慢慢变软。当超声功率为 350~500 W 时,核桃仁去皮已接近完全,故超声功率的持续增加对核桃仁的去皮率没有明显作用,但是随着超声功率的持续增加,复合碱液已经开始对核桃仁的质地造成影响。故综合考虑核桃仁的去皮效果以及能效,选择超声功率为 350 W 左右为宜。

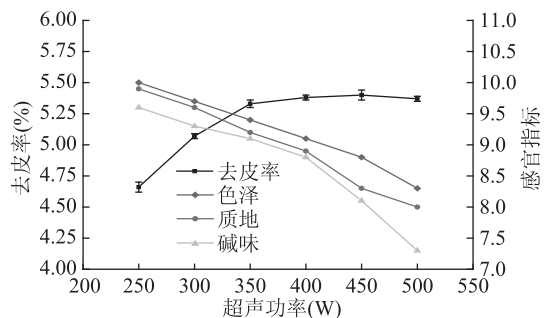


图 4 不同超声功率对核桃仁去皮效果的影响
Fig.4 The effect of different ultrasonic power on walnut kernel peeling

2.2 响应面优化核桃仁去皮工艺条件的研究

2.2.1 中心组合实验 根据单因素实验的结果,利用 Box-Behnken 中心组合实验设计原理^[25],以 NaOH

溶液浓度、超声温度、碱烫时间、超声功率为主要因素,以去皮率为响应值,设计出四因素三水平的响应面分析实验。共有 27 组实验,其中 24 组为析因实验,24 个析因点为因素 A、B、C 和 D 所构成的多维空间顶点,3 组为中心实验,3 个零点是区域的中心点,用来估计实验误差。中心组合实验方案设计及结果如表 4 所示。

根据表 4 中的数据使用 Design-Expert 8.0.6 软件进行多元回归拟合分析,得到模型的二次多项式回归方程为: $Y = 5.39 + 0.17A + 0.20B + 0.32C + 0.16D + 0.023AB + 0.032AC - 0.010AD + 0.017BC - 0.028BD + 0.012CD - 0.28A^2 - 0.31B^2 - 0.26C^2 - 0.12D^2$ 。

同时对该模型进行方差分析和回归系数的显著性检验,分析和检验结果如表 5 所示。

由表 5 的方差分析可知,在该模型中一次项 A (NaOH 溶液浓度)、B (超声温度)、C (碱烫时间)、D (超声功率)以及二次项 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 的 Prob > F 的值均小于 0.0001,表明 A、B、C、D、 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 这几个因素极显著($p < 0.01$)。该模型的 F 值为 244.66, Prob > F 的值小于 0.0001,表明该模型的回归方程是极显著的。失拟项的 F 值是 4.60, Prob > F 的值是 0.1918,大于 0.05,表明失拟项是不显著的,实验误差较小,方程对实验的拟合度较好,方案可靠。该模型回归方程的决定系数 R^2 为 0.9804, R^2 (adj) 为

表 4 响应面分析实验设计与结果
Table 4 Design and results of RSA

实验号	A	B	C	D	Y:去皮率(%)	实验号	A	B	C	D	Y:去皮率(%)
1	-1	-1	0	0	4.48	15	0	-1	1	0	4.88
2	1	-1	0	0	4.77	16	0	1	1	0	5.34
3	-1	1	0	0	4.81	17	-1	0	-1	0	4.38
4	1	1	0	0	5.19	18	1	0	-1	0	4.63
5	0	0	-1	-1	4.56	19	-1	0	1	0	5.00
6	0	0	1	-1	5.18	20	1	0	1	0	5.38
7	0	0	-1	1	4.82	21	0	-1	0	-1	4.54
8	0	0	1	1	5.49	22	0	1	0	-1	5.02
9	-1	0	0	-1	4.62	23	0	-1	0	1	4.94
10	1	0	0	-1	5.02	24	0	1	0	1	5.31
11	-1	0	0	1	4.95	25	0	0	0	0	5.37
12	1	0	0	1	5.31	26	0	0	0	0	5.40
13	0	-1	-1	0	4.31	27	0	0	0	0	5.39
14	0	1	-1	0	4.70						

表 5 响应面二次模型方差分析表

Table 5 ANVONA for response surface quadratic model analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	3.19	14	0.23	244.66	<0.0001	极显著
A	0.35	1	0.35	379.17	<0.0001	**
B	0.50	1	0.50	536.34	<0.0001	**
C	1.25	1	1.25	1338.22	<0.0001	**
D	0.29	1	0.29	315.81	<0.0001	**
AB	2.025E-003	1	2.025E-003	2.17	0.1664	
AC	4.225E-003	1	4.225E-003	4.53	0.0547	
AD	4.000E-004	1	4.000E-004	0.43	0.5249	
BC	1.225E-003	1	1.225E-003	1.31	0.2741	
BD	3.025E-003	1	3.025E-003	3.24	0.0969	
CD	6.250E-004	1	6.250E-004	0.67	0.4290	
A^2	0.41	1	0.41	439.04	<0.0001	**
B^2	0.51	1	0.51	543.66	<0.0001	**
C^2	0.36	1	0.36	389.06	<0.0001	**
D^2	0.083	1	0.083	88.76	<0.0001	**
残差	0.011	12	9.326E-004			
失拟项	0.011	10	1.072E-003	4.60	0.1918	不显著
纯误差	4.667E-004	2	2.333E-004			
总和	3.21	26				

注:**代表极显著($p < 0.01$),*代表显著($p < 0.05$)。

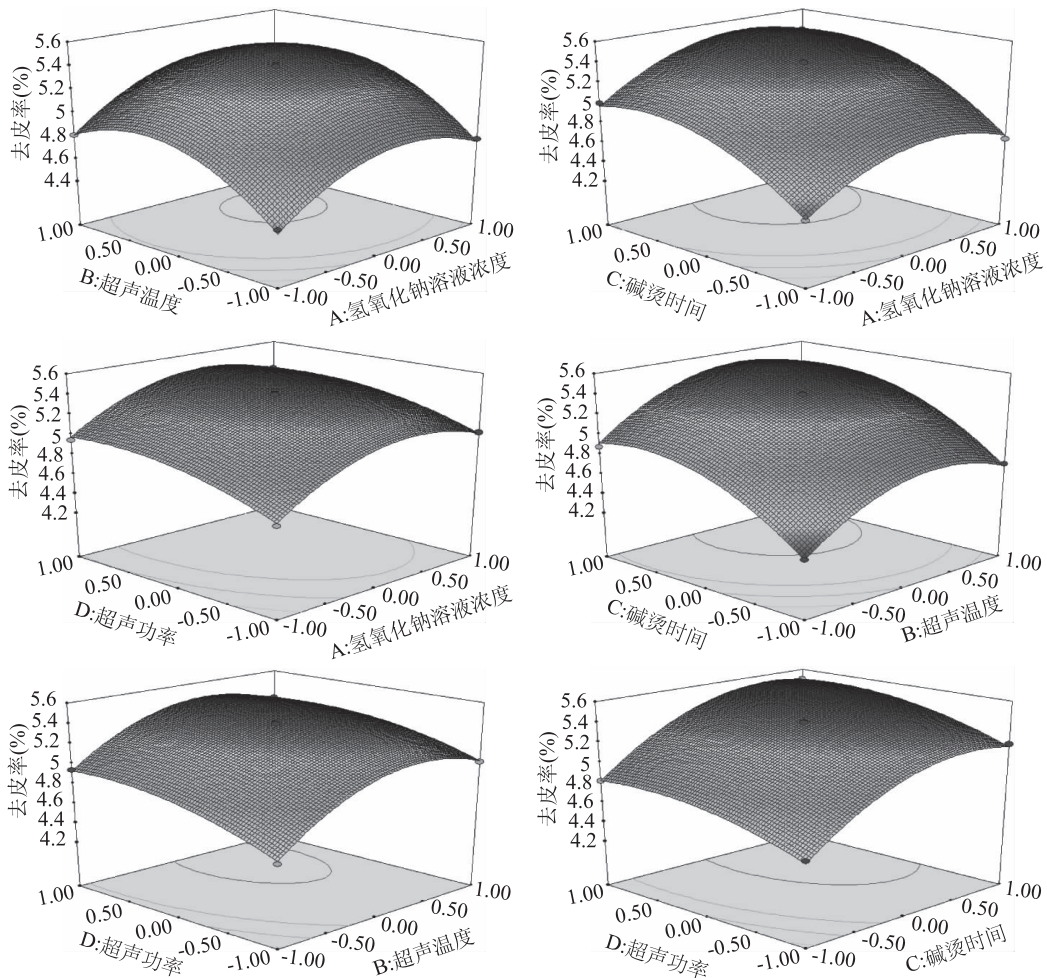


图5 交互作用的三维曲面图
Fig.5 The interaction of 3D surface figure

0.9924,均接近于1且两者相近,表示回归方程效果更好。变异系数C.V.%为0.62,小于10,说明实验可重复性较好。精密度(Adeq Precision)为52.041,大于4,说明模型与实验值拟合度很好。因此可以用该模型对核桃仁去皮工艺的结果进行分析和预测。

2.2.2 响应面分析各因素之间的交互作用 为了考察各因素之间对核桃仁去皮率的交互作用,因此通过使用 Design-Expert 8.0.6 软件作出各交互项的响应曲面图和等高线图,如图5所示。

由图5可以看出,随着每个因素的增大,去皮率先是增大,增大到某一极大值后又随着因素的增大开始减小。等高线图为椭圆形表示两因素交互作用对响应值影响较大,越扁影响越大,而圆形表示两因素的交互作用可以忽略。响应曲面的平缓或陡峭程度也可以反映因素值变化对响应值的影响大小,响应曲面的坡度相对平缓,说明因素值变化对响应值影响较小,反之,如果响应曲面坡度非常陡峭,说明因素值变化对响应值影响较大。因此由图5可以看出,AB、AC、BC交互项随着每个因素的增加,去皮率先是增加到某一最大值后变化开始不明显,可能原因是在去皮率达到最大值时核桃仁的去皮已接近完全,故提高各因素的水平对核桃仁的去皮率没有太明显的提高,而且可能会对核桃仁的质地造成损失。

边超声边碱烫的方法可以在一定的温度条件下更明显地提高核桃仁的去皮率,并且对其他因素提高核桃仁去皮率的作用更加显著。由AD、BD、CD交互项的3D曲面图可以看出,NaOH溶液浓度、超声温度、碱烫时间对核桃仁去皮率的影响作用均比超声功率大,超声功率的变化对核桃仁的去皮率影响不明显,AD、BD、CD交互项的交互作用差,可能的原因是NaOH溶液浓度、超声温度、碱烫时间对核桃仁去皮率的影响作用太大以至于超声功率对核桃仁去皮率的作用不是那么显著,同时由各单因素实验也可以看出超声功率对核桃仁去皮率的影响强度不及其他三因素的影响强。曲面图的分析 and ANOVA 的方差分析一致,表明由实验数据所得模型对各个实验因素与响应值的关系模拟较为准确,可以由此模型分析最佳工艺条件。

2.2.3 最优工艺的确定及验证实验 利用 Design-Expert 8.0.6 软件进行优化,得到核桃仁去皮的最优工艺条件为:NaOH溶液浓度为0.84%,超声温度为63.4℃,碱烫时间是4.67min,超声功率为380.5W,在此条件下所得到的核桃仁去皮率最高,为5.61%。考虑到实际应用和便于操作,在此最优工艺基础上进行微调:NaOH溶液浓度为0.8%,超声温度为64℃,碱烫时间是4.5min,超声功率为380W,并在

此条件下进行三次验证实验,平均去皮率为 $5.46\% \pm 0.02\%$,清水冲泡后去皮容易,去皮效果最好,去皮核桃仁无碱味,质地酥脆,颜色乳白,各项感官指标的平均得分分别为:色泽9.3分,质地9.6分,碱味9.2分。实际去皮率与理论去皮率相近且感官评分高,由此表明该模型可靠。

3 结论

核桃仁超声波辅助碱液去皮的最优工艺为:NaOH溶液浓度0.8%,超声温度 $64\text{ }^{\circ}\text{C}$,碱烫时间4.5 min,超声功率380 W,在此条件下所得到的核桃仁去皮率达到 $5.46\% \pm 0.02\%$,各项感官指标的平均得分分别为:色泽9.3分,质地9.6分,碱味9.2分,去皮容易,清水冲洗后核桃仁完全去皮,去皮效果最好,核桃仁无碱味,质地酥脆,颜色乳白。本实验将超声波技术应用于辅助核桃仁碱液去皮工艺,相比于传统的碱液去皮法降低了碱液的浓度,缩短了碱烫时间,有效地提高了去皮效果,对核桃仁去皮的产业化具有理论指导意义。

参考文献

- [1] 寇文国,高洪庆.核桃产品的开发利用[J].中国油脂,2005,25(6):112-113.
- [2] 潘学军,张文娥,李琴琴,等.核桃感官和营养品质的主成分及聚类分析[J].食品科学,2013,34(8):195-198.
- [3] Abbott J A, Lu R. Anisotropic mechanical properties of apples [J]. Trans of the ASAE, 1996, 4(39):1451-1459.
- [4] 魏静,郝利平.核桃仁种皮中多酚的提取工艺研究[J].山西农业大学学报,2010,30(2):150-153.
- [5] 王丰俊,王建中,周鸿升,等.核桃产品开发技术进展[J].河北林果研究,2009,24(3):301-304.
- [6] 陈勤,李磊珂,吴耀.核桃仁的成分与药理研究进展[J].安徽大学学报,2005,29(1):86-89.
- [7] 陈树俊,刘亚斌,张海英,等.核桃仁去皮方法的对比研究[J].食品工程,2009(4):30-33.
- [8] 何洪英,李华钧,杨坚.单宁的生理活性[J].广州食品工业科技,2001,17(2):26-29.
- [9] Szetao K W C, Schrimpf, Teuberss. Effect of processing and storage on walnut tannins [J]. J Sci Food Agric, 2001, 81(13):1215-1222.
- [10] 刘森,王俊.山核桃仁碱液浸泡法去皮工艺的研究[J].农业工程学报,2007,23(10):256-261.
- [11] 屈海盼,罗皓然,梁怡,等.超声波技术应用核桃仁去皮工艺研究[J].食品工业,2016,37(11):35-37.
- [12] 余少华,李亚平,程卫东.新疆薄皮核桃果仁去皮技术的研究[J].中国食品添加剂,2009(3):85-88.
- [13] 王喜萍,郑凤荣,张文英,等.山核桃乳饮料的研制[J].食品与机械,2004,20(1):38-39.
- [14] Gu X G, Cai J B, Zhu X L, et al. Dynamic ultrasound-assisted extraction of polyphenols in tobacco [J]. Journal of Separation Science, 2005, 28(18):2477-2481.
- [15] Oni Y, Kelvin G, Lara M M, et al. Effect of extraction techniques and conditions on the physicochemical properties of the water soluble polysaccharides from gold kiwifruit (*Actinidia chinensis*) [J]. Food Science and Technology, 2008, 43:2268-2277.
- [16] 马空军,金思,潘言亮.超声波技术在食品研究开发中的应用现状与展望[J].食品工业,2016,37(9):207-211.
- [17] 宋国胜,胡松青,李琳.超声波技术在食品科学中的应用与研究[J].现代食品科技,2008,24(6):609-612.
- [18] 荣瑞芬,吴雪疆,李鸿玉,等.核桃仁去皮工艺的研究[J].食品工业科技,2004,25(2):100-101.
- [19] 侯新民,吴旭,郑力,等.应用响应面法对核桃仁脱皮工艺的优化研究[J].粮油食品科技,2011,19(2):16-20.
- [20] 康玮丽,唐军虎,敬思群.核桃仁去皮方法优化[J].食品与发酵工业,2010,36(8):127-131.
- [21] Leea W C, Yusofa S, Hamidb NSA, et al. Optimizing conditions for hot water extraction of banana juice using response surface methodology (RSM) [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 75(4):473-479.
- [22] Xue - Lian Bai, Tian - Li Yue, Ya - Hong Yuan, et al. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from apple pomace using response surface methodology and HPLC analysis [J]. WILEY - VCH Verlag Gmb H & Co KGa A, Weinheim Sep Sci, 2010, 33:3751-3758.
- [23] 李秀凤.核桃仁去皮方法的研究[J].食品研究与开发,2005,26(4):37-38.
- [24] 李慧丽,何欢,俞琴,等.不同加热方式对薄皮核桃仁品质的影响[J].食品科技,2016,41(4):91-96.
- [25] 杨光,吴嘉豪,郑炯.响应面优化复合酶法提取竹笋膳食纤维工艺[J].食品工业科技,2016,37(2):213-216.
- [20] 李尚谦,张斌,郭辉,等.响应面法优化杨梅叶中黄酮提取工艺的研究[J].食品工业,2015,36(2):108-111.
- [21] 姜建辉,赵俭波,兰亚刚.响应面法优化巴坦木多糖提取工艺研究[J].食品科技,2015,40(11):166-171.

(上接第194页)

权威·核心·领先·实用·全面