

文章编号:1673-2383(2018)04-0066-07

网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20180814.1403.022.html

网络出版时间:2018-8-14 14:04:08

蒸谷米生产过程中浸泡降镉工艺优化

张鹏举,周显青*,张玉荣,李建飞,彭超

(河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001)

摘要:为探究稻谷浸泡时的最佳降镉工艺,研究了柠檬酸浓度、浸泡温度和时间对稻米浸泡过程中镉含量的影响,以期在蒸谷米加工过程中为稻米浸泡降镉工艺提供参考。在单因素试验基础上选取试验因素与水平,根据中心组合试验设计原理,采用三因素三水平的响应面法对稻米在浸泡过程中降镉率产生影响,其中柠檬酸浓度的影响极显著。建立了降镉率与三因子的二次多项式回归模型,利用模型的响应面和其等高线对降镉率影响的关键因子及其相互作用进行分析,得到最佳工艺条件为浸泡温度 71 °C、浸泡时间 200 min 和柠檬酸浓度 0.11 mol/L,其最大降镉率为 52.13%。

关键词:稻谷;蒸谷米;浸泡;降镉率;响应面法

中图分类号:TS201.6

文献标志码:B

0 前言

在相同的土壤环境下,水稻与其他农作物相比对镉元素的选择性富集能力更强^[1]。镉元素不是动植物活动所必需的元素,其在农作物内累计过多会导致农作物减产,其在人体内积累过多会导致骨骼疏松、萎缩、变形、断裂等,甚至死亡^[2]。镉通过食物链或食物网最终在人体富集,威胁人类健康。稻米籽粒中镉的污染备受关注,镉污染的稻米若处理不当不仅是一种资源的浪费,而且还会造成二次污染^[3]。

镉污染稻米的有效、合理和安全利用成为人类共同面临的课题。杨居荣等^[4]、魏帅等^[5]、于辉等^[6]分别从不同角度研究稻米中镉的存在形态时发现,镉在籽粒中主要以与蛋白质整合的有机态存在。据此,有研究采用酸式或碱式浸提、酶解等方式处理大米粉,得到镉含量较低的高纯度淀粉产品^[7]。田阳等^[8]分别采用碱法、酶法和表面活性剂法提取了镉大米中的淀粉,结果发现,碱法提取的淀粉镉含量最低,与原料相比镉含量下降了 84.77%。刘也

嘉等^[9]、傅亚平等^[10]采用乳酸发酵法消减大米粉中的镉,得到镉含量较低的发酵米粉,最大降镉率分别为 79.24%、98.01%。另外周显青等^[11]研究发现,植物乳杆菌在发酵过程中蛋白质和灰分含量明显降低,发酵易导致蛋白质和少量脂肪等营养物质流失。杨居荣等^[12]、查燕等^[13]研究镉在水稻籽粒中的分布时,均发现水稻籽实皮层和胚中的镉含量明显高于胚乳和颖壳。根据稻米组织中镉分布不均的特点,有学者通过去除皮胚、提高加工精度的方法消减稻米中的镉,查燕等^[14]研究发现,随加工深度的升级,稻米中镉的去除率逐渐增加,最高可达 24.1%。魏帅等^[15]研究发现,糙米通过碾米加工,镉的去除率最高可达 30.56%。另外,还有采用浸泡法消减稻米镉含量的报道,Shindoh 等^[16]研究发现,水洗和蒸煮大米可使其中的重金属稍微降低,降镉率仅 7%。许艳霞等^[17]采用 0.2 mol/L 的柠檬酸溶液对镉超标大米浸提 4 h,发现其降镉率为 64.1%,而同样条件下对糙米进行浸提,其降镉率仅为 5.2%。该法虽可为镉超标大米的合理利用提供参考,但糙米的降镉率较低。陆金鑫等^[18]依托蒸谷米加工工艺,研究了浸泡、蒸煮后稻米各组分镉含量的变化,发现浸泡、碾米后精米的综合降镉率约 40%,但试验结果是由浸泡决定,还是由砻谷及碾米决定并不明确,且试验未研究浸泡物质对稻米镉含量的影响。刘晶等^[19]研究了浸泡时间和温度对镉迁移的影响,发现大米在 30 °C 的超纯水中浸

收稿日期:2017-09-28

作者简介:张鹏举(1990—),男,河南平顶山人,硕士研究生,研究方向为谷物科学及产后加工与利用。

* 通信作者:周显青,教授,E-mail:xianqingzh@163.com

泡 30 h, 镉的迁移率最大可达 33.71%, 但长时间浸泡易导致营养物质损失、大米颜色加深等问题, 且未对浸泡过程的浸泡时间、温度、浸泡物质等因素之间的交互作用对稻米含镉量的影响进行研究。

蒸谷米是除杂后的稻谷再经水热处理、干燥、砻谷和碾米等加工后所得到的产品。蒸谷米以其高营养价值、高出米率、易储存等优势逐渐受到人们的青睐, 是一种迎合了时代需求而有价值的产品。浸泡是蒸谷米加工的重要工序, 该过程稻谷吸水并使本身体积变化, 当稻谷的水分含量在 35% 左右时, 才能保证稻谷在蒸煮过程中完全发生糊化。浸泡可采用常温浸泡和高温浸泡, 由于常温浸泡时间较长, 稻谷易发酵, 易产生异味, 会直接影响蒸谷米的品质。因此实际生产中常采用高温浸泡, 浸泡温度一般控制在 65~85 °C, 浸泡时间一般控制在 3~5 h。作者依托蒸谷米生产过程中的浸泡工艺, 为进一步提高降镉率, 采用响应面分析法研究柠檬酸浓度、浸泡温度和时间对稻米浸泡过程中镉含量的影响, 并对该工艺进行优化, 以期对蒸谷米加工过程中稻谷浸泡降镉工艺提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

籼稻谷由湖南中储粮质检中心提供, 镉含量为 0.62 mg/kg, 水分含量为 13.98%。

1.2 试剂

硝酸: 优级纯, 洛阳昊华化学试剂有限公司; 过氧化氢(30%): 分析纯, 天津市凯通化学试剂有限公司; 柠檬酸: 食品级, 山东柠檬生化有限公司; 镉元素标准溶液: 1 000 μg/mL, GBW(E)08612, 国家标准物质研究中心; 超纯水: 本实验室自制。

1.3 仪器与设备

TAS-990 型石墨炉原子吸收分光光度计: 北京普析通用仪器有限责任公司; TANK BASIC 型微波消解仪和 TK12 型赶酸器: 济南海能仪器股份有限公司; FW80 型高速万能粉碎机: 北京市永光明医疗仪器厂; SY2001-NSART100 型实验室半自动碾米机: 合肥蓝佳科技有限公司; JLG-II 型砻谷机: 中储粮成都粮食储藏科学研究所; HH-S4 型数显恒温水浴锅: 常州迈克诺仪器有限公司; DGG-9203A 电热恒温鼓风干燥箱: 上海森信实验设备有限公司。

1.4 试验方法

1.4.1 稻谷浸泡试验

称取 10 g(精确至 0.1 g)的稻谷样品倒入 50

mL 的烧杯中, 加入 40 mL 柠檬酸溶液, 用保鲜膜封口。然后, 将其放在一定温度的恒温水浴锅中, 4 h 后将稻谷取出, 于 60 °C 烘箱中烘干(水分含量为 13%~14%), 砻谷、用 FW80 高速万能粉碎机对糙米粉碎 1 min, 过 20 目筛, 4 °C 保存待用。

1.4.2 单因素试验设计

在浸泡温度为 65 °C、柠檬酸浓度为 0.2 mol/L 的条件下, 浸泡时间分别取 1、2、3、4、5、6、7 h; 在浸泡温度为 65 °C、浸泡时间为 4 h 的条件下, 柠檬酸浓度分别取 0.05、0.1、0.15、0.2、0.25 mol/L; 在浸泡时间为 4 h、柠檬酸浓度为 0.2 mol/L 的条件下, 浸泡温度分别取 35、45、55、65、75、85 °C。

1.4.3 响应面分析法试验设计

在单因素试验的基础上, 根据 Box-Behnken 中心组合设计原理, 选取浸泡温度(A)、浸泡时间(B)和柠檬酸浓度(C)设计三因素三水平的响应面试验, 水平取值见表 1, 用响应面分析法对数据进行回归分析及显著性检验。

表 1 响应面试验设计因素与水平

Table 1 Factors and levels of response surface test design

因素	水平		
	-1	0	1
浸泡温度/°C	55	65	75
浸泡时间/h	3	4	5
柠檬酸浓度/(mol·L ⁻¹)	0.1	0.15	0.2

1.4.4 水分的测定

按照 GB 5009.3—2016《食品中水分测定》(直接干燥法)进行。

1.4.5 镉含量的测定

按照 GB/T 5009.15—2014《食品中镉的测定》进行。

1.4.6 标准曲线

对配制的镉标准溶液进行测定, 得到其回归方程为 $y=0.0778x+0.0139$, 相关系数为 0.9966。其中 y 表示样品的吸光值, x 为样品中镉的质量浓度, ng/mL。

1.4.7 样品前处理

称取制备的样品 0.3 g(精确至 0.001 g)于消解罐中, 分别加入 6 mL 硝酸和 2 mL 过氧化氢(30%), 盖好安全阀后, 将消解罐放入微波消解仪中按表 2 程序进行消解。消解完全后赶酸至总体积 1 mL 左右, 冷却, 用超纯水定容至 25 mL, 摇匀待测。

1.4.8 降镉率

$$Y(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100, \quad (1)$$

式中: Y 为降镉率, %; M_2 为原糙米中的镉含量, mg/kg; M_1 为浸泡后糙米中的镉含量, mg/kg。

表 2 消解仪运行程序

Table 2 Operation procedure of digestion instrument

阶段	罐数/个	爬坡时间/ min	压力/kPa	反应温度/ ℃	保温时间/ min
1	12	5	5 516	120	1
2	12	4	5 516	150	5
3	12	3	5 516	180	15

1.5 数据处理

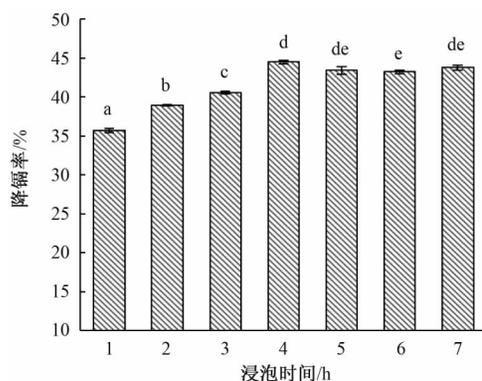
试验数据用 SPSS 20.0 统计软件进行差异性分析, 用 DX8Trial 进行响应面的设计, 用 Excel 2007 进行统计计算、绘图。

2 结果与讨论

2.1 单因素对镉含量的影响

2.1.1 不同浸泡时间对糙米降镉率的影响

在浸泡温度为 65 ℃, 柠檬酸浓度为 0.2 mol/L 的条件下, 不同浸泡时间对糙米降镉率影响的结果见图 1。由图 1 可知, 当浸泡时间小于 4 h 时, 降镉率随着时间的延长而显著升高; 浸泡时间从 4 h 增大到 7 h 时, 降镉率无显著性变化。陈飞^[20]研究发现, 镉元素在植物体内主要与蛋白等大分子螯合的形式存在。在浸泡过程中, 稻米中少量的镉可能会随可溶性蛋白的溶出而降低。Sud 等^[21]指出稻壳中存在的氨基、乙酰氨基、酚/醇羟基等功能基团对重金属离子形成金属络合物或螯合物具有重要的作用。因此, 随着浸泡时间的增长, 稻壳对稻米中镉的吸附能力逐渐增加。综合降镉率和能耗等因素, 浸泡时间选取 3、4、5 h 进行响应面试验。



注: 相同字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

图 1 浸泡时间对降镉率的影响

Fig.1 Effect of soaking time on cadmium reduction rate

2.1.2 不同浸泡温度对糙米降镉率的影响

在柠檬酸浓度为 0.2 mol/L、浸泡时间为 4 h 的条件下, 不同浸泡温度对糙米降镉率的影响结果见图 2。由图 2 可知, 当浸泡温度低于 65 ℃ 时, 降镉率随着温度的升高而显著升高; 浸泡温度从 65 ℃ 增大到 85 ℃ 时, 降镉率无显著性变化。陈云嫩等^[22]发现稻壳是处理镉污染废水的低成本吸附材料, 其吸附过程是自发的吸热过程。因此一定的温度能够促进稻壳对镉的吸附。综合降镉率和能耗等因素, 浸泡温度选取 55、65、75 ℃ 进行响应面试验。

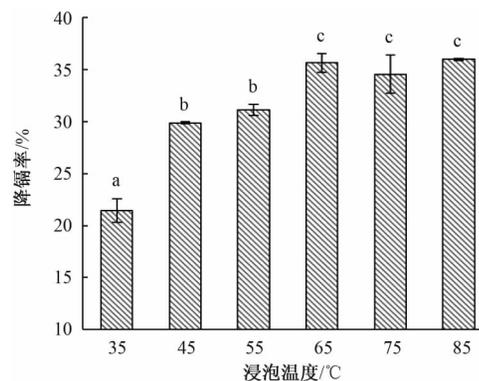


图 2 浸泡温度对降镉率的影响

Fig.2 Effect of soaking temperature on cadmium reduction rate

2.1.3 不同柠檬酸浓度对糙米降镉率的影响

在浸泡时间为 4 h、浸泡温度为 65 ℃ 的条件下, 不同柠檬酸浓度对糙米降镉率的影响结果见图 3。由图 3 可知, 当柠檬酸浓度小于 0.2 mol/L 时, 降镉率随着柠檬酸浓度的增大而显著升高; 柠檬酸浓度为 0.2 mol/L 时, 降镉率最大, 达到 47.61%; 当柠檬酸浓度从 0.2 mol/L 增大到 0.25 mol/L 时, 降镉率无显著变化。杨居荣等^[12]、许嘉琳等^[23]研究表明, 有机酸提取剂可提取谷物中金属的

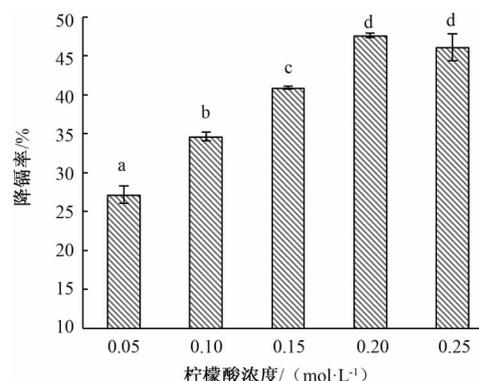


图 3 柠檬酸浓度对降镉率的影响

Fig.3 Effect of citric acid concentration on cadmium reduction rate

弱结合态,包括与氨基、羧基等结合的部分。还有报道指出羧基与多肽链上的氢形成氢键以及 α -羟基中的氢与多肽链上的氧形成氢键是促进蛋白质溶出的原因,从而使大部分重金属镉以蛋白质结合态形式一起溶出^[24]。另外,浸泡液中存在的羧基也可能对稻米中的镉产生一定的吸附作用。综合降镉率和能耗等因素,柠檬酸浓度选取0.1、0.15、0.2 mol/L进行响应面试验。

2.2 响应面优化

根据单因素试验,以降镉率为响应值,运用DX8Trial进行响应面的设计,试验方案和试验结果见表3。

运用DX8Trial软件,对表3数据进行回归拟合,得到响应值 Y 与各因子(A 、 B 、 C)之间的回归方程:

$$Y=176.64274+4.22101A+44.48937B+92.39691C-0.29559AB-1.8605AC+86.01804BC-0.021372A^2-4.91986B^2-1141.59149C^2$$

对该模型进行回归分析结果见表4。

表3 响应面试验方案及结果

Table 3 Design and results of response surface test

试验号	A 浸泡温度/°C	B 浸泡时间/h	C 柠檬酸浓度/(mol·L ⁻¹)	降镉率/%
1	0	1	-1	40.34
2	0	0	0	50.48
3	-1	0	1	46.05
4	0	-1	-1	50.19
5	1	0	1	44.65
6	0	1	1	45.78
7	1	0	-1	48.74
8	-1	-1	0	43.78
9	-1	0	0	46.42
10	1	1	0	39.11
11	1	-1	0	48.49
12	0	0	0	50.09
13	0	0	0	50.24
14	-1	1	0	46.23
15	0	-1	1	38.43
16	0	0	0	50.45
17	0	0	0	51.03

表4 回归模型的方差分析

Table 4 Variance analysis of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	Prob>F	显著性
模型	309.12	9	34.35	31.81	< 0.000 1	**
A	0.28	1	0.28	0.26	0.625 9	
B	11.14	1	11.14	10.31	0.014 8	*
C	14.52	1	14.52	13.44	0.008 0	**
AB	34.95	1	34.95	32.36	0.000 7	**
AC	3.46	1	3.46	3.21	0.116 5	
BC	73.99	1	73.99	68.52	< 0.000 1	**
A ²	19.23	1	19.23	17.81	0.003 9	**
B ²	101.92	1	101.92	94.38	< 0.000 1	**
C ²	34.30	1	34.30	31.76	0.000 8	**
残差	7.561	7	1.08			
失拟项	4.25	3	1.42	1.72	0.301 0	
纯误差	3.31	4	0.83			
总和	316.68	16				

注: $R^2=0.9761$, $R^2_{Adj}=0.9454$,*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$)。

由表4可知,模型 $P<0.01$,表明该模型回归极显著;模型失拟项 $P>0.05$,表明差异性不显著,残差均由随机误差引起;回归模型的相关系数 $R^2=0.9761$,可用该模型对试验数据进行分析和预测;模型调整关系系数为0.9454,说明该模型能解释94.54%响应值的变化,模型对试验拟合情况较好,试验误差小,能够真实地反映出降镉率与浸泡温度、浸泡时间、柠檬酸浓度之间的关系,可用来预测降镉率。还可知, B 、 C 、 AB 、 BC 、 A^2 、 B^2 、 C^2 的 P 值

小于0.05,差异显著,由各因素的 P 值可知,浸泡柠檬酸浓度对降镉率的影响极显著,时间对降镉率的影响显著,并存在交互作用;而浸泡温度的影响相对较小。这也可以根据图4—图6的响应曲面及等值线加以印证。

由图4的响应面图可知,随着柠檬酸浓度和浸泡时间变化的响应面趋势呈抛物线,出现极大值,并且曲面坡度较陡,说明柠檬酸浓度和浸泡时间之间存在交互作用;由等值线图可知,等值线在

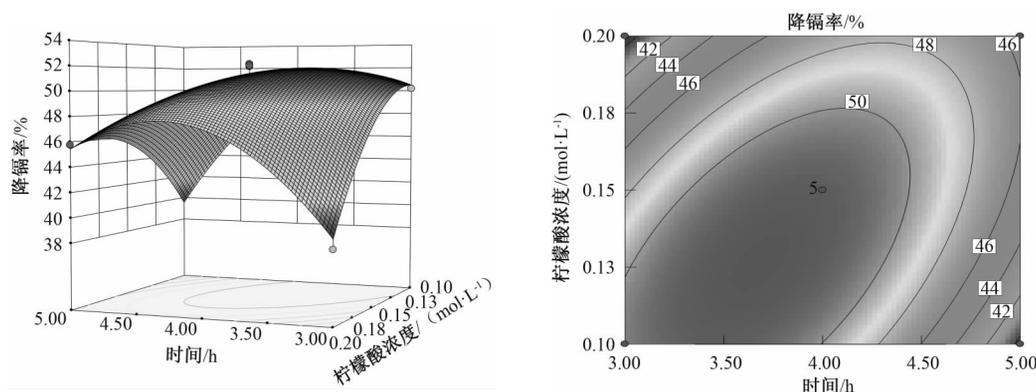


图 4 浸泡时间和柠檬酸浓度的响应面和等值线

Fig.4 Response surface and contour line of soaking time and citric acid concentration

纵坐标轴方向(柠檬酸浓度)分布较密集,在横坐标轴方向(浸泡时间)分布稀疏,说明柠檬酸浓度对镉含量影响比浸泡时间更为显著。

由图 5 的响应面图可知,随着浸泡温度和浸泡时间变化的响应面趋势呈抛物线,出现极大值,并且曲面坡度较陡,说明浸泡温度和浸泡时间之

间存在交互作用,随着温度的增加,降镉率增加较缓慢,这也反映了温度对降镉率影响的不显著性;由等值线图可知,等值线在纵坐标轴方向(浸泡时间)分布较密集,在横坐标轴方向(浸泡温度)分布稀疏,说明浸泡时间对镉含量影响比浸泡温度更为显著。

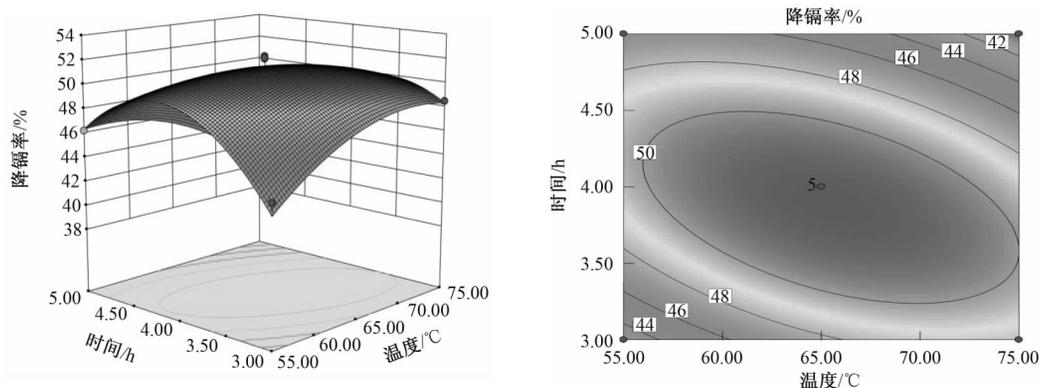


图 5 浸泡时间和浸泡温度的响应面和等值线

Fig. 5 Response surface and contour line of soaking time and soaking temperature

由图 6 的响应面图可知,随着浸泡温度和柠檬酸浓度变化的响应面虽出现极大值,但曲面坡度较缓,说明浸泡温度和柠檬酸浓度之间交互作

用不明显;由等值线图可知,浸泡温度和柠檬酸浓度的等量线分布稀疏,说明温度与柠檬酸浓度的交互作用不明显。从响应面的最高点和等值线可以看

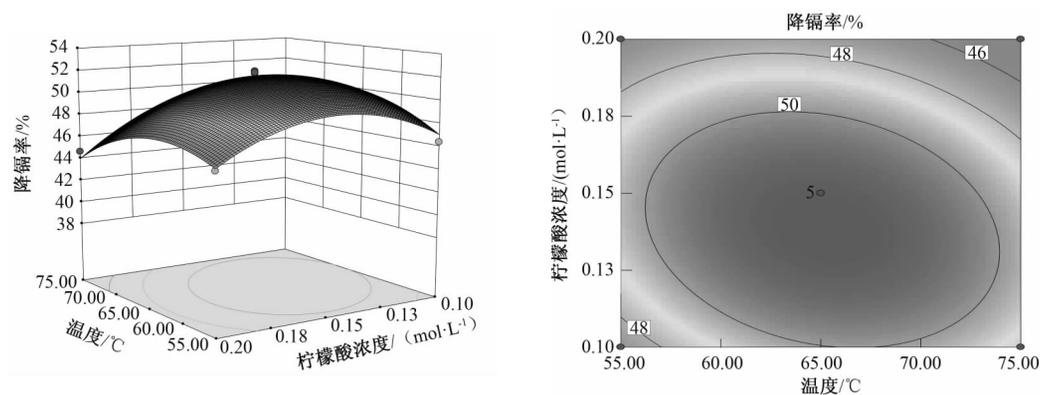


图 6 浸泡温度和柠檬酸浓度的响应面和等值线

Fig.6 Response surface and contour line of soaking temperature and citric acid concentration

出,极值存在所选的范围之中,即响应面的最高点和等值线最小椭圆的中心点。

2.3 各参数最优组合

对响应面优化工艺结果拟合分析可知,降镉率(Y)最大值对应的最佳工艺为:浸泡温度为70.94℃,浸泡时间为3.34h,柠檬酸浓度为0.11mol/L,理论最佳降镉率为52.36%。为了验证模型所得结果与实际试验结果的符合程度,在实际试验中将工艺参数修正为:浸泡温度71℃,浸泡时间为200min,柠檬酸浓度为0.11mol/L。在此条件下重复3次试验求均值,得知降镉率为52.13%,与理论预测值非常接近,说明根据响应面法所得的最佳镉降解工艺条件可靠,具有可行性。浸泡是蒸谷米加工过程中的重要环节,其目的是使稻谷充分吸收水分,使蒸煮过程稻谷的完全糊化成为可能,结果表明此条件下浸泡的稻谷水分含量为34.48%。说明该工艺参数既能进一步提高降镉率,又能够提供蒸谷米糊化所需水分,对蒸谷米的加工具有一定的参考价值。

3 结论

柠檬酸浓度、浸泡时间和温度均对稻谷浸泡过程中降镉率产生影响,其中柠檬酸浓度的影响极显著。

利用响应面法对稻谷在浸泡过程中降镉工艺的因子进行优化,建立了降镉率与3因子(浸泡温度、浸泡时间和柠檬酸浓度)的二次多项式回归模型,经检验证明试验合理可靠,同时利用模型的响应面和其等值线对降镉率影响的关键因子及其相互作用进行了分析,该工艺的最佳条件为浸泡温度为71℃、浸泡时间为200min和柠檬酸浓度为0.11mol/L,此条件下,最大降镉率为52.13%。

参考文献:

- [1] 张红振,骆永明,章海波,等. 水稻、小麦籽粒砷、镉、铅富集系数分布特征及规律[J]. 环境科学,2010,31(2):488-495.
- [2] SATARUG S,BAKER J R,URBENJAPOL S,et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population[J]. Toxicology Letters,2003,137(1-2):65.
- [3] 周显青,王铃钊,张玉荣,等. 稻米籽粒中镉的分布、形态和检测方法研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2014,12(7):9-13.
- [4] 杨居荣,何孟常,查燕,等. 稻、麦籽实中Cd的结合形态[J]. 中国环境科学,2000,20(5):404-408.
- [5] 魏帅,魏益民,郭波莉,等. 镉元素在稻米籽粒不同蛋白组分中的分布[C]. 2014中国环境科学学会学术年会论文集,2014.
- [6] 于辉,杨中艺,向佐湘,等. 两种不同镉积累类型水稻糙米中镉的存在形态(英文)[J]. 中山大学学报(自然科学版),2010,49(1):85-89.
- [7] MIHUCE V G,SILVERSMIT G,SZALKI I,et al. Removal of some elements from washed and cooked rice studied by inductively coupled plasma mass spectrometry and synchrotron based confocal micro-X-ray fluorescence[J]. Food Chemistry,2010,121(1):290-297.
- [8] 田阳,魏帅,魏益民,等. 大米淀粉提取工艺对淀粉产品镉含量的影响[J]. 中国粮油学报,2013,28(4):83-87.
- [9] 刘也嘉,林亲录,肖冬梅,等. 大米乳酸菌发酵降镉工艺优化[J]. 农业工程学报,2016,34(7):276-282.
- [10] 傅亚平,刘阳,吴卫国,等. 酸溶联用发酵技术脱除大米中镉的工艺优化[J]. 中国酿造,2015,34(10):62-67.
- [11] 周显青,张玉荣,李亚军. 植物乳酸菌发酵对米粉蒸煮和质构特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2011,32(2):15-18.
- [12] 杨居荣,查燕,刘虹. 污染稻、麦籽实中Cd、Cu、Pb的分布及其存在形态初探[J]. 中国环境科学,1999,19(6):500-504.
- [13] 查燕,杨居荣,刘虹,等. 污染稻麦籽实中镉和铅的分布及其存在形态[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2000,36(2):268-273.
- [14] 查燕,杨居荣. 污染谷物中重金属的分布及加工过程的影响[J]. 环境科学,2000,21(3):52-55.
- [15] 魏帅,田阳,郭波莉,等. 稻谷加工工艺对产品镉含量的影响[J]. 中国食品学报,2015,15(3):146-150.
- [16] SHINDOH K,YASUI A. Changes in cadmium concentration in rice during cooking[J]. Food Science and Technology Research,2003,9(2):193-196.
- [17] 许艳霞,倪小英,袁毅,等. 溶剂浸提技术消减稻米中镉含量[J]. 粮食科技与经济,2015,40

- (5):36-39.
- [18] 陆金鑫,程国强,时超,等. 稻谷水热加工过程中镉迁移规律研究 [J]. 食品安全质量检测学报,2016,7(6):2216-2220.
- [19] 刘晶,任佳丽,林亲录,等. 大米浸泡过程中重金属迁移规律研究 [J]. 食品与机械,2013(5):66-67.
- [20] 陈飞. 大麦镉吸收与运转机制的研究 [D]. 杭州:浙江大学,2009.
- [21] SUD D,MAHAJAN G,KAUR M P. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions -A review [J]. *Bioresource Technology*, 2008,99(14):6017-6027.
- [22] 陈云嫩,丁元春. 谷壳对水中镉离子的吸附动力学及热力学研究 [J]. *安徽农业科学*, 2009,37(7):3190-3192.
- [23] 许嘉琳,鲍子平,杨居荣,等. 农作物体内铅、镉、铜的化学形态研究 [J]. *应用生态学报*,1991(3):244-248.
- [24] 闵伟红. 乳酸菌发酵改善米粉食用品质机理的研究 [D]. 北京:中国农业大学,2003.

OPTIMIZATION OF SOAKING CADMIUM REDUCTION PROCESS IN PARBOILED RICE PRODUCTION

ZHANG Pengju, ZHOU Xianqing, ZHANG Yurong, LI Jianfei, PENG Chao

(School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to explore the best cadmium reduction process in parboiled rice during soaking, the present study focused on the effect of citric acid concentration, soaking temperature and time on the cadmium content during soaking. The test factors and the levels were selected based on the single factor experiments. According to the principle of the central combination test, the cadmium reduction process was optimized by using the 3-factor 3-level response surface method. The results showed that citric acid concentration, soaking time and soaking temperature had effect on the cadmium reduction rate during rice soaking, in which citric acid had extremely significant effect. The quadratic polynomial regression model was established and the response surface of the model and its contour were used to analyze the key factors and their interactions on the cadmium reduction rate. The optimum process parameters were as follows: soaking temperature 71 °C, time 200 minutes and citric acid concentration 0.11 mol/L, under which the maximum cadmium reduction rate was 52.13%.

Key words: rice; parboiled rice; soaking; cadmium reduction rate; response surface methodology