

响应面法优化扬州炒饭米饭前处理过程

沙文轩^{1,2}, 朱文政^{1,2}, 沈东强¹, 王秋玉^{1,2}, 蒋明均¹, 周晓燕^{1,2}

(1. 扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225100;

2. 江苏省淮扬菜产业化工程中心, 江苏扬州 225100)

摘要: 以提高扬州炒饭的安全性为目的, 通过烹调工艺改善米饭质地代替隔夜米饭制作扬州炒饭, 以生米浸泡时间、浸泡温度、米水质量比 3 个因素进行单因素试验, 以扬州炒饭感官评分及质构数据为参考依据, 采用响应面法确定最佳工艺参数, 优化米饭最佳前处理过程。结果表明: 当生米浸泡时间 20 min、浸泡温度 35 ℃、米水质量比 11:9 时, 制作出的扬州炒饭感官品质最佳。

关键词: 扬州炒饭; 响应面分析; 质构; 加工工艺

Optimization of Yangzhou fried rice pretreatment process by response surface methodology

SHA Wen-xuan^{1,2}, ZHU Wen-zheng^{1,2}, SHEN Dong-qiang¹,
WANG Qiu-yu^{1,2}, JIANG Ming-jun¹, ZHOU Xiao-yan^{1,2}

(1. School of Tourism cuisine, Yangzhou University, Yangzhou 225100, JiangSu, China;

2. Jiang Su Huai Yang Cuisine Industrialization Engineering Center, Yangzhou 225100, JiangSu, China)

Abstract: In order to improve the safety of Yangzhou fried rice, Yangzhou fried rice was made by improving the texture of rice through cooking technology instead of overnight rice. The single factor experiments were conducted on raw rice soaking time, soaking temperature and rice water mass ratio. Based on the sensory score and texture data of Yangzhou fried rice, the response surface method was used to determine the best process parameters and optimize the best pretreatment process of rice. The results showed that when the raw rice was soaked 20 min, the soaking temperature was 35 ℃, and the rice water mass ratio was 11:9, the sensory quality of the prepared Yangzhou fried rice was the best.

Key words: Yangzhou fried rice; response surface analysis; texture; processing technology

中图分类号: TS213.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-9578(2022)01-0078-05

扬州炒饭经过历代淮扬名厨不断改进, 已是一道名扬海内外的经典淮扬菜肴^[1], 覆盖海外 100 多个国家, 成为了中国美食的一个代表, 甚至是中国文化的一个符号^[2]。一份高质量的扬州炒饭, 必须做到颗粒分明, 入口软糯^[3]。而要达到这个标准, 除了要掌握熟练的烹饪技巧外, 对米饭的要求也是十分严格。传统的扬州炒饭是用隔夜饭制作的, 通过米饭的短期回生, 达到炒饭对米饭硬度、水分的要求。但是隔夜饭的安全性得不到保证, 2006 年在河南平顶山教育学院 24 名学生由于食用隔夜米饭而引起的蜡样芽胞杆菌食物中毒^[4]; 2016 年在合肥

市 3 例家庭聚餐由于食用隔夜鸡汤和米饭所引起的蜡样芽胞杆菌食物中毒^[5]。各地由隔夜饭引起的食物中毒事件屡见不鲜, 食客安全得不到保证。为此, 本文研究通过改善米饭前处理过程来达到扬州炒饭对米饭的要求, 在获得扬州炒饭较好口感的同时, 满足人们对营养健康的需求。

1 材料与仪器

1.1 试验材料

粳米(南粳 9108), 产自江苏泰州; 鸡蛋、小葱、生姜、虾仁、海参、鸡肉、竹笋、熟火腿、鸡肫、鸡肝、猪瘦肉、青豌豆、水发干贝、香菇, 市售; 淮盐精制食

收稿日期: 2021-03-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31701634); 四川省高等学校烹饪科学重点实验室开放课题(PRKX201913); 烹饪科学四川省高等学校重点实验室资助项目(RPKX2020Z06)

作者简介: 沙文轩(1998—), 男, 硕士, 研究方向为营养与食品卫生学。

通信作者: 周晓燕(1964—), 男, 学士, 教授, 研究方向为烹饪科学与工程研究。

用盐,江苏省盐业集团有限责任公司;三涧牌葱姜料酒,苏州三涧酿造有限公司;金龙鱼大豆油,益海嘉里食品营销有限公司。

1.2 仪器及设备

ZG-TP101 精密天平,哈尔滨众汇衡器有限公司;C21S-C2170 九阳电磁炉,九阳股份有限公司;MB-FB08M301 电饭煲,美的集团有限公司;TMS—PRO 质构仪,美国 FTC 公司;GM321 红外线测温枪,无锡非常祥科技有限公司。

1.3 工艺流程

淘米→浸泡→成熟→冷却→炒饭→成品

1.3.1 操作要点

1.3.1.1 淘米

取 100 g 大米,放入密漏中,用清水淘洗 3 遍,每遍 5 s,完成后沥水。

1.3.1.2 浸泡

将清洗过的大米根据试验要求放入一定温度的水中浸泡一定时间后取出沥水。

1.3.1.3 成熟

将浸泡好的大米按照一定米水质量比(浸泡后的质量比,下同)放入电饭煲中,以 300 W 功率煮制 30 min。

1.3.1.4 冷却

将成熟的米饭取出,置于 4 ℃ 冰箱中冷却 30 min 备用。

1.3.1.5 炒饭

扬州炒饭的制作按照周晓燕等^[1]的方法并稍作调整。将 7 g 油加热至 150 ℃,倒入 100 g 米饭以 700 W 功率炒制 90 s,加入鸡蛋 20 g、青豌豆 2 g、水发干贝 2 g、熟鸡脯 2 g、熟精肉 2 g、熟鸡肫 1 g、熟火腿 1.5 g、熟鸡肝 1 g、虾仁 5 g、海参 2 g、水发香菇 1 g、笋丁 2.5 g、葱花 1 g、盐 0.5 g 翻炒 90 s,取出即可。

1.4 试验方法

1.4.1 单因素试验

以感官评分及质构特性为标准,大米浸泡 30 min、浸泡温度 35 ℃、米水质量比 11:9 为基础前处理过程,控制其他工艺条件保持不变,研究浸泡时间、浸泡温度和米水质量比对扬州炒饭感官评分及质构特性的影响。

1.4.2 响应面试验设计

在单因素试验的基础上,以浸泡时间、浸泡温度、米水质量比 3 个因素为自变量,以扬州炒饭的感

官得分为响应值,并通过回归方程优化工艺参数,预测响应值并获得最佳工艺条件,试验因素水平见表 1。

表 1 响应面试验因素与水平

水平	因素		
	A 浸泡时间/min	B 浸泡温度/℃	C 米水质量比
-1	20	5	10:10
0	30	20	11:9
1	40	35	12:8

1.4.3 扬州炒饭质构特性测定

利用质构仪进行测定,从扬州炒饭成品中取数粒米饭,待测饭粒团样品长度 3 cm、高度 0.6 cm,采用圆柱形探头(P/32),对饭粒团 2 次压缩进行质地测试,具体的参数为距离 8 mm、测前速率 1 mm/s、测试速率 1 mm/s、下压程度 70 %、测试力 0.1 N、触发值 25 g、2 次压缩时间间隔 5 s,每个样品重复测定 5 次,去最大值和最小值后,取平均值。

1.4.4 感官评分标准

表 2 扬州炒饭的感官评分标准

参数	评分标准
色泽	色泽呈金黄色无焦黄,米饭有光泽 11~15 分;色彩呈淡黄色,颜色色泽略淡泛白 6~10 分;色泽发暗,米饭无光泽 0~5 分
口味	口味鲜香,蛋香浓郁,炒饭不含油 16~25 分;口味偏淡或偏咸,稍含油 11~15 分;口味油腻,炒饭过于含油 0~10 分
香气	具有浓郁的蛋香、饭香、配料香 6~10 分;香气较淡,不够浓郁 0~5 分
口感	口感软硬适度,米饭粒粒分明,爽口,配料层次分明 36~50 分;口感偏硬,米饭夹生,配料口感不明显 16~35 分;口感软烂,米饭粘在一起,口感软糯 0~15 分

1.4.5 数据分析

通过 Excel 2010 整理试验数据,采用 Origin 软件绘制图表,采用 Design-Expert 8.0.6 进行响应面试验分析,应用 SPSS 23.0 对数据进行显著性分析、单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 生米浸泡时间对扬州炒饭感官品质及质构特性的影响

由表 3 可知:随着生米浸泡时间增加,扬州炒饭米饭的硬度越来越小,黏附性则呈上升趋势,但不明显,内聚性、弹性、胶黏性及咀嚼性没有显著性差异。这是因为当米饭吸水率不足时,煮熟后米饭内部淀粉无法全部糊化,导致米饭质地变硬^[6]。烹调前的浸泡是避免大米表面和内部烹饪不均匀的传

统方法,且随着浸泡时间的增加,米饭表现出较高的黏性和较低的硬度^[7]。由图1可知:当生米浸泡

时间达到30 min时,制作出的扬州炒饭感官评分最高,且随着浸泡时间的延长或缩短而下降。

表3 生米浸泡时间对扬州炒饭质构特性的影响

浸泡时间/min	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
10	6.27 ± 0.77 ^a	0.03 ± 0.003 ^b	0.31 ± 0.04 ^a	1.23 ± 0.05 ^a	2.01 ± 0.43 ^a	2.51 ± 0.59 ^a
20	5.27 ± 0.55 ^{ab}	0.07 ± 0.01 ^{ab}	0.35 ± 0.01 ^a	1.69 ± 0.17 ^a	1.85 ± 0.27 ^a	3.04 ± 0.16 ^a
30	4.72 ± 0.37 ^{ab}	0.06 ± 0.003 ^{ab}	0.30 ± 0.03 ^a	1.48 ± 0.06 ^a	1.37 ± 0.07 ^a	2.02 ± 0.10 ^a
40	3.87 ± 0.48 ^{ab}	0.08 ± 0.006 ^a	0.33 ± 0.02 ^a	1.60 ± 0.03 ^a	1.28 ± 0.22 ^a	2.02 ± 0.32 ^a
50	3.66 ± 0.85 ^b	0.08 ± 0.01 ^a	0.31 ± 0.04 ^a	1.71 ± 0.21 ^a	1.17 ± 0.29 ^a	2.11 ± 0.67 ^a

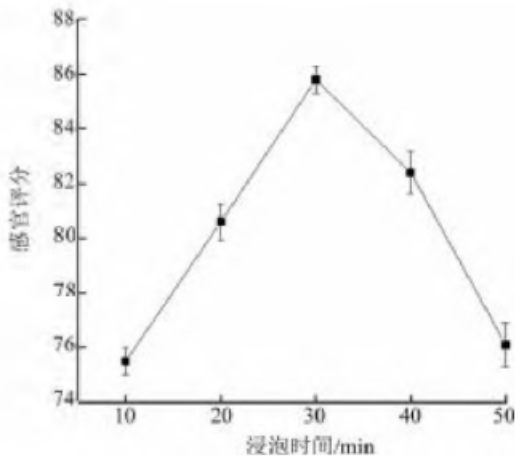


图1 生米浸泡时间对扬州炒饭感官品质的影响

改变浸泡温度能够改变生米的吸水率,温度越高生米的吸水率也就越高^[8]。由表4可知:随着浸泡温度的升高,炒饭米饭的硬度呈先增加后减小的趋势,在35℃时达到硬度最大值,胶黏性、咀嚼性、内聚性亦是如此,这可能是因为较高的浸泡温度会加速生米内部水分迁移速率^[6],然而在较低的温度下,通过数码显微镜能够观察到更多的裂缝,水可以很容易地通过缝隙扩散到生米内部^[9],进而导致淀粉吸水率增加,炒饭硬度降低。由图2可知:米饭的浸泡温度与感官评分呈反比,当浸泡温度在20℃时,感官评分最高,表现为炒饭口感有弹性、硬度适中、粒粒分明,当浸泡温度在65℃甚至更高时,炒饭过于软烂,失去其原有的特色。

2.1.2 生米浸泡温度对扬州炒饭感官品质及质构特性的影响

表4 生米浸泡温度对扬州炒饭质构特性的影响

浸泡温度/℃	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
20	5.21 ± 0.68 ^{ab}	0.18 ± 0.08 ^a	0.27 ± 0.05 ^{ab}	1.49 ± 0.12 ^a	1.64 ± 0.13 ^b	2.46 ± 0.35 ^b
35	6.20 ± 0.19 ^a	0.05 ± 0.007 ^a	0.37 ± 0.003 ^a	1.51 ± 0.04 ^a	2.27 ± 0.07 ^a	3.42 ± 0.15 ^a
50	4.72 ± 0.37 ^{ab}	0.06 ± 0.003 ^a	0.29 ± 0.03 ^{ab}	1.48 ± 0.06 ^a	1.37 ± 0.07 ^{bc}	2.02 ± 0.10 ^{bc}
65	3.88 ± 0.42 ^{bc}	0.06 ± 0.01 ^a	0.27 ± 0.02 ^{ab}	1.33 ± 0.02 ^a	1.06 ± 0.19 ^c	1.40 ± 0.23 ^c
80	2.99 ± 0.08 ^c	0.09 ± 0.02 ^a	0.18 ± 0.02 ^b	0.58 ± 0.07 ^b	0.54 ± 0.06 ^d	0.32 ± 0.07 ^d

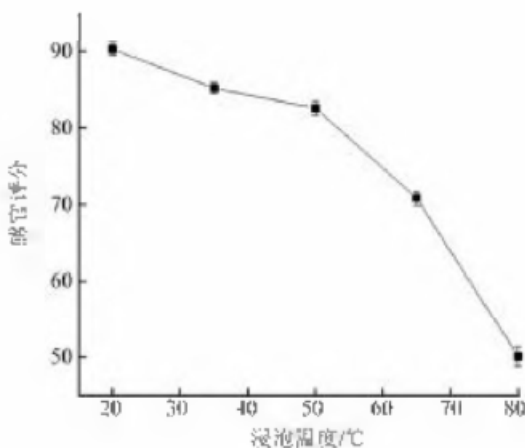


图2 生米浸泡温度对扬州炒饭感官品质的影响

由表5可知:随着加水量的减少,硬度及咀嚼性逐渐增加,加水量的多少直接决定了米饭中的含水量^[10]。由图3可知:当米水质量比在11:9时,感官评分最高。

2.2 响应面试验结果与分析

2.2.1 试验结果

试验设计及结果见表6。

2.2.2 方差分析和回归方程

经 Design-Expert 8.0.6 的数据处理,得到回归模型的方差分析,见表7。

由表7可知:2次回归模型的P值 < 0.001,具有极显著相关性,且方程失拟项不呈现显著相关性 (P > 0.05),说明回归方程非常显著。其中B项呈

2.1.3 米水质量比对扬州炒饭感官品质及质构特性的影响

表5 米水质量比对扬州炒饭质构特性的影响

米水质量比	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
8:12	3.56 ± 0.18 ^b	0.04 ± 0.003 ^{ab}	0.23 ± 0.04 ^b	0.57 ± 0.10 ^c	0.79 ± 0.11 ^c	0.47 ± 0.14 ^c
9:11	4.11 ± 0.37 ^b	0.04 ± 0.003 ^{ab}	0.36 ± 0.02 ^a	1.27 ± 0.07 ^b	1.47 ± 0.19 ^{bc}	1.91 ± 0.34 ^{bc}
10:10	4.62 ± 0.26 ^b	0.02 ± 0.004 ^b	0.33 ± 0.02 ^{ab}	1.15 ± 0.19 ^b	1.51 ± 0.13 ^{bc}	1.74 ± 0.33 ^{bc}
11:9	6.63 ± 0.36 ^a	0.05 ± 0.002 ^a	0.29 ± 0.01 ^{ab}	1.63 ± 0.09 ^{ab}	1.91 ± 0.20 ^{ab}	3.14 ± 0.49 ^{ab}
12:8	7.52 ± 0.34 ^a	0.06 ± 0.008 ^a	0.34 ± 0.02 ^a	1.90 ± 0.21 ^a	2.57 ± 0.23 ^a	4.97 ± 0.99 ^a

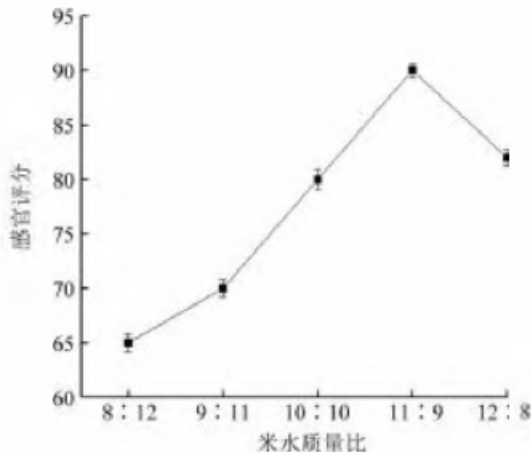


图3 米水质量比对扬州炒饭感官品质的影响

表6 Box-Behnken 设计方案及试验结果

试验号	A	B	C	Y/%
1	1	1	0	88.4
2	0	0	0	87.2
3	1	0	-1	78.5
4	0	1	-1	82.7
5	-1	1	0	92.5
6	-1	0	1	82.1
7	0	0	0	88.4
8	-1	0	-1	84.5
9	0	0	0	88.2
10	0	0	0	88.5
11	0	-1	1	83.2
12	1	-1	0	86.1
13	0	0	0	87.5
14	0	1	1	85.1
15	-1	-1	0	85.2
16	0	-1	-1	83.5
17	1	0	1	85.8

显著; AC 交互项及 C 的平方项均极显著 ($P < 0.01$); AB 、 BC 交互项不显著。各因素对扬州炒饭感官评分的影响大小排序依次为 $B > C > A$ 。故而利用 Design-Expert 8.0.6, 进行手动优化, 去掉不显著的交互项, 对方程进一步优化。最终得到回归方程:

表7 回归模型的方差分析表

项目	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	156.05	9	17.34	10.61	0.002 6	**
A	3.78	1	3.78	2.31	0.172 1	
B	14.31	1	14.31	8.75	0.021 1	*
C	6.13	1	6.13	3.75	0.094 2	
AB	6.25	1	6.25	3.82	0.091 5	
AC	23.52	1	23.52	14.39	0.006 8	**
BC	1.82	1	1.82	1.11	0.326 1	
A ²	0.69	1	0.69	0.42	0.536 5	
B ²	1.03	1	1.03	0.63	0.453 1	
C ²	98.23	1	98.23	60.08	0.000 1	**
残差	11.44	7	1.63			
失拟项	10.11	3	3.37	10.12	0.054 4	
纯误差	1.33	4	0.33			
总和	167.50	16				

注: * 为显著 ($P < 0.05$); ** 为极显著 ($P < 0.01$)。

$$Y = 87.96 - 0.69A + 1.34B + 0.87C - 1.25AB + 2.43AC + 0.67BC - 0.41A^2 + 0.4B^2 - 4.83C^2。$$

2.2.3 最佳工艺参数

对回归方程进行最优求解, 得到最优结果为生米浸泡时间 20 min、浸泡温度 35 ℃、米水质量比 11:9, 感官评分预测值为 91.3, 实际得分为 92.5, 两者相差仅 1.3%, 说明试验误差小, 能够作为扬州炒饭米饭前处理优化的理论预测。

3 结论

通过单因素试验及响应面试验, 确定了扬州炒饭用大米的最佳前处理过程: 浸泡时间 20 min、浸泡温度 35 ℃、米水质量比 11:9。这样制作出来的扬州炒饭感官品质最好, 食用品质最佳, 且不需经过隔夜也可达到炒饭对硬度、咀嚼度的要求, 为以后的扬州炒饭制作及推广提供理论依据。

〔参考文献〕

- [1] 周晓燕, 唐建华, 张建军, 等. 扬州蛋炒饭工艺标准化研究[J]. 扬州大学烹饪学报, 2002, (2): 24-27.
- [2] 张旗, 席小童, 吴马丽. 互联网视角下扬州炒饭的地方形态与商业格局——基于扬州市区样本[J]. 美食研究, 2020, 37(1): 28-33.

(下转第 86 页)

量提取工艺进行3次平行实验,测得黄酮提取率平均值为0.125%。

3 结论

利用单因素和响应面优化的方法,研究了超声功率、超声时间、乙醇体积分数以及液料比对于超声辅助提取黑种草子中抗氧化活性成分的影响。结果表明:各因素对黑种草子抗氧化活性物质提取影响大小顺序为乙醇体积分数>液料比>超声功率>超声提取时间。黑种草子抗氧化活性物质提取的最佳工艺为超声功率183 W、超声提取时间21 min、液料比11:1 (mL/g)、乙醇体积分数63%,在此条件下测得DPPH自由基清除率为82.05%,黄酮提取率为0.125%。

〔参考文献〕

- [1] 阿米热·艾则孜,李晨阳,胡旭,等. 响应面法优化黑种草皂苷A双水相提取工艺研究[J]. 新疆医科大学学报, 2019, 42(1): 47-50, 54.
- [2] 耿东升,张淑锋,兰建国. 瘤果黑种草子挥发油的化学成分分析及百里醌的定量[J]. 中国中药杂志, 2009,

34(22): 2887-2890.

- [3] 热娜古丽·热依木,盛磊,伊力亚尔·尼加提,等. 响应面法优化瘤果黑种草子总黄酮的提取工艺及体外抗肿瘤活性研究[J]. 西北药学杂志, 2019, 34(5): 590-596.
- [4] 史荣梅. 瘤果黑种草子皂苷的提取纯化及部分呼吸药效研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2012.
- [5] 曹莹莹,刘学,孙培冬. 黑种草子中总黄酮的提取工艺研究[J]. 应用化工, 2017, 46(1): 136-140.
- [6] 刘学,曹莹莹,韩王康,等. 浊点萃取法提取黑种草子粕抗氧化剂的工艺研究[J]. 日用化学工业, 2014, 44(11): 624-627.
- [7] RATZ-LYKO A, ARCT J, PYTKOWSKA K, et al. Effect of enzymatic hydrolysis on the antioxidant properties of alcoholic extracts of oilseed cakes [J]. Food Technology & Biotechnology, 2013, 51(4): 539-546.
- [8] 于航,李倩,徐芳,等. 酶辅助超声法提取黑种草总皂苷的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 138-143.
- [9] 黄菊,何伟平. 响应面法优化乙醇提取芹菜中黄酮的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(14): 46-51.

(上接第81页)

- [3] 孙丰婷. 论扬州炒饭的标准与制作工艺[J]. 南宁职业技术学院学报, 2017, 22(4): 28-30.
- [4] 张锦娟,沈国安,张晓健. 变质米饭引起食物中毒调查[J]. 预防医学情报杂志, 2007, (6): 737-738.
- [5] 许阳. 一起由蜡样芽胞杆菌引起的食物中毒病原学检测[J]. 疾病监测与控制, 2017, 11(2): 139, 115.
- [6] HU Z, YANG H, CHAIMA M, et al. A visualization and quantification method to evaluate the water-absorbing characteristics of rice [J]. Food Chemistry, 2020, 331(30): 1-8.
- [7] ZHU L, WU G, CHENG L, et al. Effect of soaking and cooking on structure formation of cooked rice through thermal properties, dynamic viscoelasticity, and enzyme activ-

ity [J]. Food Chemistry, 2019, 289: 616-624.

- [8] MIAH M A K, HAQUE A, DOUGLASS M P, et al. Parboiling of rice. Part I: Effect of hot soaking time on quality of milled rice [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002, 37: 527-537.
- [9] TOMITA H, FUKUOKA M, TAKEMORI T, et al. Development of the visualization and quantification method of the rice soaking process by using the digital microscope [J]. Journal of Food Engineering, 2019, 243: 33-38.
- [10] YU L, TURNER M S, FITZGERALD M, et al. Review of the effects of different processing technologies on cooked and convenience rice quality [J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 59: 124-138.