

响应面法优化贵州特色洋芋粿加工工艺

李俊, 熊江, 陈朝军, 黄珊, 刘嘉, 夏锦慧, 刘永翔*

(贵州省农业科学院食品加工研究所, 贵州省薯类工程研究中心, 贵阳 550006)

摘要: 目的 采用响应面法优化贵州特色洋芋粿加工工艺。**方法** 以感官评分为评价指标, 优化洋芋粿厚度、预炸温度和时间、配料添加量, 并在单因素实验的基础上, 通过响应面试验优化洋芋粿配方和工艺。**结果** 速冻洋芋粿较优的厚度为 1.00 cm, 预炸温度 220 °C, 预炸时间 25 s。食盐添加量 0.5%, 纯净水添加量 15.0%, 棕榈油添加量 3.0%, 玉米淀粉添加量 4.0%时, 为最佳的速冻洋芋粿配方, 预测感官评分的理论值为 100.0 分, 验证实验得到感官评分为(95.3±1.4)分。**结论** 采用优化后的工艺制得的速冻洋芋粿口感较好, 食用方便, 可作为工业化生产的基本加工条件。

关键词: 速冻洋芋粿; 响应面; 加工; 感官评分

Optimization of processing of Guizhou potato cake by response surface method

LI Jun, XIONG Jiang, CHEN Zhao-Jun, HUANG Shan, LIU Jia, XIA Jin-Hui, LIU Yong-Xiang*

(Food Processing Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Potato Engineering Research Center of Guizhou Province, Guiyang 550006, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the processing of Guizhou potato cake by response surface method. **Methods** The sensory score was used as the evaluation index to optimize the thickness of the artichoke, the pre-expansion temperature and time, and the amount of ingredients added. The formula and process of artichoke were optimized by response surface test with the single factor experiment. **Results** The better processing technology was as follows: thickness was 1.00 cm, pre-blast temperature and time were 220 °C and 25 s. The content of salt, purified water, palm oil and corn starch were 0.5%, 15.0%, 3.0% and 4.0%, respectively, which was the better formula of quick-frozen potato cake. The predict theoretical sensory score was 100.0 and the actual sensory score was 95.3±1.4 under the condition. **Conclusion** This obtained quick-frozen artichoke made by optimized technology has a good taste and is convenient to eat, which can be used as a basic processing condition for industrial production.

KEY WORDS: quick-frozen potato cake; response surface method; processing; sensory evaluation

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFNC010104)、贵州省科技厅重大专项(黔科合重大专项字[2014]6016)、贵州省现代农业产业技术体系建设(马铃薯产业 GZCYTX2018-0402)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2016YFNC010104), Major Special Project of Science and Technology Department of Guizhou Province ([2014]6016) and Modern Agriculture Industry Technology System Construction of Guizhou Province (GZCYTX2018-0402)

*通讯作者: 刘永翔, 研究员, 主要研究方向为马铃薯栽培、加工。E-mail: kittyliu0211@163.com

*Corresponding author: LIU Yong-Xiang, Researcher, Food Processing Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Jinzhu Town, Huaxi District, Guiyang 550006, China. E-mail: kittyliu0211@163.com

1 引言

洋芋粑是贵州街头一种常见的传统特色小吃,有着悠久的食用历史。传统加工工艺以马铃薯为原料,清洗、去皮后蒸煮制泥,制成饼状,油炸即食。洋芋学名马铃薯,属于低脂肪的健康全营养食品,除了淀粉、蛋白质、糖以外,还富含维生素、膳食纤维、矿物质和各种人体必需氨基酸,易被人体消化吸收^[1,2],且油炸后的马铃薯能产生多种风味物质^[3],故马铃薯制品深受全世界消费者喜爱。洋芋粑深受贵州本地人民的喜爱,曾风靡于贵州大街小巷,但其传统的加工工艺存在卫生不达标、加工繁琐等一系列问题^[4]。本研究通过市场调查发现,洋芋粑在贵州街头已经越来越少,可能是随着消费者对食品安全的重视,其传统的加工技术已不能满足市场需求,急需作出改善。

速冻技术可以不借助任何防腐剂和添加剂,使食品营养最大限度地保存下来,具有方便、健康、卫生等优势^[5-7]。国内外已经将速冻技术应用于肉类、米面制品、果蔬等一系列产品加工中^[8-10],取得了较好的经济和社会效益。因此,将速冻技术应用于洋芋粑的加工,可有效解决贵州特色洋芋粑卫生不达标、加工繁琐、食用不方便等一系列问题,符合食品营养、健康、方便和安全的发展趋势。本研究以大西洋马铃薯为原料,探索并优化速冻洋芋粑的配方和加工工艺,提升贵州特色洋芋粑产品品质,为民族特色食品工业化、规模化生产提供技术支撑。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

大西洋马铃薯(贵州省马铃薯研究所);玉米淀粉(食品级,新乡良润全谷物食品有限公司);棕榈油[益海(广汉)粮油饲料有限公司];食盐(市售)。

DEMASHI 型蒸饭柜(德玛仕(广州)机械工程有限公

司]; SML-10 型搅拌机(广州惠华机械设备有限公司); SOX500 型脂肪测定仪(济南海能仪器股份有限公司); RE114 型电炸炉(佛山马尼托瓦餐饮设备有限公司); CP213 型电子天平[奥豪斯仪器(常州)有限公司]; DJL-100A 型柜式液氮速冻机(深圳市德捷力冷冻科技有限公司)。

2.2 试验方法

2.2.2 速冻洋芋粑加工工艺流程

新鲜马铃薯经清洗、去皮、切片后漂烫,在 100 °C 条件下蒸煮 25 min,然后用捣泥机制成薯泥,按比例加入玉米淀粉、盐、棕榈油、纯净水及其他配料,混合搅拌均匀,炒制后用模具成型,预炸后立即速冻,冷却、包装后即成为成品^[11]。速冻洋芋粑加工工艺流程见图 1。

2.2.3 产品厚度、预炸温度对感官品质的影响

在预炸时间 30 s,预炸温度 200 °C,产品直径 5 cm 条件下,分别设定产品厚度为 0.60、0.80、1.00、1.20、1.40、1.60 cm,经预炸后速冻,放置 24 h 后 160~180 °C 油炸 2~3 min 至熟透,进行感官评定。在预炸时间 30 s,厚度为 1.00 cm,直径 5 cm 条件下,分别设定产品的预炸温度为 160、180、200、220、240 °C,然后同上处理。

2.2.4 预炸时间、温度对感官品质的影响

在产品厚度为 1.00 cm,直径 5 cm 条件下,设定产品的预炸温度分别为 200、220、240 °C,预炸 10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60 s,然后同 2.2.3 处理。

2.2.5 速冻洋芋粑配方的单因素实验

(1) 食盐添加量对速冻洋芋粑感官品质的影响

以马铃薯泥质量为基准,在玉米淀粉添加量 2%,纯净水添加量为 20% 条件下,设定食盐添加量分别为 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9、1.1、1.3%,将玉米淀粉、纯净水和食盐加入薯泥中搅拌均匀,棕榈油添加量 2%,棕榈油直接倒入炒锅中加热,然后将混匀的薯泥倒入炒锅中 160 °C 炒制 5 min,然后通过模具成型,220 °C 预炸 25 s,速冻后-18 °C 放置 24 h,油炸后进行感官评价。

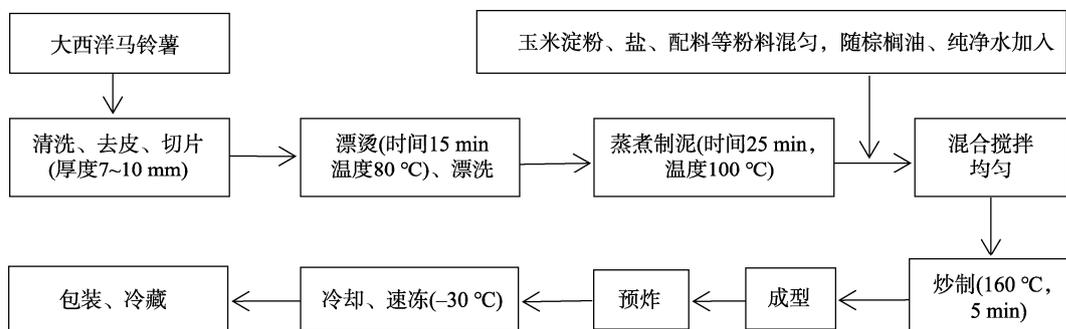


图1 速冻洋芋粑加工工艺流程

Fig.1 Flow diagram of quick-frozen potato cake processing

(2) 纯净水添加量对速冻洋芋粿感官品质的影响

以马铃薯泥质量为基准,在玉米淀粉添加量 2%,食盐添加量为 0.7%条件下,分别设定纯净水添加量为 10、15、20、25、30、35、40%,将玉米淀粉和纯净水加入薯泥中搅拌均匀,棕榈油添加量 2%,然后同 2.2.5(1)处理,并分别测定产品速冻后和油炸后的含水量及含油量。

(3) 棕榈油添加量对速冻洋芋粿感官品质的影响

以马铃薯泥质量为基准,在玉米淀粉添加量 2%,纯净水添加量为 20%,食盐添加量为 0.7%条件下,将玉米淀粉和纯净水加入薯泥中搅拌均匀,分别设定棕榈油添加量 1、2、3、4、5、6%,然后同 2.2.5(2)处理。

(4) 玉米淀粉添加量对速冻洋芋粿感官品质的影响

以马铃薯泥质量为基准,在纯净水添加量 20%,食盐添加量为 0.7%条件下,分别设定淀粉添加量为 1、2、3、4、5、6%,将淀粉和纯净水加入薯泥中搅拌均匀,棕榈油添加量 2%,然后同 2.2.5(2)处理。

2.2.6 速冻洋芋粿配方的响应面优化试验

在单因素实验的基础上,对速冻洋芋粿感官品质有影响的 4 个因素食盐、纯净水、棕榈油、玉米淀粉添加量进行响应面优化试验,优化速冻洋芋粿配方。

2.3 速冻洋芋粿感官评分标准

速冻洋芋粿的感官评定目前没有统一的标准,参考文献^[12]制定了速冻洋芋粿的感官评分标准。邀请 9 位经过培训的感官检验员,对各项指标进行评分(见表 1),取平均值。以静态感官评定法(descriptive sensory analysis, DSA)判定产品效果。

2.4 指标测定

含水量测定:参照 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[13],采用直接干燥法。

含油量测定:参照肖建东等^[14]的方法,采用索氏抽提法测定。

2.5 数据处理

采用 Origin (Version 8.6)和 Design Expert (Version 8.0)进行作图,采用 SPSS (Version 17.0)进行统计学分析,

$P < 0.05$ 认为有统计学显著性差异, $P < 0.01$ 认为有统计学极显著性差异。

3 结果与分析

3.1 洋芋粿市场取样调查

本研究对遵义、贵阳及毕节地区的洋芋粿进行市场取样调查,了解市场上洋芋粿的制作工艺,对所取样品进行感官评分,并测定含油量和含水量。结果显示,感官评分 85 分以上样品对应的含水量在 45%~55%之间,含油量在 13%~15%之间。根据调查所知,贵州地区洋芋粿制作主要以薯泥为主,在制作过程中应严格控制含水量、含油量和配料添加量,同时加工过程中要严格控制油炸时间和温度等工艺参数。

3.2 产品厚度、预炸温度对产品感官品质的影响

由图 2(A)可知,产品直径固定为 5 cm,随着厚度增加,感官评分先升高后降低,在厚度为 1.00 cm 时产品感官评分较高,达到 89.7 ± 0.6 ,产品厚度较低时,成型效果差,产品厚度较高时,易出现炸糊现象,厚度为 1.00 cm 为较优的产品厚度。由图 2(B)可知,随着预炸温度的升高,产品的感官评分迅速升高,在预炸温度为 220 °C 时感官评分达到最大值,之后感官评分有稍许降低。温度过高,产品表皮更易炸糊,故预炸温度 220 °C 为较优的预炸时间。

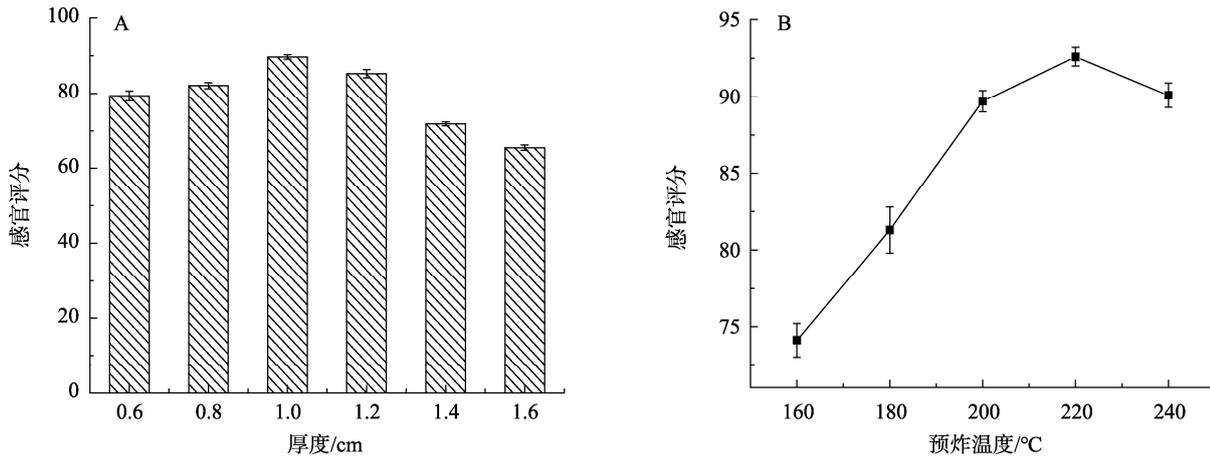
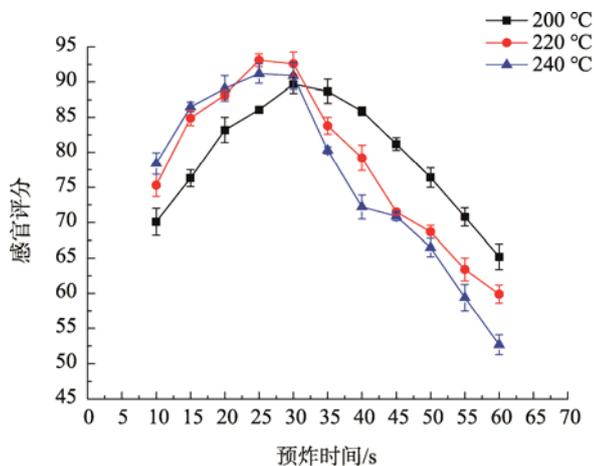
3.3 预炸时间、温度对产品感官品质的影响

由图 3 可知,随着预炸时间的增加,在 200、220、240 °C 3 个预炸温度条件下产品的感官评分均呈先缓慢升高后急剧降低的趋势,其中预炸温度为 200 °C,预炸 30 s 感官评分达最大值,为 89.7 ± 1.3 ;预炸温度为 220 °C,预炸 25 s 时感官评分达最大值,为 93.1 ± 0.9 ;预炸温度为 240 °C,预炸 25 s 时感官评分达最大值,为 91.2 ± 1.4 。预炸温度 220 °C,时间 25 s 时产品的感官评分最高,产品外观较好,故预炸温度 220 °C,时间 25 s 为较优的预炸温度和时间。

表 1 速冻洋芋粿感官评分表

Table 1 The standard of sensory evaluation of quick-frozen potato cake

指标	分数	评分标准
色泽	15	金黄色,无焦糊:12-15分;有部分焦糊:7-11分;大部分呈焦糊状:1-6分。
硬度	15	适口:12-15分,略显干硬:7-11分,干硬:1-6分。
组织结构	15	气孔细小均匀,切面光滑:12-15分;气孔细密不均匀:7-11分;有大气孔,结构粗糙:1-6分。
食味	25	爽口、有回味:21-25分;适口、无回味:10-20分;令人不愉快:1-9分。
风味	15	有马铃薯香味:12-15分;马铃薯香味较淡:7-11分;基本无马铃薯香味:1-6分。
外观	15	饱满均匀,表面干净:12-15分;较饱满均匀,表面粗糙:7-11分;不均匀,表面有异物感:1-6分。

图2 产品厚度(A)、预炸温度(B)对产品感官品质的影响($n=3$)Fig.2 Effects of thickness (A) and pre-frying temperature (B) on sensory quality of quick-frozen potato cake($n=3$)图3 预炸时间、温度对产品感官品质的影响($n=3$)Fig.3 Effects of pre-frying time and temperature on sensory quality of quick-frozen potato cake($n=3$)

3.4 速冻洋芋粿配方单因素试验结果

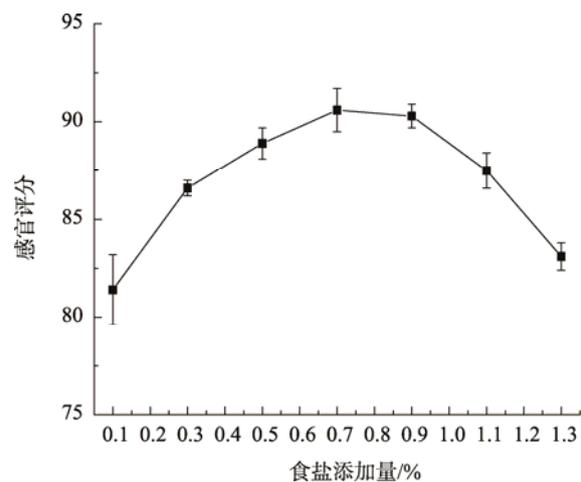
3.4.1 食盐添加量对产品感官品质的影响

随着食盐添加量的升高,产品感官评分先升高后降低,在食盐添加量为0.7%时产品感官评分最高,达到 90.6 ± 1.1 (见图4)。食盐添加量过高或过低都会影响产品的口感,故食盐较优添加量为0.7%。

3.4.2 纯净水添加量对产品感官品质含水量及含油量的影响

由图5可知,纯净水添加量为20%时产品感官评分最高,达到 88.7 ± 1.2 。纯净水添加量过多或过少,产品感官评分均较低,可能是因为添加纯净水较少时,粉料无法混合均匀,炒制后含水量过低;纯净水添加量过多,在炒制过程中水分挥发量有限,产品干物质含量低,导致感官品质不佳。速冻后及油炸后产品含水量会随着纯净水添加量的升高而缓慢升高,感官评分最高时的含水量分别为 $(61.9\pm 0.9)\%$ 和 $(50.9\pm 0.6)\%$,含油量随着纯净水添加量的升

高呈现缓慢下降的趋势,在感官评分最高时含油量分别为 $(7.2\pm 0.9)\%$ 和 $(14.1\pm 0.7)\%$,符合前期的调查取样结果,故纯净水较优添加量为20%。

图4 食盐添加量对产品感官评分的影响($n=3$)Fig.4 Effects of adding amount of salt on sensory quality of quick-frozen potato cake($n=3$)

3.4.3 棕榈油添加量对产品感官品质、速冻后及油炸后含水量和含油量的影响

由图6可知,棕榈油添加量为3%时产品感官评分最高,达到 92.3 ± 0.6 。棕榈油添加量过多或过少,产品感官评分均较低,可能是因为添加棕榈油较少时,产品含油量低,炒制后香气成分生成量较少^[15];棕榈油添加量过多,最终产品中含油量过高,感官品质不佳。速冻后及油炸后产品含水量会随着棕榈油添加量的升高而缓慢降低,感官评分最高时产品含水量分别为 $(60.8\pm 1.9)\%$ 和 $(49.4\pm 0.6)\%$;含油量随着棕榈油添加量的升高呈现升高的趋势,在感官评分最高时含油量分别为 $(7.7\pm 0.5)\%$ 和 $(14.2\pm 0.2)\%$,符合前期的调查取样结果,故棕榈油较优添加量为3%。

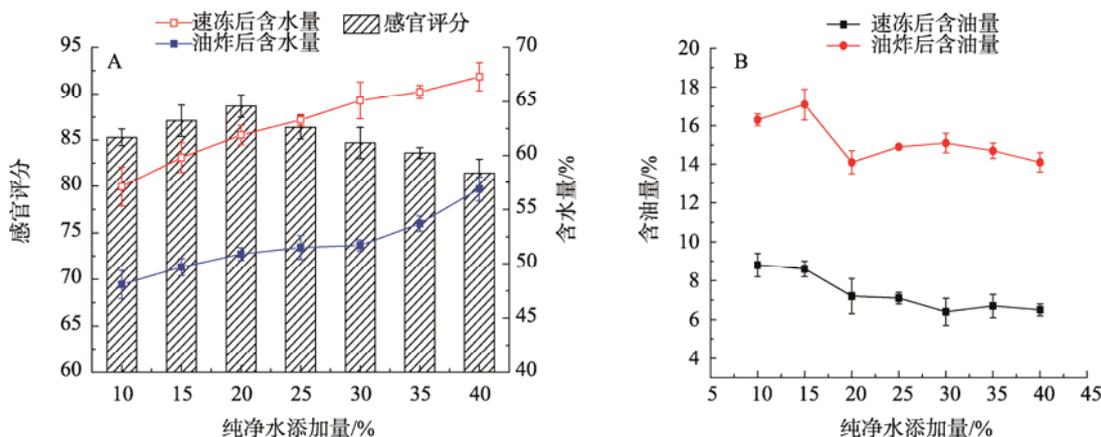


图 5 纯净水添加量对感官评分、速冻后及油炸后含水量(A)和速冻后及油炸后含油量(B)的影响(n=3)

Fig.5 Effects of adding amount of purified water on sensory quality and water content (A) and oil content (B) after quick freezing and deep frying and of quick-frozen potato cake(n=3)

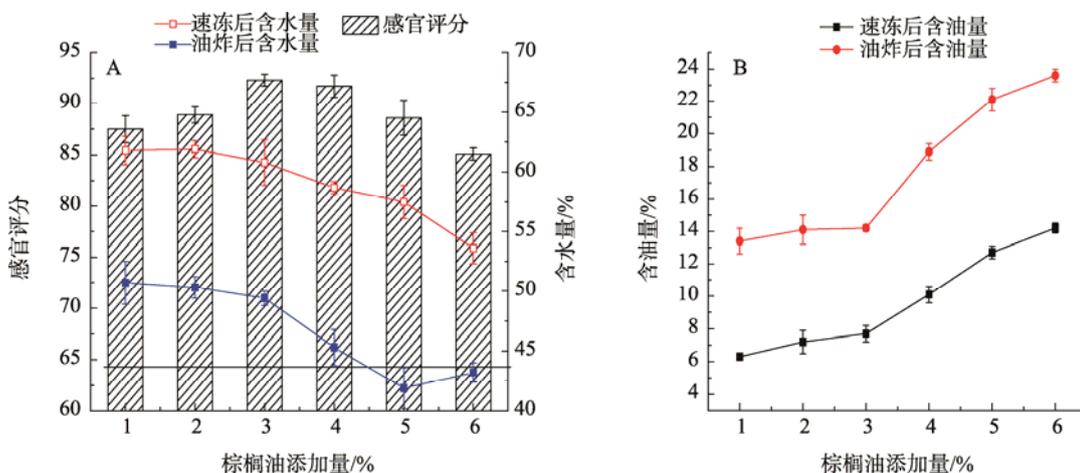


图 6 棕榈油添加量对感官评分、速冻后及油炸后含水量(A)和速冻后及油炸后含油量(B)的影响(n=3)

Fig.6 Effects of adding amount of palm oil on sensory quality and water content (A) and oil content (B) after quick freezing and deep frying and of quick-frozen potato cake(n=3)

3.4.4 玉米淀粉添加量对产品感官品质、速冻后及油炸后含水量和含油量的影响

由图 7 可知, 玉米淀粉添加量为 4%时产品感官评分最高, 达到 91.6±1.3。玉米添加量过多或过少, 产品感官评分均较低, 可能是因为添加玉米淀粉较少时, 最终产品干物质含量低, 感官品质不佳; 玉米淀粉添加量过多, 最终产品硬度较高, 导致感官评分降低。速冻后及油炸后产品含水量会随着玉米淀粉添加量的升高而缓慢降低, 感官评分最高时产品含水量分别为(61.5±0.7)%和(49.2±0.5)%; 油炸后含油量随着玉米淀粉添加量的升高呈现先基本恒定后缓慢升高的趋势, 速冻后含油量随着玉米淀粉添加量的升高基本保持恒定, 在感官评分最高时含油量分别为(7.2±0.7)%和(14.3±0.5)% , 符合前期的调查取样结果, 故玉米淀粉较优添加量为 4%。

3.5 速冻洋芋粿配方的响应面优化试验结果

3.5.1 Box-Behnken 设计与结果

根据单因素试验结果, 以 Box-Behnken 中心组合设计原则, 选取食盐添加量(A)、纯净水添加量(B)、棕榈油添加量(C)、玉米淀粉添加量(D)为自变量, 以感官评分为响应值, 设计四因素三水平响应面试验, 试验方案及试验结果如表 2 所示。

3.5.2 回归方程与显著性分析

将表 2 的试验数据, 利用 Design-Expert8.0 软件进行二次多项式回归拟合^[16], 得回归模型方程为: $Y=94.86+1.59A-1.04B+0.80C-0.15D-0.13AB+0.20AC-0.60AD+0.55BC-0.95BD+0.10CD-3.04A^2-3.11B^2-2.95C^2-2.98D^2$ 。模型的可靠性可以从方差分析及相关系数来考察, 见表 3。

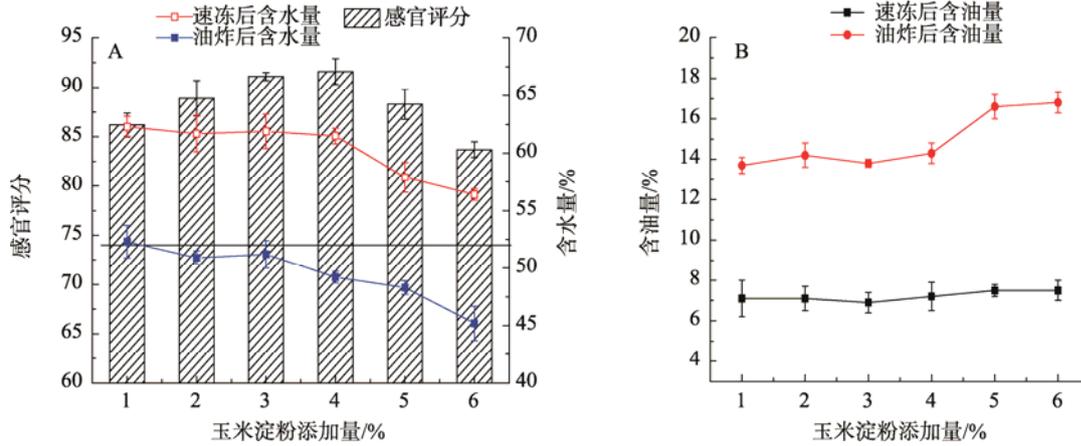


图 7 玉米淀粉添加量对感官评分、速冻后及油炸后含水量(A)和速冻后及油炸后含油量(B)的影响(n=3)

Fig.7 Effects of adding amount of corn starch on sensory quality and water content (A) and oil content (B) after quick freezing and deep frying of quick-frozen potato cake(n=3)

表 2 Box-Behnken 试验方案及试验结果

Table 2 Experimental design and results of Box-Behnken

试验号	A 食盐 /%	B 纯净水 /%	C 棕榈油 /%	D 玉米淀粉 /%	感官评分/分
1	0.7	15.0	3.0	5.0	90.2
2	0.5	20.0	3.0	3.0	87.4
3	0.7	15.0	4.0	4.0	91.3
4	0.7	20.0	3.0	4.0	94.7
5	0.9	15.0	3.0	4.0	90.5
6	0.5	15.0	3.0	4.0	87.6
7	0.9	25.0	3.0	4.0	88.6
8	0.7	15.0	2.0	4.0	91.6
9	0.7	25.0	2.0	4.0	86.3
10	0.5	20.0	4.0	4.0	87.1
11	0.7	15.0	3.0	3.0	87.6
12	0.9	20.0	4.0	4.0	91.6
13	0.7	20.0	4.0	3.0	90.6
14	0.7	20.0	3.0	4.0	94.6
15	0.9	20.0	3.0	5.0	90.2
16	0.7	20.0	3.0	4.0	94.1
17	0.7	20.0	3.0	4.0	95.8
18	0.9	20.0	2.0	4.0	90.1
19	0.5	20.0	3.0	5.0	88.6
20	0.7	25.0	4.0	4.0	88.2
21	0.7	20.0	2.0	5.0	86.1
22	0.7	25.0	3.0	5.0	87.9
23	0.7	20.0	4.0	5.0	89.2
24	0.5	20.0	2.0	4.0	86.4
25	0.9	20.0	3.0	3.0	91.4
26	0.5	25.0	3.0	4.0	86.2
27	0.7	20.0	3.0	4.0	95.1
28	0.7	25.0	3.0	3.0	89.1
29	0.7	20.0	2.0	3.0	87.9

表 3 回归模型方差分析

Table 3 Variance analysis of items of regression equation

来源	平方和	自由度	均方	F 值	Pr>F	显著性
模型	208.94	14	14.92	10.39	<0.0001	**
A	30.40	1	30.40	21.16	0.0004	**
B	13.02	1	13.02	9.06	0.0094	**
C	7.68	1	7.68	5.35	0.0365	*
D	0.27	1	0.27	0.19	0.6712	
AB	0.063	1	0.063	0.044	0.8378	
AC	0.16	1	0.16	0.11	0.7435	
AD	1.44	1	1.44	1.00	0.3337	
BC	1.21	1	1.21	0.84	0.3743	
BD	3.61	1	3.61	2.51	0.1352	
CD	0.04	1	0.04	0.028	0.8699	
A ²	59.88	1	59.88	41.68	<0.0001	**
B ²	62.87	1	62.87	43.77	<0.0001	**
C ²	56.48	1	56.48	39.32	<0.0001	**
D ²	57.44	1	57.44	39.99	<0.0001	**
残差	20.11	14	1.44			
失拟项	18.50	10	1.85	4.59	0.0776	不显著
误差项	1.61	4	0.40			
总和	229.05	28				

$r^2=0.9122$

注: *为显著(P<0.05), **为极显著(P<0.01)

模型 $F=10.93$, 所得速冻洋芋粿配方感官评分的回归方程极显著 ($P<0.0001$); F 失拟=4.59, 失拟项不显著 ($P>0.05$), 从而可以对速冻洋芋粿配方进行准确的预测和分析。 $r^2=91.22\%$, 说明响应值(感官评分)的变化有 91.22% 来源于食盐添加量、纯净水添加量、棕榈油添加量和玉米淀粉添加量。方差分析结果表明: 一次项和二次项都有显著性因素, 其中 A 、 B 、 C 、 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 显著, 各试验因子对感官评分具有显著影响, 四个变量对感官评分的贡献大小依次为 $A>B>C>D$ 。

3.5.3 响应面分析

根据回归模拟方程, 得到速冻洋芋粿的最佳配方为: 食盐添加量 0.5%, 纯净水添加量 15.0%, 棕榈油添加量 3.0%, 玉米淀粉添加量 4.0%, 预测在此条件下感官评分的理论值为 100.0。在食盐添加量 0.5%, 纯净水添加量 15.0%, 棕榈油添加量 3.0%, 玉米淀粉添加量 4.0% 时对速冻洋芋粿进行感官评分, 其平均值达 95.3 ± 1.4 分, 故该模型可以很好的反映速冻洋芋粿的最佳配比。

4 结论

贵州地区有众多的民族特色食品有待开发, 本研究通过选择贵州特色洋芋粿进行前期研究, 得到贵州特色洋芋粿加工的基础数据和传统工艺, 在此基础上, 开发速冻洋芋粿产品。得到速冻洋芋粿较优的工艺和配方为: 厚度 1.00 cm, 预炸温度 220 °C, 预炸时间 25 s, 食盐添加量 0.5%, 纯净水添加量 15.0%, 棕榈油添加量 3.0%, 玉米淀粉添加量 4.0%。其中食盐、纯净水、棕榈油对速冻洋芋粿感官品质具有显著影响。通过实验将传统洋芋粿加工过程量化、标准化、机械化、连续化, 延长产品货架期和保障质量安全。制得的速冻洋芋粿口感较好, 食用方便, 可以此工艺为基础进行工业化生产。

参考文献

- [1] 李俊, 刘辉, 刘嘉, 等. 响应面优化马铃薯素食肠加工[J]. 食品工业科技, 2018, 39(3): 131-135, 142.
Li J, Liu H, Liu J, et al. Optimization of processing of potato vegetarian sausage by response surface method [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(3): 131-135, 142.
- [2] Burlingame G, Mouillé B, Charrondiére R. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes [J]. J Food Compos Anal, 2009, (22): 494-502.
- [3] Gabriella G, Luisa T, Nicoletta S, et al. Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems [J]. Eur Food Res Technol, 2017, 243(9): 1619-1631.
- [4] Chatterjee D, Bhattacharjee P, Bhattacharyya N. Development of methodology for assessment of shelf-life of fried potato wedges using electronic noses: Sensor screening by fuzzy logic analysis [J]. J Food Eng, 2014, (133): 23-29.
- [5] Li T, Lee JW, Luo L, et al. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on the quality preservation of *Pleurotus eryngii* [J]. Appl Biol Chem, 2018, 61(3): 257-265.
- [6] Lee HJ, Ku SK, Choi HD, et al. Quality characteristics of Korean rice cake by freezing methods [J]. Korean J Food Cook Sci, 2017, 33(2): 148-154.
- [7] 陈伟. 速冻玉米加工技术与品质研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
Chen W. The research on the frozen corn processing technology and quality [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [8] Tsukamasa Y, Nakamura K, Nagato T, et al. Study on the delay of discoloration of frozen skipjack *Katsuwonus pelamis* meat [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2018, 84(1): 111-118.
- [9] 姜海燕. 速冻熟制拉面的制备工艺研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2015.
Jiang HY. Study on preparation process of quick-frozen pulled noodles [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2015.
- [10] Tan XY, Wu JH, Liao XJ, et al. Optimization on quick freezing technology of agaricus bisporus by high pressure carbon dioxide [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2011, 27(3): 375-380.
- [11] 于中玉, 修琳, 刘景圣. 响应曲面法对玉米水饺速冻工艺的优化[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 229-233.
Yu ZY, Xiu L, Liu JS. Optimization of quick-freeze process of corn dumplings by response surface methodology [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(12): 229-233.
- [12] 江娅梅, 周裔彬, 于雷, 等. 油炸南瓜饼的制作及其品质分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(6): 78-82.
Jiang YM, Zhou YB, Yu L, et al. Production and quality analysis of fried pumpkin pie [J]. J Anhui Agric Sci, 2016, 44(6): 78-82.
- [13] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [14] 肖建东, 王文芳. 方便面含油量测定方法的改进和探讨[J]. 食品工业, 2013, 34(12): 152-154.
Xiao JD, Wang WF. Improvement of method for determination of oil content in instant noodles [J]. Food Ind, 2013, 34(12): 152-154.
- [15] Wu BG, Wang J, Guo YT, et al. Effects of infrared blanching and dehydrating pretreatment on oil content of fried potato chips [J]. J Food Process Pres, 2018, 42(3): 1353-1354.
- [16] 郑杰, 宋志远, 吴海涛, 等. 响应面法优化海参体壁自溶条件及其影响因素分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(22): 5981-5986.
Zheng J, Song ZY, Wu HT, et al. Optimization of sea cucumber body wall autolysis conditions by response surface methodology and analysis of its influence factors [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(22): 5981-5986.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



李俊, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: lijunsjs2015@163.com



刘永翔, 博士, 研究员, 主要研究方向为马铃薯栽培、加工。

E-mail: kittylu0211@163.com