

响应面法优化无锡酱排骨制作工艺

陈静静¹, 刘贯勇^{2*}, 蒙珍妮¹, 张鹏辉¹

(1. 河南双汇发展投资有限公司, 河南 漯河 462000;
2. 河南省肉品技术创新中心有限公司, 河南 漯河 462000)

摘要:以猪肋排为原料, 加入多种配料后经煮制得到无锡酱排骨。以感官评分为指标, 通过单因素试验和响应面法构建 Box-Behnken 多元回归模型, 对无锡酱排骨制作工艺进行优化, 得到无锡酱排骨的最佳制作工艺配方为: 猪肋排 500 g, 水 1 500 g, 南乳红烧汁 102 g, 大豆油 50 g, 小葱 30 g, 白砂糖 31 g, 姜 15 g, 腌料 5 g, 桂皮 0.7 g, 八角 0.7 g, 红曲红 0.3 g, 香叶 0.2 g, 加热时间 60 min, 采用此工艺制作的产品感官评分为 92.8 分, 脂肪含量为 13.45 g/100 g, 蛋白质含量为 23.26 g/100 g。该研究成果可为无锡酱排骨的工艺优化及相关预制菜的工业化生产提供理论参考。

关键词:无锡酱排骨; 响应面法; 制作工艺; 配方优化

Optimization of Production Process of Wuxi Sauce Ribs by Response Surface Methodology

CHEN Jingjing¹, LIU Guanyong^{2*}, MENG Zhenni¹, ZHANG Penghui¹

(1. Henan Shuanghui Investment Development Co., Ltd., Luohe 462000, China;
2. Henan Meat Technology Innovation Center Co., Ltd., Luohe 462000, China)

Abstract: In this study, the Wuxi sauce ribs were prepared by pork ribs with additions of various ingredients, then the production process was optimized via constructing Box-Behnken multiple regression model through single factor experiments and response surface test with sensory score as index. The results showed that the optimal production process formula of Wuxi sauce spare ribs was determined as follows: pork ribs of 500 g, water of 1 500 g, Nanru braised sauce of 102 g, soybean oil of 50 g, spring onion of 30 g, sugar of 31 g, ginger of 15 g, marinade of 5 g, cinnamon of 0.7 g, star anise of 0.7 g, monascus red of 0.3 g, bay leaf of 0.2 g, heating time of 60 min. Under these conditions, the product presented a sensory score of 92.8 points with the fat and protein contents of 13.45 g/100 g and 23.26 g/100 g, respectively. The research results can provide theoretical references for the process optimization of Wuxi sauce spare ribs and industrial production of related prepared dishes.

Key words: Wuxi sauce spare ribs; response surface method; production process; formula optimization

中图分类号: TS251.6+1 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2024.05.012

近年来, 我国预制菜行业发展迅速, 2022 年市场规模达到了 4 151.5 亿元, 预计未来保持每年 1.5% 左

右的增速, 2025 年可达 8 316.7 亿元^[1-3]。预制菜的烹饪方式是以标准化、规模化机械设备进行批量生产,

作者简介: 陈静静(1986—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事食品科学研究方面的工作。

*通信作者: 刘贯勇, 硕士, 工程师, 主要从事肉制品研发方面的工作。

能很大程度地满足当代消费群体对快捷、便利食品的需求^[4-8]。八大菜系是影响最为广泛的地域性特色菜肴,一定程度上代表了中国的菜系饮食文化。而传统的烹饪方法已经不能满足人们对八大菜系的需求,因此,将中国八大菜系与预制菜产业结合是很有必要的。预制菜不仅具有方便快捷、安全可靠、营养合理、品类丰富的特点,而且可为餐饮企业提供稳定的出品,节约成本^[9-11]。预制菜是餐饮和食品加工业寻求突破发展瓶颈的最好抓手,也是拓展产业发展和刺激经济增长的新途径^[12]。

无锡酱排骨为苏菜招牌之一,因其色泽酱红、肉质酥烂、骨香浓郁、汁浓味鲜、咸中带甜的特点而广受消费者的喜爱^[13]。随着生活节奏的日益加快,人们对饮食的需求也更加趋向方便和快捷,加热即食的无锡酱排骨则较好地满足了消费者的需求。然而,目前市场中的无锡酱排骨在制作过程中存在许多不可控因素,因而出现成品品质不稳定的现象,如:甜咸不当、肉质过老以及油量偏大等^[14-15]。因此,进一步探究无锡酱排骨的工艺配方,优化制作工艺,对无锡酱排骨的品质把控以及标准化工业生产具有一定的指导意义。

本研究在单因素试验的基础上,以感官评分为评价指标,对无锡酱排骨制作工艺及配方进行响应面优化,以期更好地满足人们对口味俱佳、营养价值高、方便快捷预制菜的需要,进一步丰富消费市场,为无锡酱排骨产业化生产的升级提供理论依据和实践指导。

1 材料与方

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

猪肋排,双汇自供;大豆油,山东禹王生态实业有限公司;白砂糖、料酒、食用盐、生姜、桂皮、八角、小葱、香叶、红曲红、腌料、南乳红烧汁,上海顶利欣食品有限公司。

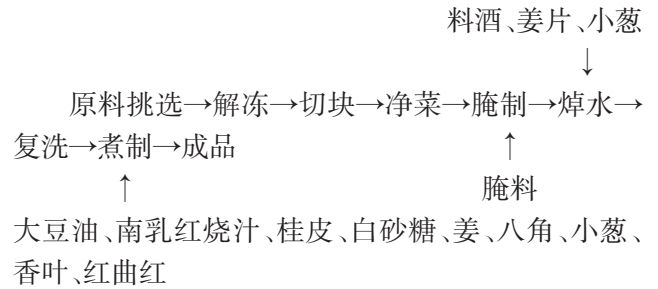
营养琼脂、酵母浸粉、蛋白胨,北京奥博星生物技术责任有限公司;其他试剂均为分析纯,天津市德恩化学试剂有限责任公司。

1.1.2 仪器与设备

HH-B11-500-S电热恒温水箱,天津天之丽科仪器制造有限公司;LRH-205A生化培养箱,郑州昊维特科技有限公司;PL203-1C FORCN 万分之一电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;G154DW 立式自动压力蒸汽灭菌锅,上海欣芃检测科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 无锡酱排骨的制作工艺流程



1.2.2 操作要点

1.2.2.1 原料挑选

挑选厚度3~5 cm的猪肋排,去除淤血、筋腱和多余脂肪。

1.2.2.2 解冻

肋排在流水中浸泡2~3 h,解冻至中心温度0~4 ℃。

1.2.2.3 切块

将肋排块分切成长7~9 cm、宽3.5~4 cm的小块,每块约60~70 g。

1.2.2.4 净菜

将切好的肋排用流水冲1 h,去除淤血。

1.2.2.5 腌制

加入6 g原味腌料与500 g肋排混合均匀,在0~4 ℃条件下腌制24 h。

1.2.2.6 焯水

将腌制好的肋排放入锅中,加清水1 500 g、料酒15 g、姜片9 g、小葱15 g,水沸后去除水面的浮沫和油脂。

1.2.2.7 复洗

肋排焯水后,使用流水冲去表面的泡沫和油脂。

1.2.2.8 煮制

在水中添加大豆油、白砂糖、姜、桂皮等多种调味料,然后放入肋排,大火煮沸后改小火慢煮,煮制过程中每20 min搅拌1次,共煮50 min。

1.2.3 单因素试验设计

以500 g猪肋排计,在工艺步骤相同的前提下,固定水添加量1 500 g,南乳红烧汁80 g,大豆油50 g,小葱30 g,白砂糖30 g,姜15 g,腌料5 g,桂皮0.7 g,八角0.7 g,红曲红0.2 g,香叶0.2 g,加热时间50 min,分别考察红曲红添加量(0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 g)、南乳红烧汁添加量(60、80、100、120、140 g)、白砂糖添加量(15、30、45、60、75 g)及加热时间(40、50、60、70、80 min)对无锡酱排骨感官评分的影响。

1.2.4 响应面试验设计

通过单因素试验结果可知,南乳红烧汁添加量、红曲红添加量、白砂糖添加量及加热时间对产品的色

泽、口感、外形、组织结构影响显著。因此,以无锡酱排骨的感官品质为响应值,采用Design-Expert软件对红曲红添加量、南乳红烧汁添加量、白砂糖添加量和加热时间4个因素进行响应面优化试验,因素与水平见表1。

表1 响应面试验因素与水平表

Table 1 Factors and levels table of response surface test

水平	因素			
	A红曲红添加量/g	B南乳红烧汁添加量/g	C白砂糖添加量/g	D加热时间/min
-1	0.2	80	15	50
0	0.3	100	30	60
1	0.4	120	45	70

1.2.5 无锡酱排骨的感官评价

由10名(5名男士,5名女士)经过专业训练的感官评定人员对无锡酱排骨进行评定。试验采取百分制评分标准,分别从样品的口感、色泽、滋味和风味、组织形态及总体情况5个方面进行评价,最终结果取10位品评人员总体评分的平均值^[16-18]。为保证感官评定结果的可靠性,感官评定人员需在感官品评室进行品评,品评期间用纯净水漱口^[9],无锡酱排骨的感官评价标准见表2。

表2 无锡酱排骨感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation standards of Wuxi sauce ribs

项目	评价标准	分值/分
口感 (20分)	肉质鲜嫩,有嚼劲,无油腻感	16~20
	肉质适中,易咀嚼,无油腻感	9~15
	肉质干硬,不易咀嚼	0~8
色泽 (20分)	色泽酱红,汤汁油亮	16~20
	色泽过红、过暗,汤汁油亮	9~15
	色泽暗淡,汤汁无油亮	0~8
滋味和风味 (20分)	咸中有甜,甜而不腻,香辛料味柔和,风味适宜	16~20
	甜味、咸味较重或较淡,香辛料味较淡,风味一般	9~15
	甜味、咸味很重或很淡,香辛料味较淡,风味极差	0~8
组织形态 (20分)	骨肉酥嫩,酥烂,外形整齐,无碎渣	16~20
	骨肉酥嫩、略微酥烂,外形较整齐	9~15
	肉质过老,不整齐,碎渣多	0~8
总体情况 (20分)	形态宜人,颜色纯正,无杂质,咸甜适中	16~20
	有缺块,颜色稍有异常,有少许杂质,略甜或略咸	9~15
	缺块较多,色泽暗淡,杂质过多,过甜或者过咸	0~8

1.2.6 测定项目与方法

1.2.6.1 蛋白质含量

参照GB 5009.5—2016^[20],采用凯氏定氮法进行测定。

1.2.6.2 脂肪含量

参照GB 5009.6—2016^[21],采用索氏抽提法进行测定。

1.2.6.3 菌落总数和大肠菌群

参照GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[22]中的方法测定菌落总数;参照GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》^[23]中的方法测定大肠菌群总数。

将采用最优工艺制作的无锡酱排骨经抽真空装袋后,分别在-18℃以下、0~4℃和常温条件下储藏45 d,每3 d检测无锡酱排骨的菌落总数和大肠菌群数。

1.2.7 数据处理

采用Origin 8.5及Excel进行数据处理及图表绘制。采用Design-Expert 8.0.6软件设计试验、分析数据和建立二次模型。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 红曲红添加量对无锡酱排骨感官品质的影响

红曲色素又称红曲红,是由红曲霉属的丝状真菌经发酵而成的优质天然食用色素,适量地添加在食品中,可赋予食品悦目的色泽,增强人们的购买欲^[24]。红曲红在无锡酱排骨中主要起调整外观色泽的作用。此配方中红曲红整体添加量相对较少,是由于该配方中的南乳红烧汁本身有酱红色。由图1可见,产品的感官评分随着红曲红添加量的增加呈先升高后降低的趋势,当红曲红添加量为0.1 g时,无锡酱排骨的颜色较浅,故评分较低。红曲红对蛋白

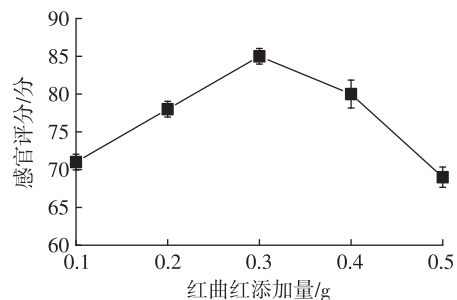


图1 红曲红添加量对无锡酱排骨感官评分的影响

Fig.1 Effects of monascus red additions on sensory scores of Wuxi sauce ribs

质及含蛋白质较高的原料有较强的着色作用^[25],当红曲红添加量为0.5 g时,无锡酱排骨的颜色偏重并偏暗,失去正常产品应有的亮红色泽,因此产品感官评分降低。当红曲红添加量为0.3 g时,感官评分达到峰值,产品的品质最优。因此在响应面试验中红曲红添加量为0.2、0.3、0.4 g。

2.1.2 南乳红烧汁添加量对无锡酱排骨感官品质的影响

南乳红烧汁在无锡酱排骨中起主要的调味作用,赋予产品浓郁的香甜风味。由图2可知,当南乳红烧汁添加量为60 g时,产品的感官评分较低,这是由于添加量少导致无锡酱排骨风味欠佳。当南乳红烧汁添加量为120~140 g时,产品的感官评分随着添加量的增加而降低,这是由于南乳红烧汁本身有浓厚的风味,添加过多会导致成品味道较重且太咸。当南乳红烧汁添加量为100 g时,无锡酱排骨的感官评分为最大值,表明适量地添加南乳红烧汁可以提升无锡酱排骨的风味和口感。因此,在响应面试验中南乳红烧汁添加量为80、100、120 g。

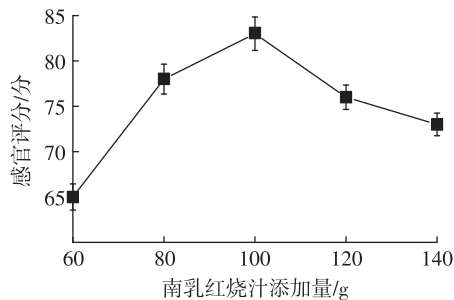


图2 南乳红烧汁添加量对无锡酱排骨感官评分的影响

Fig.2 Effects of Nanru braised sauce additions on sensory scores of Wuxi sauce ribs

2.1.3 白砂糖添加量对无锡酱排骨感官品质的影响

在制作无锡酱排骨过程中,添加白砂糖不仅能增加其甜味,还能起到提鲜的作用。由图3可知,当白砂糖添加量为75 g时,产品的感官评分最低。在味的相互作用中,呈味物质之间有对比、相乘、消杀、

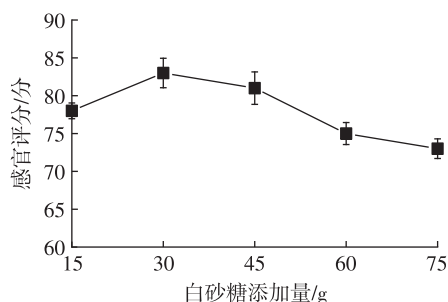


图3 白砂糖添加量对无锡酱排骨感官评分的影响

Fig.3 Effects of sugar additions on sensory scores of Wuxi sauce ribs

变调的作用。甜味和咸味会互相作用影响,因此,在同样的配方下,当白砂糖添加量较大时,会导致无锡酱排骨甜味太重,同时咸味减弱,易使人产生甜腻感,故感官评分最低。当白砂糖添加量为15~45 g时,无锡酱排骨的感官评分随着添加量先升高后降低,当添加量为30 g时,无锡酱排骨的感官评分达最大值。因此,在响应面试验中白砂糖添加量为15、30、45 g。

2.1.4 加热时间对无锡酱排骨感官品质的影响

由图4可知,加热时间对无锡酱排骨的感官评分影响显著。当加热时间为60 min时,无锡酱排骨的感官评分为最大值。加热时间为40 min时,感官评分较低,原因是加热时间太短,骨肉并未酥烂,且汤汁并未完全渗透到肉里导致产品味道较淡;当加热时间为80 min时,肉质过老,不易咀嚼,故感官评分较低,因此在响应面试验中加热时间为50、60、70 min。

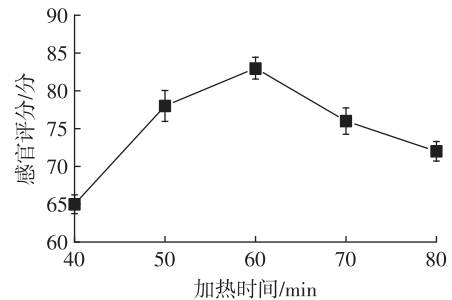


图4 加热时间对无锡酱排骨感官评分的影响

Fig.4 Effects of heating time on sensory scores of Wuxi sauce ribs

2.2 响应面优化试验结果

根据单因素试验的结果,运用 Box-Behnken 响应面优化方法,设计4因素3水平试验,对红曲红添加量(A)、南乳红烧汁添加量(B)、白砂糖添加量(C)和加热时间(D)这4个因素进行优化,结果见表3,方差分析见表4。

Box-Behnken 设计与试验结果如表3所示。通过 Design-Expert 8.0.6 软件对试验数据进行分析,回归拟合得到无锡酱排骨感官评分的二次多项回归方程为: $Y=92.06+1.28A+0.63B+0.41C+0.21D+0.35AB+0.37AC-2.02AD+0.42BC+0.38BD-2.22CD-3.83A^2-3.13B^2-4.54C^2-4.99D^2$ 。

由表4可知,模型 $P<0.0001$,具有高度显著性,说明选择的模型有意义,失拟项 $P=0.1080>0.05$,说明模型失拟项不显著^[26-27];回归系数 $R^2=0.9400$, $R_{adj}^2=0.8801$,说明该方程对试验拟合情况良好,试验误差比较小,说明通过软件建立无锡酱排骨的模型是可靠的,可用该模型预测不同成分添加量及加热时间

表3 Box-Behnken设计与试验结果

Table 3 Box-Behnken design and experimental results

试验号	因素				Y感官评分/分
	A	B	C	D	
1	0	0	-1	1	86.2
2	1	1	0	0	88.0
3	0	0	0	0	92.0
4	1	0	0	1	83.5
5	0	0	1	1	80.5
6	0	-1	-1	0	84.3
7	0	1	1	0	86.6
8	0	0	0	0	92.2
9	0	-1	0	-1	82.2
10	0	-1	1	0	86.5
11	-1	0	-1	0	84.3
12	0	-1	0	1	83.9
13	0	0	-1	-1	78.9
14	1	-1	0	0	84.5
15	-1	1	0	0	83.8
16	1	0	0	-1	85.6
17	0	0	0	0	92.7
18	0	0	1	-1	82.1
19	0	1	0	1	86.4
20	-1	0	0	-1	80.2
21	1	0	-1	0	82.4
22	1	0	1	0	87.8
23	0	0	0	0	91.6
24	-1	-1	0	0	81.7
25	0	1	0	-1	83.2
26	0	1	-1	0	82.7
27	-1	0	0	1	86.2
28	0	0	0	0	91.8
29	-1	0	1	0	80.2

对无锡酱排骨感官评分的影响。

由回归模型系数的显著性检验结果可以看出,红曲红添加量与白砂糖添加量交互项(AC)、红曲红添加量与加热时间交互项(AD)的P值均小于0.01,说明这两个交互项对无锡酱排骨感官评分有极显著影响;由F值大小得出各因素对无锡酱排骨感官评分影响的排序为:红曲红添加量(A) > 加热时间(D) > 南乳红烧汁添加量(B) > 白砂糖添加量(C)。

2.2.1 各因素交互作用分析

为了更加直观地反映各因素交互作用对感官评分的影响,利用软件绘制3D曲面图,通过每个曲面的弯曲弧度来判断两两因素对感官评分影响的强弱^[28-29]。由图5可知,各因素交互作用对感官评分影

表4 模型的显著性检验及方差分析

Table 4 Significance test and variance analysis of the model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	401.57	14	28.68	15.67	<0.000 1	**
A	19.76	1	19.76	10.80	0.005 4	**
B	4.81	1	4.81	2.63	0.127 1	
C	2.00	1	2.00	1.09	0.313 4	
D	17.52	1	17.52	9.57	0.007 9	**
AB	0.49	1	0.49	0.27	0.612 9	
AC	22.56	1	22.56	12.33	0.003 5	**
AD	16.40	1	16.40	8.96	0.009 7	**
BC	0.72	1	0.72	0.39	0.539 9	
BD	0.56	1	0.56	0.31	0.588 0	
A ²	19.80	1	19.80	10.82	0.005 4	**
B ²	94.94	1	94.94	51.88	<0.000 1	**
C ²	63.38	1	63.38	34.63	<0.000 1	**
D ²	133.60	1	133.60	73.01	<0.000 1	**
残差	161.41	1	161.41			
失拟项	25.62	14	1.83	13.99	0.108 0	
纯误差	24.91	10	2.49			
总误差	0.71	4	0.18			

注:*表示影响显著(P<0.05);**表示影响极显著(P<0.01)。

响的显著性与表4中交互项P值的分析结果一致。此外,从等高线的形状也可以判断交互作用的强弱,红曲红添加量与白砂糖添加量(AC)、红曲红添加量与加热时间(AD)的交互呈显著性良好的椭圆形,等高线的顶点即响应值(感官评分)的最大值。

2.2.2 无锡酱排骨配方参数优化与验证

通过响应面法优化的无锡酱排骨制作工艺为:以500 g肋排计,采用基础配方,添加红曲红0.32 g、南乳红烧汁102.43 g、白砂糖31.20 g,加热时间为60.72 min。在此优化条件下,无锡酱排骨的感官评分预测值为92.3分。考虑到实际操作的方便性,将上述优化后工艺参数调整为:红曲红添加量0.3 g,南乳红烧汁添加量102 g,白砂糖添加量31 g,加热时间60 min,按此工艺进行3组平行试验,得到无锡酱排骨感官评分平均值为92.8分,与理论预测值相近,表明试验结果与模型拟合良好,该模型可信^[30]。由最优工艺制得的无锡酱排骨口感良好,色泽酱红,咸中有甜,油而不腻,验证了无锡酱排骨配方模型的可靠,具有实用价值。

2.3 无锡酱排骨的营养成分及微生物指标测定结果

经测定,无锡酱排骨的脂肪含量为13.45 g/100 g,蛋白质含量为23.26 g/100 g。由表5可见,无锡酱排骨于0~4 ℃下储藏30 d时菌落总数超出国家标准^[31]

要求;常温条件下储藏3 d时,大肠菌群超出国家标准^[31]要求。可见本试验制备的无锡酱排骨在不进行

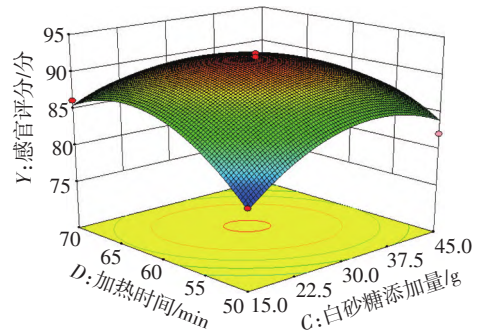
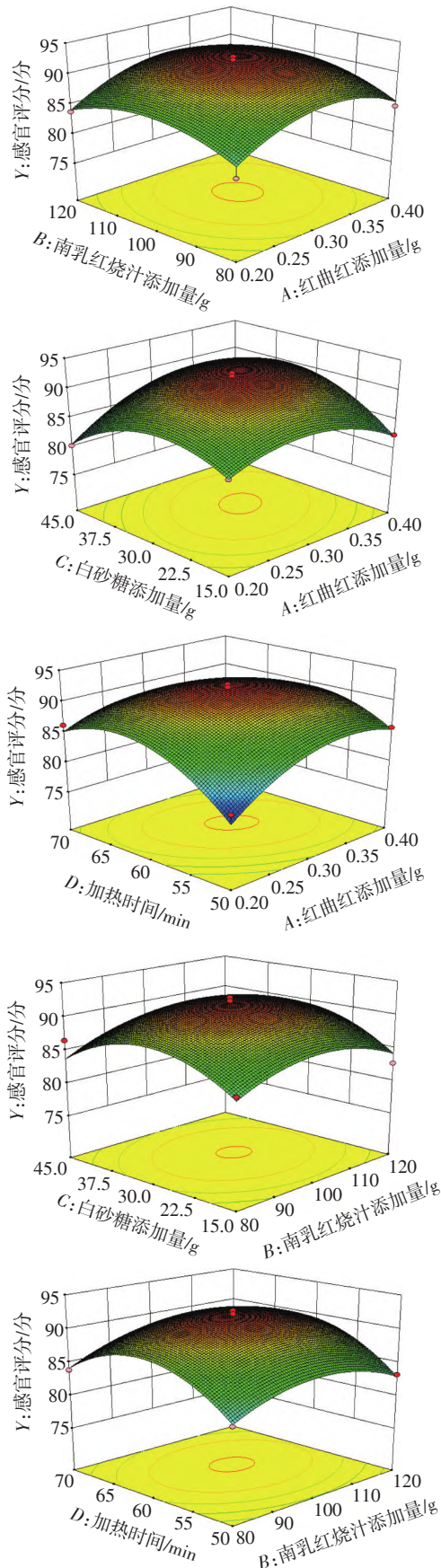


图5 各因素交互作用对无锡酱排骨感官评分影响的响应面图
Fig.5 Response surface graph of interaction effects of various factors on sensory scores of Wuxi sauce ribs

表5 无锡酱排骨微生物指标测定结果

Table 5 Microbial indicators determination results of Wuxi sauce pork ribs 单位:CFU/g

贮藏时间/d	菌落总数			大肠菌群		
	-18 ℃	0~4 ℃	常温	-18 ℃	0~4 ℃	常温
0	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	90	150	2.1×10 ⁴	<10	<10	120
6	<10	190	2.4×10 ⁵	<10	<10	2.7×10 ³
9	<10	140	1.9×10 ⁷	<10	<10	3.4×10 ⁴
12	130	270	/	<10	15	/
15	<10	900	/	<10	35	/
18	<10	1.1×10 ³	/	<10	35	/
21	190	2.7×10 ³	/	<10	75	/
24	70	2.3×10 ³	/	<10	95	/
27	<10	1.8×10 ³	/	<10	75	/
30	<10	1.4×10 ⁴	/	<10	120	/
33	210	5.1×10 ³	/	<10	230	/
36	110	2.1×10 ⁴	/	<10	170	/
39	<10	7.2×10 ⁴	/	<10	350	/
42	<10	1.2×10 ⁵	/	<10	1.9×10 ³	/
45	170	3.0×10 ⁵	/	<10	2.1×10 ³	/

注:/表示菌落总数已超标,继续检测无意义。

二次杀菌的情况下,最适合在-18 ℃以下储藏,45 d内菌落总数和大肠菌群均符合国家标准,能保证该产品在货架期内的安全性,故本试验制备的无锡酱排骨最适合速冻流通。后期将持续对试验产品进行保质期验证,确定产品最佳赏味期限。

3 结论

本研究通过单因素试验与响应面试验,优化得出无锡酱排骨的最佳制作工艺配方为:猪肋排500 g,水1 500 g,南乳红烧汁102 g,大豆油50 g,小葱30 g,白砂糖31 g,姜15 g,腌料5 g,桂皮0.7 g,八角0.7 g,红曲红0.3 g,香叶0.2 g,加热时间60 min,产品感官

评分为92.8分。经测定,无锡酱排骨的脂肪含量为13.45 g/100 g,蛋白质含量为23.26 g/100 g,在-18℃以下储藏45 d,其菌落总数、大肠菌群结果均符合国家标准^[31]的要求。

参考文献:

- [1] 安俊文,方梓莹,高希西,等.我国预制菜产业的发展现状、影响因素及发展趋势[J/OL].食品与发酵工业:1-8 [2023-08-23].<https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=Pk5Eu7Luul6gsxgFWzjF1UkJJsgZBAztm42S4yM9e0Wrfd55-YmEsxAqVCdFoFXhq6d8Pp1UyGqr8JzpxDg8qXKLjRjlp3g-BWojz7qtJfgZSgn6JNbgclvQLBY-88AZVCbrEnhz9YBG8=&uniplatform=NZKPT&language=CHS>. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034935.
- [2] 张玥,李冰,冯俊.预制菜产业发展分析和未来展望[J].轻工标准与质量,2023(2):111-113,127. DOI: 10.19541/j.cnki.issn1004-4108.2023.02.027.
- [3] 韩羽彤.预制菜市场现状与需求调查报告[J].食品安全导刊,2023(9):142-144,148. DOI: 10.16043/j.cnki.cfs.2023.09.017.
- [4] 顾秋实,张海平,周星星,等.中国传统八大菜系的地理分布及其扩散效应:基于大数据视角的实证分析[J].浙江学刊,2019(5):47-53.
- [5] 孙双双.预制菜成为消费市场新风口[J].中国食品工业,2022(4):11-13.
- [6] 刘达玉,张莹,张佳敏,等.关于推动预制菜产业创新发展的几点建议[J].肉类工业,2022(7):1-6. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5467.2022.07.001.
- [7] 赵福振,杨格,杨铭铎,等.发展预制菜产业的意义与前景:基于预制菜的食品属性[J].中国调味品,2022,47(10):215-220. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9973.2022.10.042.
- [8] 王诗琳,朱慧君,董洪志,等.预制菜产业发展现状与前景分析[J].农产品加工,2023(4):101-104. DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2023.02.051.
- [9] THARREY M, DROGUÉ S, PRIVET L, et al. Industrially processed *v.* home-prepared dishes: what economic benefit for the consumer? [J]. Public Health Nutrition, 2020, 23(11): 1982-1990. DOI: 10.1017/S1368980019005081.
- [10] HUANG M S, ZHANG M, BHESH B. Recent development in the application of alternative sterilization technologies to prepared dishes: a review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 59(7): 1-9. DOI: 10.1080/10408398.2017.1421140.
- [11] GUO J, ZHANG M, LIM C L, et al. 3D printing technology for prepared dishes: Printing characteristics, applications, challenges and prospects [J/OL]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023 [2023-08-10]. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2238826>. DOI: 10.1080/10408398.2023.2238826.
- [12] 王卫,张锐,张佳敏,等.预制菜及其研究现状、存在问题和展展望[J].肉类研究,2022,36(9):37-42. DOI: 10.7506/rlyj1001-8123-20220817-095.
- [13] 谢强,苗淑萍,刘卫民,等.无锡酱排骨制作工艺优化研究[J].农产品加工(学刊),2014(11):37-39. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9646(X).2014.11.013.
- [14] 刘溪,沈培强,徐正杰,等.无锡酱排骨制作工艺优化研究[J].农产品加工,2021(6):36-38,42. DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2021.06.039.
- [15] 苗淑萍.无锡酱排骨工艺研究进展[J].企业导报,2010(24):271-272. DOI: 10.19354/j.cnki.42-1616/f.2010.24.066.
- [16] 郭文娟,李琼,贾欣,等.响应面法优化扒鸡一步法熟制工艺研究[J].肉类工业,2022(9):6-12. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5467.2022.09.002.
- [17] PAUL V, TRIPATHI A D, AGARWAL A, et al. Tribology - novel oral processing tool for sensory evaluation of food [J/OL]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 160 [2023-08-10]. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113270>. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113270.
- [18] VIVEK K, SUBBARAO K V, ROUTHAY W, et al. Application of fuzzy logic in sensory evaluation of food products: A comprehensive study [J]. Food and Bioprocess Technology, 2020, 13(1): 1-29. DOI: 10.1007/s11947-019-02337-4.
- [19] 张秀南,贾亚娟,李光磊. Plackett-Burman设计和响应面法优化复合调味麻酱制作工艺[J].中国调味品,2021,46(8):110-114,118. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9973.2021.08.024.
- [20] 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [21] 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [22] 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
- [23] 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数: GB 4789.3—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [24] 汪永,李赞,王超,等.红曲红色素和多糖改善卤煮牛肉色泽的研究[J].肉类工业,2019(9):42-46. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5467.2019.09.010.
- [25] BUSE G U, LUTFIYE E Y, SALIHA S. Optimization of formulation and process conditions of chestnut-based functional beverage using response surface methodology [J]. Journal of Food Science and Technology, 2022, 59(8): 3210-3219. DOI: 10.18520/cs/v117/i5/852-858.
- [26] AZARI-ANPAR M, TEHRANI, N S, AGHAJANI N, et al. Optimization of the new formulation of ice cream with native Iranian seed gums (*Lepidium perfoliatum* and *Lepidium sativum*) using response surface methodology (RSM) [J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54: 196-208. DOI: 10.1007/s13197-016-2451-1.

(下转第97页)

13386/j.issn1002-0306.2021060124.

- [19] 全国食品工业标准化技术委员会. 饮料通用分析方法: GB/T 12143—2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [20] 中华人民共和国农业部. 食用菌中粗多糖含量的测定: NY/T 1676—2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [21] 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定:GB 4789.2—2022[S]. 北京:中国标准出版社, 2022.
- [22] 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数:GB 4789.3—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [23] 张万欣,姜红英. 响应面法优化玛咖多糖运动饮料配方及其抗疲劳研究[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(12):185-191. DOI:10.19804/j.issn1006-2513.2022.12.024.
- [24] 丁昱婵,秦令祥,赵俊芳,等. 香菇木耳复合饮料配方优化及其品质分析研究[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(6):27-33. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2023.06.004
- [25] 施伽,范志平,陆雅丽等. 刺梨果汁饮料的贮藏稳定性及其货架期预测[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(20): 8076-8083. DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2021.20.024.
- [26] 食品安全国家标准 饮料:GB 7101—2022[S]. 北京:中国标准出版社, 2022.
- [27] BAO G L, ZHANG Y L, YANG X G. Effect of lemon peel flavonoids on anti-fatigue and anti-oxidation capacities of exhaustive exercise mice[J/OL]. Applied Biological Chemistry, 2020, 63(1)[2023-05-12]. <https://link.springer.com/00573-3#citeas>. article/10.1186/s13765-020-00573-3#citeas. DOI: 10.1186/s13765-020-00573-3.
- [28] LAMOU B, TAIWE G S, HAMADOU A, et al. Antioxidant and antifatigue properties of the aqueous extract of *Moringa oleifera* in rats subjected to forced swimming endurance test[J/OL]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2016, 20(16)[2023-05-12]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26904162/>. DOI:10.1155/2016/3517824.

收稿日期:2023-10-27

(上接第90页)

- [27] 李秀中. 鲜枣复合浓浆产品的研制[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2016.
- [28] 胡虹敏,张民,李鑫,等. 模糊评价结合响应面实验优化黑蒜软糖配方[J]. 食品工业科技, 2015,36(5): 258-262, 338. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.05.046.
- [29] WEI W, WANG L H. Optimization of the formulation and processing technology of quinoa bread by response surface methodology[J/OL]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020[2023-08-10]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/508/1/012167>. DOI: 10.1088/1755-1315/508/1/012167.
- [30] 王雅妮,孙畅,赵汉青,等. 复配生物防腐剂对面包防腐效果[J]. 食品工业, 2023,44(1): 63-66.
- [31] 食品安全国家标准 熟肉制品:GB 2726—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.

收稿日期:2023-10-13