

响应面法优化油炸虾壳制作工艺

蒋明均¹, 沙文轩^{1,2}, 王秋玉^{1,2}, 陈胜可¹, 戴恒¹, 陈志炎^{1*}

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 江苏省淮扬菜产业化工程中心, 江苏 扬州 225127)

摘要:以废物利用为核心理念进行产品设计,选取虾壳为主要原料,白醋浸泡时间、油温和油炸时间为3个影响因素,油炸虾壳的感官品质评分为主要指标,采用3因素3水平的响应面法优化油炸虾壳的配方,对最优配方进行质构、卡路里分析。结果表明,炸制虾壳的最佳配方为:虾壳10 g,放置于40 g白醋中浸泡10 min,加入2 g盐、10 g葱姜料酒腌制,裹上45 g炸鸡粉在240 ℃油温下炸制10 s,制作出的油炸虾壳色泽金黄、形态完整、风味浓郁、感官品质最佳。

关键词:虾壳;废物利用;响应面分析;质构;卡路里

中图分类号:TS254.9

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.04.025

文章编号:1000-9973(2022)04-0133-06

Optimization of Processing Technology of Fried Shrimp Shells by Response Surface Method

JIANG Ming-jun¹, SHA Wen-xuan^{1,2}, WANG Qiu-yu^{1,2}, CHEN Sheng-ke¹,
DAI Heng¹, CHEN Zhi-yan^{1*}

(1. School of Tourism and Cuisine, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 2. Jiangsu
Huaiyang Cuisine Industrialization Engineering Center, Yangzhou 225127, China)

Abstract: Taking waste recycling as the core concept for product design, select shrimp shells as the main raw materials, white vinegar soaking time, oil temperature and frying time as the three influence factors, the sensory quality score of fried shrimp shells as the main index, the response surface methodology (RSM) with three factors and three levels is used to optimize the formula of fried shrimp shells, and the texture and calorie of the optimal formula are analyzed. The results show that the best formula for fried shrimp shells is 10 g shrimp shell, soaked in 40 g white vinegar for 10 minutes, salted with 2 g salt and 10 g onion and ginger cooking wine, and fried with 45 g fried chicken powder for 10 s at 240 ℃. The fried shrimp shells are golden in color, complete in shape, rich in flavor, and have the best sensory quality.

Key words: shrimp shells; waste recycling; response surface analysis; texture; calorie

明虾又称为中国对虾,其主要产地分布于中国沿海,如渤海湾、黄海海域以及以黄河入海口为主要的渤海湾为主,所以我国具有较为丰富的虾类资源,虾类作为人们常用的食材,其绝大部分被用来加工成虾仁类的制品,这就使虾类原料在加工时大量虾壳、虾头、虾足无法全部利用^[1],其占比可达40%^[2],研究发现虾壳中含有大量的甲壳素,且虾壳中的蛋白质、矿物质含量较高,特别是钙、磷、钠、锌^[3],此产品通过对虾壳腌制后进行油炸处理,以成品虾壳的感官、质构、基础营养素作参考指标,在单因素试验的基础上进行响应面优化,在对虾的加工工艺方面得到更好的口感、质感且低卡路里的产品,为虾的深加工以及虾壳的废物利用提供了参

考,也可作为一种新型的菜肴调味品投入市场。

1 材料与仪器

1.1 主要试验材料

天津河口对虾;海天牌白醋;淮盐精制食用盐;三涧牌葱姜料酒;味好美炸鸡粉;金龙鱼大豆油(永辉超市)。

1.2 主要仪器及设备

ZG-TP101精密天平 哈尔滨众汇衡器有限公司;9E32S苏泊尔电磁炉;CA-HM卡路里测定仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;TMS-Pro质构仪 美国FTC公司;HH-4A恒温水浴锅 常州国华电器有限公司。

收稿日期:2021-11-16

* 通讯作者

基金项目:国家自然科学基金(32001743);江苏省自然科学基金(BK20180922);烹饪科学四川省高等学校重点实验室开放基金项目(PRKX2020Z17);扬州大学大学生科技创新基金项目(X20200909)

作者简介:陈志炎(1982-),男,副教授,硕士,研究方向:食品科学(烹饪方向)。

引文格式:蒋明均,沙文轩,王秋玉,等.响应面法优化油炸虾壳制作工艺[J].中国调味品,2022,47(4):133-138.

1.3 工艺流程

原料清洗→剥壳→白醋浸泡→腌制→裹粉→炸制→成品。

1.3.1 操作要领

1.3.1.1 原料清洗

将 10 g 虾放入 100 mL 的农夫山泉中清洗干净。

1.3.1.2 剥壳

用刀将洗净的虾划开,剥下虾壳,大小控制在 3 cm×3 cm。

1.3.1.3 白醋浸泡

将虾壳置于 40 g 白醋中浸泡 10 min。

1.3.1.4 腌制

将浸泡好的虾壳加入 2 g 盐、10 g 葱姜料酒去腥。

1.3.1.5 裹粉

将腌制好的虾壳表面裹上 45 g 炸鸡粉。

1.3.1.6 炸制

将裹好粉的虾壳放入油锅中炸制,捞出即可。

1.4 试验方法

1.4.1 单因素试验

1.4.1.1 虾壳在白醋中浸泡时间对成品感官品质的影响

共制作 5 份成品,方法为取虾壳 10 g,置于 40 g 白醋中浸泡,浸泡时间定为 7.5,10,12.5,15,17.5 min,用盐 2 g、葱姜料酒 10 g 腌制,裹上炸鸡粉 45 g,210 °C 油温炸制 10 s,对油炸虾壳成品进行感官评价。

1.4.1.2 油温对成品感官品质的影响

共制作 5 份成品,方法为取虾壳 10 g,置于 40 g 白醋中浸泡 12.5 min,用盐 2 g、葱姜料酒 10 g 腌制,裹上炸鸡粉 45 g,将成品分别置于 150,180,210,240,270 °C 油温下炸制 10 s,对油炸虾壳成品进行感官评价。

1.4.1.3 加热时间对成品感官品质的影响

共制作 5 份成品,方法为取虾壳 10 g,置于 40 g 白醋中浸泡 12.5 min,用盐 2 g、葱姜料酒 10 g 腌制,裹上炸鸡粉 45 g,用 210 °C 油温分别炸制 6,8,10,12,14 s,对油炸虾壳成品进行感官评价。

1.4.1.4 响应面试验设计

在单因素试验的基础上,以不同油温、不同炸制时间、不同浸泡时间 3 个因素为自变量,以虾壳的感官得分作为响应值,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

Table 1 The factors and levels of response surface test

水平	因素		
	A 温度/°C	B 油炸时间/s	C 浸泡时间/min
-1	210	8	7.5
0	240	10	10
1	270	12	12.5

1.4.1.5 油炸虾壳卡路里含量的测定

将卡路里热量测定仪预热 30 min,在室温条件下,将虾壳剪切至规格为 5 mm×5 mm,放入样品容器中盖玻璃密封测定 2 min,并记录数据。

1.4.1.6 油炸虾壳全质构特性的测定

采用型号为 TMS-Pro 的食品质构仪进行测定,将炸制好的虾壳剪切成长度 3 cm、高度 0.6 cm 的片,放入 80 °C 的水浴锅中保温,采用锥形探头(P/32)对虾壳两次压缩进行质地测试,具体的参数为 9 mm,测前速率为 3 mm/s,测试速率为 1 mm/s,下压程度为 60.00%,测试力为 0.1 N,两次压缩时间间隔 3 s,做 5 次平行试验,去最大值和最小值后,取平均值。

1.4.2 感官评分标准

表 2 油炸虾壳的感官评分标准

Table 2 The sensory scoring criteria for fried shrimp shells

参数	分值	感官描述
色泽	15	色泽为金黄色,颜色发亮(11~15分);色泽发黄,颜色发暗(6~10分);色泽暗淡,无光(0~5分)
口味	25	具有浓郁的虾鲜味,入口酥脆(16~25分);虾味较浓郁,咸味偏淡(11~15分);鲜味过于充足,但略有些含油感(6~10分);炸鸡粉的鲜味过于浓郁,局部略有焦糊味(0~5分)
香气	20	炸鸡粉气味适中,虾壳风味较浓郁(11~20分);炸鸡粉香气太过浓郁(6~10分);闻不到任何虾的鲜味以及其他香气(0~5分)
口感	40	口感有一定酥脆感,入口即化,口中无残留(26~40分);入口酥脆,硬度适中,有少许残留物(10~25分);虾壳嚼不碎,几乎全是残留物(0~9分)

1.4.3 数据分析

本次所有试验处理均重复 3 次,测定数据以平均值的形式表现出来,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。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 白醋浸泡时间对虾壳成品品质的影响

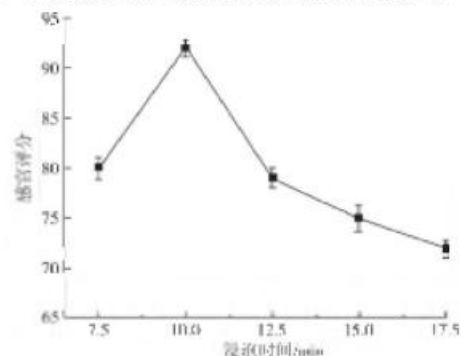


图 1 白醋浸泡时间对虾壳感官品质的影响

Fig. 1 Effect of white vinegar soaking time on the sensory quality of shrimp shells

通过控制相同的油温与炸制时间来比较白醋浸泡时间对虾壳成品的影响,由图 1 可知,当白醋浸泡时间在 10 min 时,虾壳的感官评分最高,白醋中有机酸抑菌机理^[4]会促使虾壳中的钙质析出,促进虾壳蛋白质

及钙的水解,虾壳浸泡时间越久,其感官评分越低,因为白醋使虾壳软化,虾壳本身的营养物质流失过度,吸收了醋的酸味,导致成品在食用时带着醋的酸味,对成品的风味有很大影响^[5-6]。

2.1.2 油炸温度对虾壳成品品质的影响

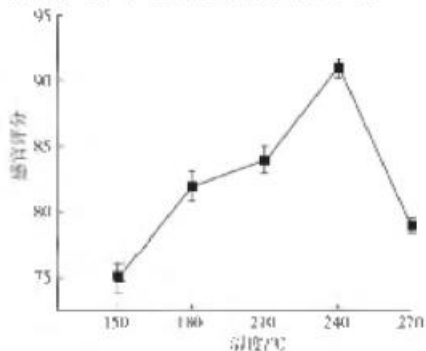


图 2 油炸温度对虾壳感官品质的影响
Fig. 2 Effect of frying temperatures on the sensory quality of shrimp shells

在相同的炸制时间下,油炸温度不同,虾壳的脆度以及含油率不同,含油量高的同时也会缩短其保存的时间^[7],由图 2 可知,当油温在 240 °C 时,虾壳的口感最佳;当温度在 150 °C 时,虾壳含水量高,无法达到酥脆的效果,咀嚼后有残渣,当温度越来越高时,虾壳中的酶失活,从而排出组织内部的空气,虾壳中的水分含量迅速蒸发^[8],形成多孔组织,外壳变脆^[9],但是色泽发暗,局部焦糊,严重影响制品的美观。

2.1.3 油炸时间对虾壳成品品质的影响

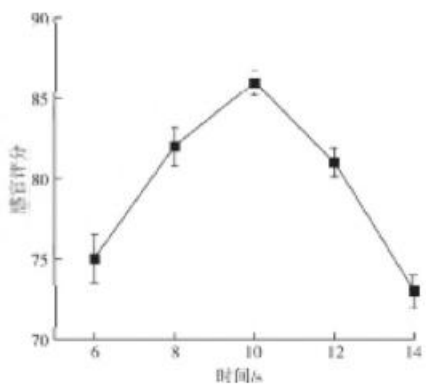


图 3 油炸时间对虾壳感官品质的影响
Fig. 3 Effect of frying time on the sensory quality of shrimp shells

在同一种油温下,考察不同的油炸时间对虾壳成品的影响。由图 3 可知,油炸时间显著影响成品的感官评分,当油炸时间比较短时,虾壳色泽发白,水分含量过多,成品难以达到入口酥脆的效果,且咀嚼后有虾壳残留,而当炸制时间达到 10 s 时成品的感官评分达到最高点,色泽金黄,口感酥脆。超过 10 s 后,虾壳里的碳水化合物经过高温产生美拉德反应^[10],从而生成黄褐色缩合物,使成品的色泽发黑,严重影响了制品的感官评分。

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 3。

表 3 Box-Behnken 设计方案及试验结果

Table 3 The Box-Behnken design scheme and test results

试验号	A 温度	B 油炸时间	C 浸泡时间	Y 感官评分
1	1	-1	-1	76
2	1	1	1	72
3	0	0	0	92.5
4	0	0	0	91
5	0	0	0	90.5
6	0	0	1	89
7	1	-1	1	74
8	0	0	0	92
9	-1	0	0	89
10	0	0	-1	90
11	0	0	0	92
12	-1	1	-1	76
13	0	-1	0	88
14	-1	-1	-1	75
15	0	0	0	90.5
16	-1	-1	1	80
17	1	0	0	90.5
18	-1	1	1	80.5
19	1	1	-1	79
20	0	1	0	89

2.2.2 方差分析和回归方程

经 Design-Expert 8.0.6 处理数据,得到回归模型的方差分析,见表 4。

表 4 回归模型的方差分析表

Table 4 Analysis of variance of regression model

项目	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	951.57	9	105.73	24	<0.0001	**
A 温度	8.1	1	8.1	1.84	0.205	
B 油炸时间	1.22	1	1.22	0.28	0.6095	
C 浸泡时间	0.025	1	0.025	5.67E-03	0.9414	
AB	0.031	1	0.031	7.09E-03	0.9345	
AC	42.78	1	42.78	9.71	0.0109	*
BC	3.78	1	3.78	0.86	0.3761	*
A ²	60.87	1	60.87	13.81	0.004	**
B ²	97.51	1	97.51	22.13	0.0008	**
C ²	67.51	1	67.51	15.32	0.0029	**
残差	44.06	10	4.41			
失拟项	40.35	5	8.07	10.88	0.102	
纯误差	3.71	5	0.74			
总和	995.64	19				

注:“**”为极显著,“*”为显著。

由表 4 可知,二次回归模型的 P 值<0.0001,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 A、B、C 的平方项均极显著(P<0.01);AB 交互项不显著,AC、BC 交互项显著。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:Y=92.63-2.31AC-0.69BC-4.70A²-5.95B²-4.95C²。

2.2.3 最佳工艺参数

通过 Design-Expert 8.0.6 软件对回归方程进行最优

求解,得到最优结果为:油温 240 ℃、浸泡时间 10 min、油炸时间 10 s,感官评分预测值为 92 分。

2.3 响应面图分析

各因素交互作用对虾壳制品感官得分影响的响应面图和等高线图见图 4~图 6。等高线图可以反映各种因素交互作用对响应值的影响。圆形表示因素间交互作用不显著,椭圆形表示因素间交互作用显著。

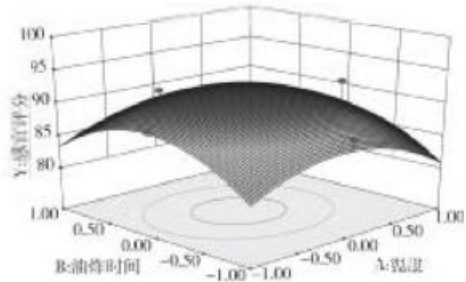
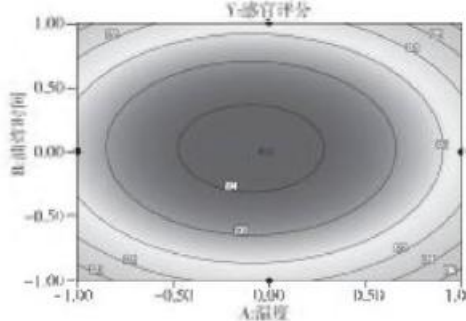


图 4 油炸时间与温度对虾壳成品的影响
Fig. 4 Influence of frying time and temperature on shrimp shell finished products

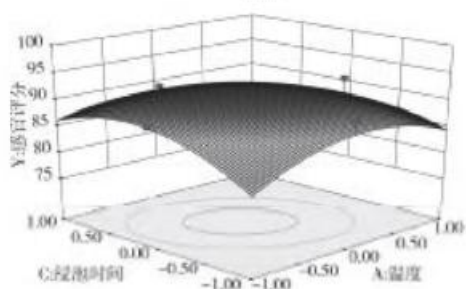
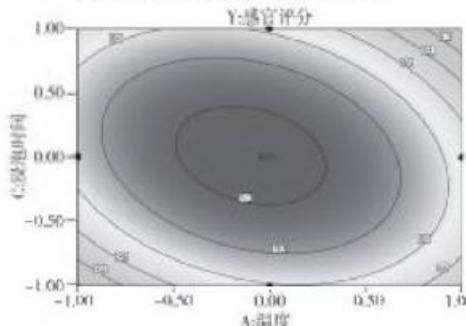


图 5 浸泡时间与温度对虾壳成品的影响
Fig. 5 Influence of soaking time and temperature on shrimp shell finished products

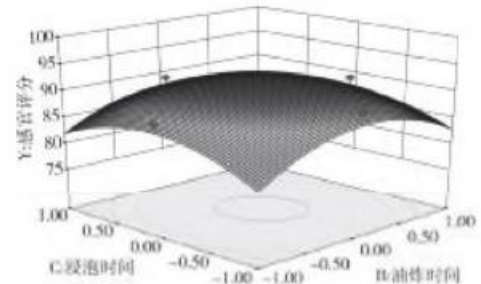
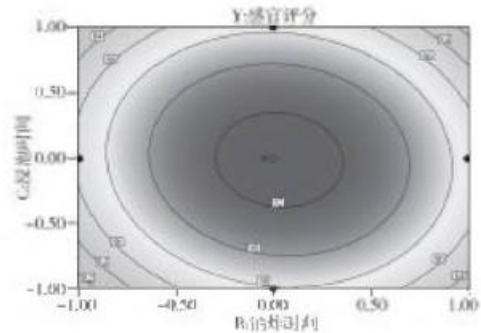


图 6 油炸时间与浸泡时间对成品的影响
Fig. 6 Influence of frying time and soaking time on shrimp shell finished products

由图 4 与图 5 可知两因素的交互作用较显著,由图 6 可知两因素的交互作用不明显。

由图 4 可知,当浸泡时间固定在 10 min,油温在 240 ℃、油炸时间在 10 s 时,感官评分最高,当油温超过 240 ℃时,其成品的感官评分下降。

由图 5 可知,浸泡时间在 10 min、油温在 240 ℃的状态下炸制 10 s 的虾壳感官评分最高,而当浸泡时间低于 10 min 且油炸温度低于 240 ℃时,其感官评分逐渐降低,当浸泡时间在 7.5 min、油炸温度在 150 ℃时,其感官评分最低。

由图 6 可知,两因素的交互作用不明显,感官评分随着浸泡时间与油炸时间的上升而上升,当浸泡时间上升至 10 min,油炸时间上升至 10 s 后,其感官评分逐渐下降。

综合上述通过 Design-Expert 8.0.6 软件的分析,预测出最佳的油炸配方:油炸时间为 10 s,油炸温度为 240 ℃,虾壳的浸泡时间为 10 min,因此,采用响应面优化得到的油炸工艺参数数据准确可靠,实用价值高。

2.4 虾壳质构分析

采用型号为 TMS-Pro 食品质构仪进行测定,用锥形探头(直径 3.2 cm)的对虾壳两次压缩进行质地测试,其中包括硬度、黏附性、内聚性、胶黏性、弹性和咀嚼性,其结果见表 5~表 8。

表 5 不同油炸时间对红虾壳质构的影响
Table 5 Effect of different frying time on the texture of red shrimp shells

炸制时间/s	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	胶黏性/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
6	1.14 [±]	0.47 [±]	0.66 [±]	0.97 [±]	4.43 [±]	4.38 [±]
	0.05 ^d	0.02 ^b	0.02 ^b	0.15 ^c	0.05 ^b	0.19 ^c

续表

炸制时间/s	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	胶黏性/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
8	2.56±0.05 ^c	0.04±0.01 ^d	0.25±0.09 ^c	0.63±0.05 ^d	4.53±0.17 ^b	5.26±0.11 ^d
	4.68±0.19 ^b	0.04±0.01 ^d	0.31±0.08 ^c	0.87±0.96 ^c	5.49±0.34 ^a	6.74±0.22 ^c
10	4.88±0.06 ^b	0.05±0.02 ^a	0.58±0.02 ^b	8.66±0.04 ^b	4.51±0.04 ^b	15.75±0.22 ^b
	10.08±0.18 ^a	0.12±0.01 ^c	0.78±0.01 ^a	8.66±0.12 ^a	4.50±0.07 ^b	39.17±0.20 ^a

注:平均值±标准差,不同字母表示同列数值之间差异显著(P<0.05),下表同。

表 6 不同油炸温度对红虾壳质构的影响

Table 6 Effect of different frying temperatures on the texture of red shrimp shells

炸制温度/℃	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	胶黏性/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
150	2.95±0.06 ^c	0.02±0.01 ^d	0.32±0.02 ^c	0.10±0.02 ^b	4.27±0.07 ^a	4.28±0.10 ^d
	3.20±0.04 ^d	0.04±0.01 ^c	0.03±0.01 ^e	0.16±0.04 ^d	4.26±0.10 ^a	5.93±0.05 ^c
180	4.24±0.05 ^c	0.02±0.02 ^d	0.23±0.01 ^d	0.87±0.02 ^c	4.41±0.02 ^a	6.58±0.012 ^b
	4.78±0.02 ^b	0.35±0.01 ^a	0.39±0.16 ^b	1.80±0.01 ^a	4.37±0.03 ^a	7.93±0.07 ^a
240	5.57±0.03 ^a	0.08±0.02 ^b	0.51±0.02 ^a	0.09±0.01 ^c	4.29±0.03 ^a	2.82±0.89 ^c

表 7 不同油炸时间对明虾壳质构的影响

Table 7 Effect of different frying time on the texture of prawn shells

炸制时间/s	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	胶黏性/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
6	0.58±0.04 ^c	0.24±0.06 ^a	0.03±0.01 ^d	0.24±0.01 ^e	3.93±0.05 ^c	0.94±0.05 ^e
	10.16±0.08 ^d	0.02±0.01 ^b	0.21±0.01 ^c	2.07±0.04 ^d	3.34±0.17 ^a	8.15±0.06 ^d
8	11.39±0.04 ^c	0.01±0.001 ^b	0.37±0.03 ^a	4.80±0.06 ^b	3.78±0.08 ^a	19.27±0.25 ^c
	19.85±0.23 ^b	0.03±0.01 ^b	0.28±0.22 ^b	5.80±0.05 ^a	3.69±0.34 ^a	22.10±0.14 ^b
12	23.87±0.28 ^a	0.01±0.001 ^b	0.18±0.02 ^c	4.33±0.44 ^c	3.74±0.07 ^a	24.47±0.23 ^a

表 8 不同油炸温度对明虾壳质构的影响

Table 8 Effect of different frying temperatures on the texture of prawn shells

炸制温度/℃	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	胶黏性/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
150	8.97±0.08 ^d	0.01±0.001 ^b	0.10±0.01 ^c	2.02±0.07 ^d	3.79±0.07 ^a	8.42±0.09 ^d
	9.01±0.05 ^d	0.19±0.01 ^a	0.19±0.02 ^b	3.27±0.03 ^b	3.70±0.09 ^a	10.24±0.06 ^c
180	11.20±0.10 ^c	0.01±0.001 ^b	0.38±0.02 ^a	4.67±0.15 ^a	3.75±0.09 ^a	11.40±0.19 ^b
	17.94±0.44 ^a	0.02±0.01 ^b	0.03±0.01 ^c	2.85±0.03 ^c	3.84±0.06 ^a	12.60±0.07 ^a
240	14.86±0.16 ^b	0.02±0.01 ^b	0.09±0.01 ^c	1.59±0.01 ^c	3.77±0.15 ^a	5.89±0.22 ^c

由表 5 和表 7 可知,虾壳在炸制温度相同时,其硬度随炸制时间的延长而增加,咀嚼度也是如此,原因是虾壳炸制时间久,吸油程度大,所以其硬度在上升,咀嚼度也随之上升^[11],而内聚性、胶黏性、弹性等 TPA 指标

也存在差异,但弹性的差异不显著,明虾也是如此,但由于明虾的虾壳较厚,所以其硬度与咀嚼度都高于红虾。

而在控制相同炸制时间的情况下,通过控制不同油温来对虾壳硬度等 TPA 值进行测定,由表 6 和表 8 可知,随着温度的升高,虾壳硬度也在变硬,而咀嚼度与在相同油温、不同炸制时间下略有不同,当温度超过 240℃ 时,其咀嚼度明显下降,因为红虾壳薄,油炸温度过高,其所发生的美拉德反应过度容易产生糖分,从而使虾壳变得酥脆,导致其咀嚼性下降,由于明虾壳较厚,水分含量较高,在相同温度下,其咀嚼性及硬度要大于红虾,但是当温度达到 270℃ 时,咀嚼性和硬度下降。

2.5 虾壳卡路里数据分析

打开卡路里热量测定仪,预热 30 min,在室温条件下,将虾壳剪切至规格为 5 mm×5 mm,放入样品容器中并盖玻璃密封测定 2 min,所得数据见表 9~表 12。

表 9 不同油炸时间对红虾卡路里等指标的影响

Table 9 Effect of different frying time on calories and other indexes of red shrimp

炸制时间/s	卡路里/(cal/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)	水/(g/100 g)
6	469.6±2.42 ^a	21.66±0.33 ^b	24.92±0.08 ^a	39.57±0.24 ^c	10.07±0.22 ^d
	366.2±1.50 ^c	18.82±0.14 ^d	15.04±0.12 ^c	38.07±0.02 ^d	24.68±0.38 ^b
8	440.4±1.08 ^b	20.55±0.26 ^c	20.52±0.16 ^b	42.04±0.34 ^b	14.15±0.07 ^c
	468.4±2.20 ^a	21.62±0.10 ^b	20.08±0.52 ^b	46.63±0.16 ^a	7.93±0.08 ^e
12	279±2.95 ^d	24.87±0.25 ^a	11.71±0.06 ^d	19.71±0.14 ^c	40.86±0.12 ^a

表 10 不同油炸温度对红虾卡路里等指标的影响

Table 10 Effect of different frying temperatures on calories and other indexes of red shrimp

炸制温度/℃	卡路里/(cal/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)	水/(g/100 g)
150	343.07±1.85 ^c	26.91±0.10 ^a	17.77±0.07 ^c	18.95±0.13 ^a	33.32±0.34 ^a
	447.2±1.24 ^c	22.43±0.17 ^c	22.98±0.11 ^c	36.82±0.09 ^b	15.34±0.12 ^c
180	450.4±0.93 ^d	22.87±0.07 ^d	22.28±0.21 ^d	42.12±0.17 ^a	13.68±0.17 ^d
	460.6±1.43 ^a	25.56±0.20 ^b	25.22±0.25 ^b	31.19±0.18 ^c	15.06±0.14 ^c
240	350.56±0.61 ^b	27.10±0.02 ^a	10.28±0.13 ^a	42.02±0.20 ^d	11.97±0.07 ^b

表 11 不同油炸时间对明虾卡路里等指标的影响

Table 11 Effect of different frying time on calories and other indexes of prawn

炸制时间/s	卡路里/(cal/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)	水/(g/100 g)
6	414.98±0.44 ^d	16.02±0.12 ^b	10.92±0.11 ^d	61.84±0.22 ^a	8.56±0.12 ^c
	418.91±0.12 ^c	16.52±0.10 ^b	13.26±0.13 ^b	56.92±0.14 ^d	10.94±0.09 ^b
8	432.92±0.69 ^a	16.34±0.20 ^c	13.14±0.15 ^d	55.11±0.13 ^a	10.26±0.35 ^a

续 表

炸制时间/s	卡路里/(cal/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)	水/(g/100 g)
12	455.35±0.36 ^a	18.16±0.24 ^a	14.88±0.32 ^a	59.22±0.34 ^c	3.95±0.20 ^e
	439.10±0.50 ^b	18.59±0.23 ^a	12.54±0.27 ^c	60.6±0.36 ^b	4.80±0.18 ^d

表 12 不同油炸温度对明虾卡路里等指标的影响
Table 12 Effect of different frying temperatures on calories and other indexes of prawn

炸制温度/℃	卡路里/(cal/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)	水/(g/100 g)
150	381.56±0.79 ^c	15.03±0.32 ^c	10.12±0.27 ^c	55.22±0.41 ^a	15.69±0.30 ^b
	386.16±0.46 ^b	18.20±0.43 ^b	12.06±0.52 ^b	49.27±0.42 ^b	14.21±0.33 ^c
210	388.88±1.05 ^d	18.86±0.35 ^c	12.04±0.23 ^b	48.52±0.74 ^b	13.02±0.45 ^b
	424.54±0.73 ^a	18.31±0.38 ^b	14.63±0.46 ^a	50.10±0.40 ^b	11.84±0.22 ^a
270	358.4±1.2 ^e	20.83±0.67 ^a	10.60±0.71 ^c	50.14±0.47 ^c	5.36±0.59 ^d

由表 9 和表 11 可知,当炸制温度一致、炸制时间不同时,其所含的卡路里、蛋白质、脂肪、碳水化合物含量各不相同,红虾的虾壳较薄,因此含水量较低,炸制时间超过 10 s 时,水分含量明显变低,且虾壳炸制时间越久,发生的美拉德反应过度产生糖分以及蛋白质的变性^[12],使虾壳表面酥脆,美拉德反应可以改善乳蛋白的生理和生物功能^[13],又因原料内部的含水量较少,空气中水分含量较高,水分发生迁移,且水分差异大,其迁移力也就越大,从而更容易吸收空气中的水分^[14],所以测试的先后影响其水分含量;随着炸制时间增加,脂肪含量呈下降趋势,这是因为复炸可以使原料中的油脂析出,从而增加原料的硬度,所以卡路里的含量也随之上升。而明虾虾壳较厚,原料含水量较红虾高,炸制后,吸收空气中的水分也要比红虾慢,且明虾虾壳脂肪含量也受炸制时间的影响。

由表 10 和表 12 可知,当控制相同的炸制时间时,不同油温同样也影响其卡路里、蛋白质、脂肪、碳水化合物等含量,首先,热量是从油通过对流传递到产品的表面,然后由表面传到中心,并作为加热介质被原料吸附从而渗透到原料内部,所以水分从中心扩散到表面并蒸发^[15],随着虾壳与油脂接触时间的增加,虾壳表面所含的水分也就越少^[16],成品更酥脆,且温度越高,原料本身含油量析出更多,所以油温的高低相比时间的长短影响更明显。

3 结论

通过单因素试验及响应面试验,确定了油炸虾壳

的最佳配方:虾壳 10 g、白醋 40 g、浸泡时间 10 min、炸鸡粉 45 g、葱姜料酒 10 g、240 ℃油温炸制 10 s。这样制作出来的成品感官品质最好,食用品质最佳。此产品不仅做到废物利用,还可以当作新型的烹饪调味品使用,增加菜肴的鲜味,赋予食物不同的口感。

通过质构分析以及卡路里分析,可以了解油温及油炸时间对质构特性及营养特性的影响,为以后相关研究提供了理论依据。

参考文献:

- [1]周强,刘蒙佳,张健丽,等.明虾下脚料酵母发酵法脱腥工艺优化[J].中国调味品,2019,44(7):5-7,13.
- [2]RØDDE R H, EINBU A, VÅRUM K M. A seasonal study of the chemical composition and chitin quality of shrimp shells obtained from northern shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 71(3): 388-393.
- [3]SACHINDRA N M, BHASKAR N, MAHENDRAKAR N S. Shrimp's waste: chemical composition, nutritional value and utilization[J]. Nahrung, 1999, 43: 418-423.
- [4]郑吴伟,王超,付诗鸣,等.食醋的功效成分和有害物质[J].中国调味品,2020,45(8):183-186.
- [5]食醋在烹饪中的作用[J].江苏调味品副食品,1999(3):5.
- [6]吴亚楠,李林洁,刘小菁,等.传统食醋主要有机酸组成综述及其风味特征分析[J].中国调味品,2021,46(1):161-165.
- [7]何建军,张莉会,关键,等.真空低温油炸藕片的工艺研究[J].食品研究与开发,2017,38(8):60-64.
- [8]YU K S, CHO H, HWANG K T. Physicochemical properties and oxidative stability of frying oils during repeated frying of potato chips[J]. Food Sci Biotechnol, 2018, 27(3): 651-659.
- [9]DOYMAZ İ. Influence of blanching and slice thickness on drying characteristics of leek slices[J]. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2008, 47(1): 41-47.
- [10]史晓君,刘微.一种贝类海鲜提取物的研制及在水饺馅中的应用研究[J].中国调味品,2020,45(10):122-125.
- [11]张文莉,陈瑞,苗敬芝.响应面法优化油炸豌豆饼的加工工艺[J].中国调味品,2021,46(1):107-111.
- [12]MIYAGI A. Improving oxidative stability of deep-fried peanuts by frying under appropriate process conditions in a greater stability medium[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2013, 37(5): 701-708.
- [13]OH N S, LEE H A, LEE J Y, et al. The dual effects of Maillard reaction and enzymatic hydrolysis on the antioxidant activity of milk proteins[J]. J Dairy Sci, 2013, 96(8): 4899-4911.
- [14]巩艳菲,代美瑶,李芳,等.面制品干燥过程中水分迁移机制及影响因素分析[J].中国粮油学报,2020,35(3):195-202.
- [15]SAFARI A, SALAMAT R, BAIK O D. A review on heat and mass transfer coefficients during deep-fat frying: determination methods and influencing factors[J]. Journal of Food Engineering, 2018, 230: 114-123.
- [16]KITA A. The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2014, 116(6): 735-740.