

玫瑰辣酱工艺研究及货架期预测

汪楠, 赵浩居, 和劲松*, 高晴*

(云南农业大学 食品科学技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为优化玫瑰辣酱的制作工艺及建立货架期预测模型, 以玫瑰花和豆瓣酱为主要原料, 通过单因素和响应面试验, 以感官评分为评价指标, 优化玫瑰辣酱制作工艺; 分析玫瑰辣酱在不同贮藏温度(37、47、57 °C)下酸价和过氧化值随时间的变化规律, 并利用阿伦尼乌斯(Arrhenius)方程预测货架期。结果表明, 玫瑰辣酱最佳工艺配方为以100 g 豆瓣酱汁, 玫瑰花瓣添加量 70 g、香油添加量 64.72 g、玫瑰花酿添加量 4.91 g、花椒添加量 1.93 g。玫瑰辣酱随贮藏时间延长和贮藏温度升高, 酸价和过氧化值均增加, 且贮藏温度越高变化速率越快; 按照酸价变化得到的玫瑰辣酱货架期预测方程为 $A = A_0 e^{7.702 \times 10^7 e^{-56996/RT}}$, 预测货架期为 254 d; 按照过氧化值变化得到的玫瑰辣酱货架期预测方程为 $A = A_0 e^{3.108 \times 10^8 e^{-60585/RT}}$, 预测货架期为 249 d。综上所述玫瑰辣酱在常温下(25 °C)货架期为 249 d, 为玫瑰辣酱的货架期预测提供理论依据。

关键词: 玫瑰辣酱; 酸价; 过氧化值; 感官品质; 货架期

Process Research and Shelf Life Prediction of Rose Chilli Sauce

WANG Nan, ZHAO Haoju, HE Jinsong*, GAO Qing*

(College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract: In order to optimize the production process of rose chilli sauce and establish a shelf life prediction model, with rose and bean paste as main raw materials, through single factor and response surface tests, sensory scores were used as evaluation indicators to optimize the production process of rose chilli sauce. The changes of acid value and peroxide value with time at different storage temperatures (37, 47, 57 °C) were analyzed, and Arrhenius equation was used to predict the shelf life. The results showed that the optimal technological formula of rose sauce was as follows: for 100 g of bean paste, 70 g of rose petals were added, 64.72 g of sesame oil was added, 4.91 g of rose brew was added, and 1.93 g of prickly ash was added. The acid value and peroxide value of rose sauce increased with the increase of storage time and storage temperature, and the higher the storage temperature, the faster the change rate. The shelf life prediction equation obtained from the change of acid value was $A = A_0 e^{7.702 \times 10^7 e^{-56996/RT}}$, and the predicted shelf life was 254 d. The shelf life prediction equation obtained from the change of peroxide value was $A = A_0 e^{3.108 \times 10^8 e^{-60585/RT}}$, and the predicted shelf life was 249 d. In summary, the shelf life of rose chilli sauce is 249 d at room temperature (25 °C), which provides a theoretical basis for the shelf life prediction of rose sauce.

Key words: rose chilli sauce; acid value; peroxide value; sensory quality; shelf life

引文格式:

汪楠, 赵浩居, 和劲松, 等. 玫瑰辣酱工艺研究及货架期预测[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(10): 109-116.

WANG Nan, ZHAO Haoju, HE Jinsong, et al. Process Research and Shelf Life Prediction of Rose Chilli Sauce[J]. Food Research and Development, 2024, 45(10): 109-116.

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(32060573); 云南省科技厅科技计划项目重大科技专项计划项目(202202AE090019); 云南省科技厅科技计划项目农业联合专项项目(202301BD070001-106)

作者简介: 汪楠(1999—), 女(汉), 硕士, 研究方向: 食品加工与安全。

*通信作者: 和劲松(1970—), 男, 教授, 研究方向: 食品非热加工与安全控制、液态水功能与构造、食品蛋白凝胶化理论与功能凝胶开发; 高晴(1989—), 女, 实验师, 研究方向: 食品品质和质量安全控制。

云南因独特的地理气候而拥有种植玫瑰的光、热、水等资源,其中昆明、玉溪、保山及文山^[1-2]等地种植历史悠久,2019年云南食用玫瑰栽植面积为2 280 hm²^[3]。玫瑰花中含多种生物活性成分,包括挥发油、多糖、黄酮类和多酚类物质^[4-5],具有抗氧化、降血脂、降血糖、抗肿瘤^[6-9]等功能。但新鲜的食用玫瑰在常温保存后,会有色、香、味劣变及营养价值降低的现象,如果长时间放置,还会有腐败变质现象^[10]。因此,亟需对玫瑰花进行加工处理,以提高其食用价值。

辣酱是一种以辣椒为主要原料的辣味调味品,深受大众喜爱,尤其在云贵川饮食中起着不可替代的作用^[11]。随着人们生活水平的提高,辣酱品种也不断推陈出新。刘晓梅等^[12]以香菇、辣椒为主要原料研制了符合西南地区人群口味的香辣香菇酱;聂相珍等^[13]以腊肉、黄豆酱、干辣椒为主要原料制作了川味特色的辣椒酱。本试验以玫瑰花和豆瓣酱为主要原料研制一款云南特色的玫瑰辣酱,既增加了食用玫瑰精深加工产品种类,又丰富了市场上辣酱的种类。

产品货架期是消费者了解食品品质的重要依据,因此建立产品货架期预测模型具有重要意义。如果货架期预测的不够准确,使得真实值滞后于预测值,将会导致物料过度浪费;若因贮藏过程中的恶劣条件导致预测值滞后于真实值,将会危及消费者的生命安全。目前,有多数研究表明食品在贮藏过程中品质的变化可以用动力学模型表达,通过动力学模型与阿伦尼乌

斯(Arrhenius)方程结合就可预测食品货架期^[14-18]。

因此本试验以玫瑰花和豆瓣酱为主要原料研发一款玫瑰辣酱,对其配方进行优化,且以酸价和过氧化值为指标建立动力学模型,预测常温下玫瑰辣酱的货架期,以期能为玫瑰辣酱的生产和贮藏提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玫瑰花瓣、豆瓣酱:市售。

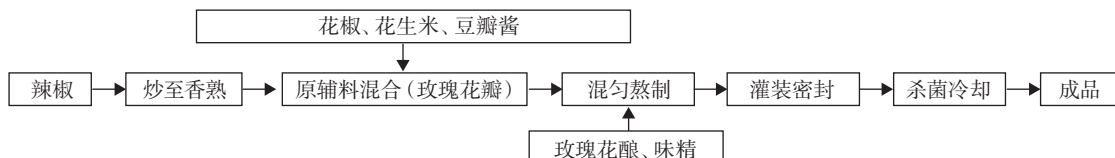
硫代硫酸钠、冰乙酸、铬酸钾、石油醚(沸程:30~60℃):天津市风船化学试剂科技有限公司;三氯甲烷、乙醚:国药集团化学试剂有限公司;饱和碘化钾、氢氧化钠:四川西陇科学有限公司;无水乙醇:天津市富宇精细化工有限公司;氢氧化钾:广东省化学试剂工程技术研究开发中心;酚酞:广东光华科技股份有限公司;硝酸银、淀粉指示剂:上海麦克林生化科技股份有限公司;所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

炒锅:浙江苏泊尔股份有限公司;PL203 电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HH-S 型水浴锅:郑州长城科工贸有限公司;79-1 磁力加热搅拌器:常州澳华仪器有限公司;RE-52 型旋转蒸发器:上海亚荣生化仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 玫瑰辣酱制备工艺流程



1.3.2 单因素试验

根据前期预试验,以 100 g 豆瓣酱汁,固定香油和辣椒添加量比例 100:3,以及其他辅料等量恒定,对玫瑰花瓣、香油、玫瑰花酿和花椒 4 个因素进行单因素试验,各因素水平分别为玫瑰花瓣添加量 20、40、60、80、100 g,香油添加量 40、50、60、70、80 g,玫瑰花酿添加量 2、4、6、8、10 g,花椒添加量 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 g,以感官评分为指标,确定最适添加量。

1.3.3 响应面试验

在单因素试验的基础上,选取玫瑰花瓣、香油、玫瑰花酿和花椒 4 个因素为考察对象,以感官评分为响应值,采用中心组合响应面试验(central composite design, CCD)对玫瑰辣酱配方进行优化。各因素水平编码如表 1 所示。

1.3.4 指标测定

1.3.4.1 酸价

将样品粉碎取 20 g,加入 60 mL 石油醚,并用磁力

表 1 玫瑰辣酱响应面因素水平

Table 1 Response surface factors and levels of rose chilli sauce

编码及水平	因素			
	A 玫瑰花瓣添加量	B 香油添加量	C 玫瑰花酿添加量	D 花椒添加量
-α	43	52	2	0.7
-1	50	55	3	1.0
0	60	60	4	1.5
1	70	65	5	2.0
α	77	68	6	2.3

搅拌器充分搅拌 30~60 min,使样品充分分散于石油醚中,在常温下静置浸提 12 h 以上。然后用滤纸过滤,收集并合并滤液于一个烧瓶内,置于水浴温度不高于 45℃的旋转蒸发器内,0.08~0.10 MPa 负压条件下,将石油醚彻底旋转蒸干,制得待测液。最后参照 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》^[19]测定酸价,每个样品测 3 次。

1.3.4.2 过氧化值

取 20 g 样品置于具塞锥形瓶中,加入 60 mL 石油醚(沸程 30~60 °C),浸提 12 h 后用滤纸过滤,把滤液倒入旋转蒸发仪中蒸出石油醚,得到待测样品。最后参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》^[20]测定过氧化值,每个样品测 3 次。

1.3.4.3 感官评价

从色泽、香气、滋味、组织状态 4 个方面对玫瑰辣酱进行整体感官评价,满分 100 分,其中香味、滋味均为 30 分,色泽、组织状态均为 20 分,邀请 10 名专业人员对成品进行感官评价,感官评定标准见表 2。

表 2 玫瑰辣酱感官评定标准

Table 2 Sensorial criteria for rose chilli sauce

项目	评分标准		
色泽	油润红亮有光泽,玫瑰颜色适中(15~20)	色泽油润,玫瑰颜色稍暗(8~<15)	不够油润,玫瑰颜色呈暗红色或褐色(<8)
香味	酱香适中,有明显玫瑰清香,整体气味协调(20~30)	酱味稍重,玫瑰香不明显,整体气味协调不佳(9~<20)	酱味重,几乎没有玫瑰香味,有焦糊等异味(<9)
滋味	口感细腻,玫瑰鲜嫩,咸淡适宜(20~30)	玫瑰稍干,咸淡欠佳,口味较不协调(9~<20)	玫瑰较干,过咸、过甜或过辣,口味不协调(<9)
组织状态	黏稠适中,料质均匀,油量适中均匀分布(15~20)	较稠,油较少整体效果稍差(8~<15)	稀稠不适中,油分布不均匀,流动性差(<8)

1.3.4.4 玫瑰辣酱货架期预测模型的建立

玫瑰辣酱经过杀菌(95 °C, 15 min)和添加 0.025% 山梨酸钾后冷却至室温,分别在 37、47、57 °C 条件下贮藏,每隔 7 d 测玫瑰辣酱的酸价和过氧化值。

阿伦尼乌斯(Arrhenius)方程^[21]如下式所示。

$$K = K_0 e^{-Ea/RT} \quad (1)$$

式中: K 为在贮藏时间 t 时的品质指标值; Ea 表示活化能, kJ/mol; K_0 为指前常数; T 为热力学温度, K; R 为气体常数。

将方程进行对数处理,得到 $\ln k = -Ea/RT + \ln k_0$, 可得出 $\ln k$ 和 $1/T$ 有线性关系, $-Ea/R$ 为斜率, $\ln k_0$ 为截距。玫瑰辣酱在 3 个不同温度下贮藏得到不同的 k 值,再通过直线拟合,得到 Ea 和 k_0 ,最后将其代入方程就可预测出不同温度下玫瑰辣酱的货架期。

1.4 数据处理

应用 Excel 软件进行数据处理, Origin 2018 软件进行作图与拟合分析,用 SPSS 软件对数据进行差异性分析。

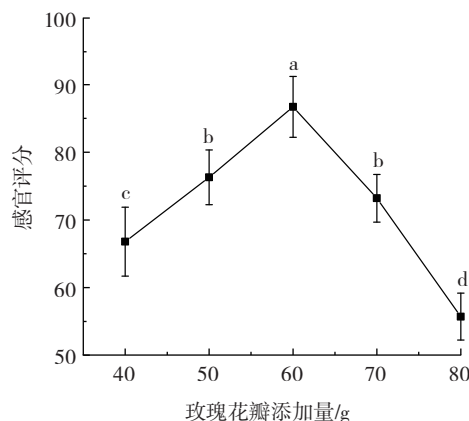
2 结果与分析

2.1 玫瑰辣酱单因素试验结果

2.1.1 玫瑰花瓣添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响

玫瑰花瓣添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响结果

如图 1 所示。



不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图 1 玫瑰花瓣添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响

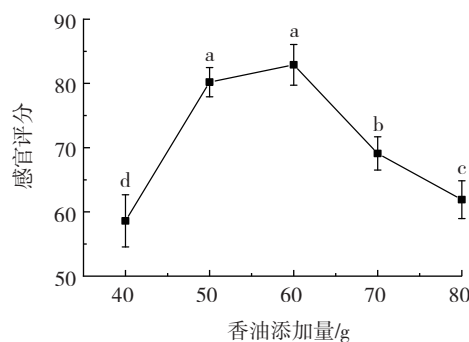
Fig.1 Effect of rose petal addition on sensory score of rose chili sauce

由图 1 可知,玫瑰辣酱的感官评分随玫瑰花瓣添加量的增加呈先上升后下降的趋势,当添加量达到 60 g 时感官评分最佳,感官评分为 86.7,此时玫瑰辣酱有浓郁的玫瑰香味;超过 60 g 后,玫瑰苦味逐渐凸显,导致玫瑰辣酱整体风味不协调,感官评分逐渐下降。

有研究表明玫瑰本身含有的单宁物质会使加工成品带有苦涩味^[22],随着玫瑰花添加量的增加,苦涩味也随之增加。故选择玫瑰花瓣添加量为 50、60、70 g 进行后续试验。

2.1.2 香油对玫瑰辣酱感官评分的影响

香油添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响如图 2。



不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图 2 香油添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响

Fig.2 Effect of sesame oil addition on sensory score of rose chili sauce

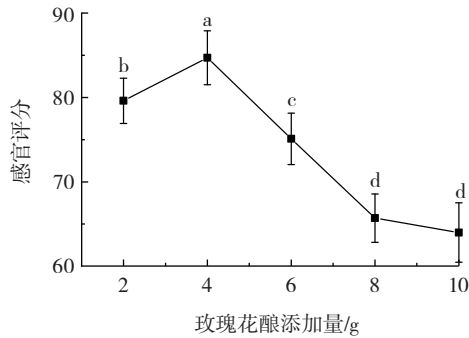
由图 2 可知,随着香油添加量的增大,玫瑰辣酱的感官评分先上升后下降。当香油添加量达到 50 g 和 60 g 时感官评分分别为 80.23 和 82.95,二者无显著差异($P > 0.05$)。此时玫瑰辣酱色泽红润,无油腻感,且玫瑰花香适中。因此,选择添加 60 g 香油进行后续试验。

王爱苗等^[23]研究表明风味马齿苋野菜酱感官评分随着大豆油用量的增加先上升后下降,与本试验感官

评分变化规律基本一致。当大豆油较少时,产品形态不均匀,流动性差,感官评分较低;当加入过多的大豆油时,产品的油腻味掩盖了酱汁原有的香气和味道。

2.1.3 玫瑰花酿对玫瑰辣酱感官评分的影响

玫瑰花酿添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响如图3。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图3 玫瑰花酿添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响

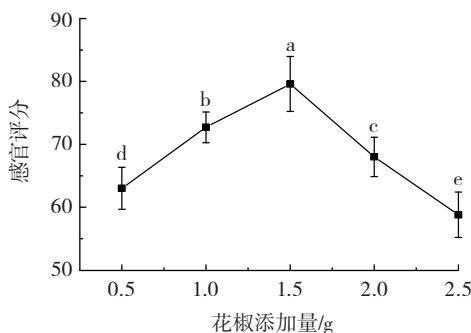
Fig.3 Effect of rose brew dosage on sensory score of rose chili sauce

由图3可知,玫瑰辣酱的感官评分随玫瑰花酿添加量的增加呈先上升后下降的趋势。当玫瑰花酿添加量达到4g时感官评分最高,为84.72,与2g和6g相比具有显著差异($P<0.05$)。当玫瑰花酿添加量高于4g时,口感变得甜腻,不易接受,感官评分较低。因此选择玫瑰花酿添加量为3、4、5g进行后续试验。

周茜等^[24]研究表明随着玫瑰花酿添加量的增加,香肠感官评分呈现出先增加后减小的趋势,与本试验感官评分变化规律基本一致。当添加量为4.5%时感官评分最高,此时玫瑰花酿甜度适中,口感质嫩,并增加了香肠的香气和口感。

2.1.4 花椒对玫瑰辣酱感官评分的影响

花椒添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响如图4。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图4 花椒添加量对玫瑰辣酱感官评分的影响

Fig.4 Effect of prickly ash addition on sensory score of rose chili sauce

由图4可知,随着花椒添加量的增加,玫瑰辣酱的感官评分先上升后下降。当添加量达1.5g时,感官评

分最高,为79.62,且与1.0g和2.0g的添加量差异显著($P<0.05$),此时玫瑰辣酱麻味适中,可协调豆瓣酱中的部分豆腥味,更易于接受。因此选择花椒添加量为1.0、1.5、2.0g进行后续试验。

贺晓龙等^[25]研究表明麻辣杏鲍菇酱感官评分随着花椒添加量的增加先上升后下降,与本试验感官评分变化规律基本一致。当花椒的添加量过多时,花椒中的花椒碱和苦味素会逐渐释放出来,造成成品酱色泽过暗,还会影响成品酱的口感,导致感官评分降低。

2.2 玫瑰辣酱响应面优化结果

在单因素试验基础上,选择玫瑰花瓣(A)、香油(B)、玫瑰花酿(C)和花椒(D)为考察因素,以感官评分为响应值,采用中心组合响应面试验(CCD)进行优化。CCD试验方案的设计及结果见表3,方差分析结果见表4,交互项响应面见图5。

表3 玫瑰辣酱中心组合设计及结果

Table 3 Design and results of rose chili sauce center combination

试验序号	A	B	C	D	感官评分
1	0	0	0	0	88.45
2	0	- α	0	0	72.55
3	α	0	0	0	81.36
4	0	0	0	0	88.64
5	0	0	0	α	74.55
6	1	1	-1	-1	76.18
7	-1	-1	1	-1	73.36
8	-1	1	1	1	62.55
9	- α	0	0	0	65.00
10	0	0	0	- α	75.64
11	0	0	0	0	87.27
12	1	-1	-1	1	65.18
13	-1	-1	-1	-1	72.55
14	0	0	α	0	79.55
15	1	1	1	-1	65.91
16	-1	1	-1	1	61.64
17	1	-1	1	1	79.55
18	0	α	0	0	77.18
19	0	0	- α	0	74.55
20	0	0	0	0	85.36
21	0	0	0	0	88.91

通过响应面分析得到各因素对玫瑰辣酱感官评分的回归方程为 $Y = 87.76 + 4.87A + 1.38B + 1.05C + 0.33D + 2.03AB + 0.31AC + 4.41AD - 3.07BC + 2.79BD + 3.1CD - 5.19A^2 - 4.58B^2 - 3.81C^2 - 4.52D^2$ 。

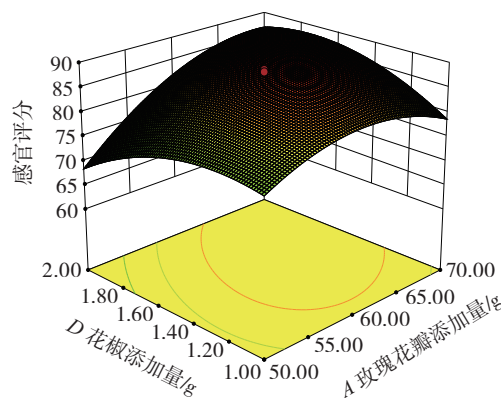
由表4可知,该模型的 $F=61.165, P<0.0001$,达到极显著水平,表明回归方程拟合有意义;该模型的失拟项值为0.465, $P=0.658>0.05$,差异不显著,说明残差由随机误差引起,回归方程的相关系数 $R^2=0.9763$,表明该模型能够较好地描述本次试验的结果,试验误差较小。

表4 玫瑰辣酱回归系数显著性

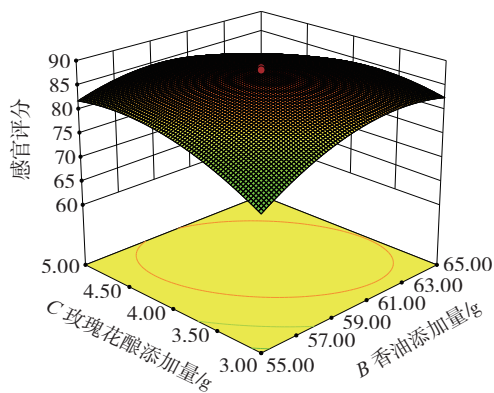
Table 4 The significance of regression coefficients of rose chili sauce

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	1 503.375	14	107.383	61.165	<0.000 1	**
A 玫瑰花瓣添加量	133.884	1	133.884	76.260	0.000 1	**
B 香油添加量	10.747	1	10.747	6.122	0.048 2	*
C 玫瑰花酿添加量	14.821	1	14.821	8.442	0.027 1	*
D 花椒添加量	0.595	1	0.595	0.338	0.581 6	
AB	14.089	1	14.821	8.025	0.029 8	*
AC	0.698	1	0.698	0.397	0.551 5	
AD	64.850	1	64.850	36.938	0.000 9	**
BC	75.309	1	75.309	42.896	0.000 6	**
BD	25.499	1	25.499	14.524	0.008 9	**
CD	76.429	1	76.429	43.534	0.000 6	**
A ²	401.40	1	401.40	228.64	<0.000 1	**
B ²	314.58	1	314.58	179.18	<0.000 1	**
C ²	217.69	1	217.69	124.00	<0.000 1	**
D ²	303.66	1	303.66	172.96	<0.000 1	**
残差	10.533	6	1.755			
失拟项	1.988	2	0.994	0.465	0.658	
净误差	8.545	4	2.13			
总和	1 513.909	20				

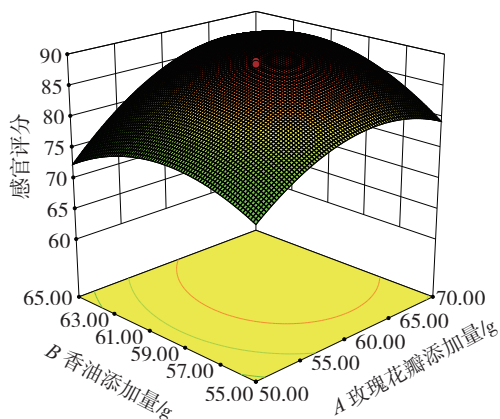
注:*表示影响显著,P<0.05;**表示影响极显著,P<0.01。



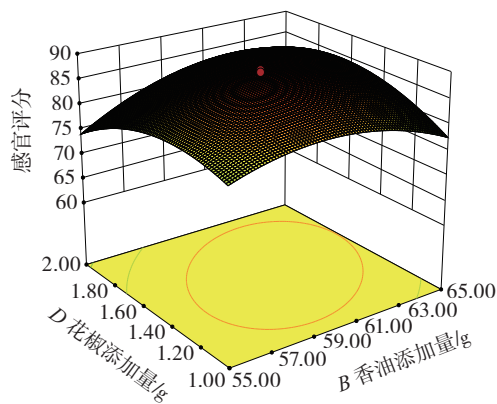
(C)玫瑰花瓣与花椒对玫瑰辣酱的影响



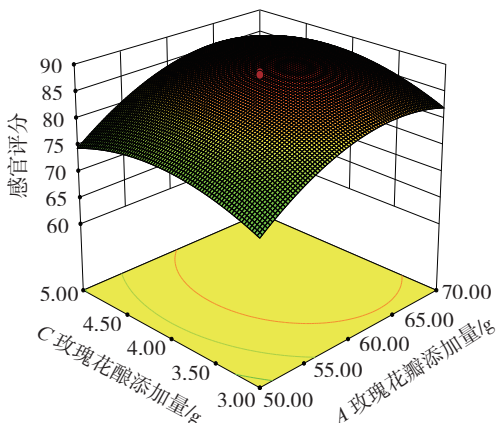
(D)玫瑰花酿与香油对玫瑰辣酱的影响



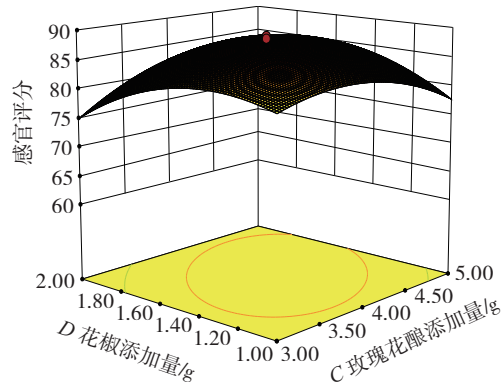
(A)玫瑰花瓣与香油对玫瑰辣酱的影响



(E)花椒与香油对玫瑰辣酱的影响



(B)玫瑰花瓣与玫瑰花酿对玫瑰辣酱的影响



(F)花椒与玫瑰花酿对玫瑰辣酱的影响

图5 各试验因素交互作用的响应面

Fig.5 Response surface of the interaction of various test factors

由图5可知,根据响应面的曲线走势可判断玫瑰花瓣(A)、油香油(B)、玫瑰花酿(C)与花椒添加量(D)这4个因素对感官值的影响大小为A>C>B>D。

综上分析可得,玫瑰辣酱的配方为:玫瑰花瓣添加量70g、香油添加量64.72g、玫瑰花酿添加量4.91g、花椒添加量1.93g,此条件下感官评分理论值为90.91。经验证,感官评分为88.53与预测值接近,证明拟合模型有效。

2.3 玫瑰辣酱货架期预测结果

2.3.1 酸价(acid value, AV)为指标预测货架期

玫瑰辣酱在37、47、57℃贮藏条件下酸价随时间的变化规律如图6所示,对3个温度下玫瑰辣酱随时间变化的酸价进行回归分析,回归方程见表5。

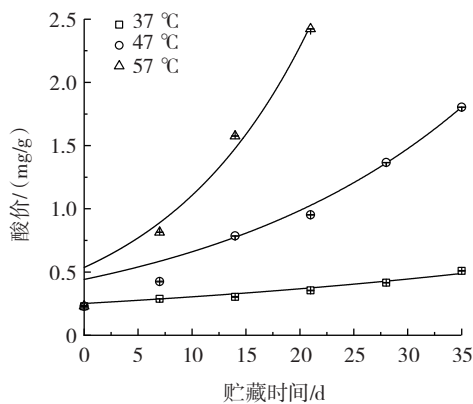


图6 玫瑰辣酱在不同贮藏条件下的酸价变化

Fig.6 Variation of acid value of rose chilli sauce under different storage conditions

表5 不同贮藏条件下玫瑰辣酱酸价随时间变化的回归方程及参数
Table 5 Regression equation and parameter of AV change of rose chilli sauce with time under different storage conditions

贮藏温度/℃	回归方程	初始值 A ₀	反应速率常数 k	回归系数
37	$y = 0.2515e^{0.0190x}$	0.2515±0.0041	0.0190±0.0011	0.9818
47	$y = 0.4417e^{0.0402x}$	0.4417±0.0158	0.0402±0.0010	0.9988
57	$y = 0.5365e^{0.0724x}$	0.5365±0.0689	0.0724±0.0069	0.9866

由图6可知,玫瑰辣酱在不同的贮藏温度下酸价随着时间的延长而增加,且随着温度的升高,酸价增加速率越快。

张建友等^[26]研究表明酱鸭在贮藏过程中酸价呈上升趋势,且温度越高,酸价升高速率越快。一方面可能是在包装过程中有少量空气残留,使脂肪发生氧化变质^[27];二是温度越高,脂肪酶活力越高,脂肪水解生成游离脂肪酸速度越快,从而导致酸价升高^[28]。

玫瑰辣酱在37、47、57℃贮藏条件下酸价随时间变化的反应速率常数k值分别为0.0190、0.0402、0.0724。利用公式(1)进行拟合。

线性方程为 $\ln k = -6.8555 \times 1000/T + 18.1596$,

通过计算可得 $Ea = 56.996 \text{ kJ/mol}$, $k_0 = 7.702 \times 10^7$, 即玫瑰辣酱中酸价值的变化速率常数随温度变化的 Arrhenius 方程为 $k = 7.702 \times 10^7 e^{-56.996/RT}$, 再将k值带入 $A = A_0 e^{kt}$ 中即可得到预测模型: $A = A_0 e^{7.702 \times 10^7 e^{-56.996/RT} t}$ 。利用该模型计算常温下(25℃)玫瑰辣酱的货架期为254d。

2.3.2 过氧化值(peroxide value, POV)为指标预测货架期

玫瑰辣酱在37、47、57℃贮藏条件下过氧化值随时间的变化规律如图7所示,对3个温度下玫瑰辣酱随时间变化的过氧化值进行回归分析,回归方程见表6。

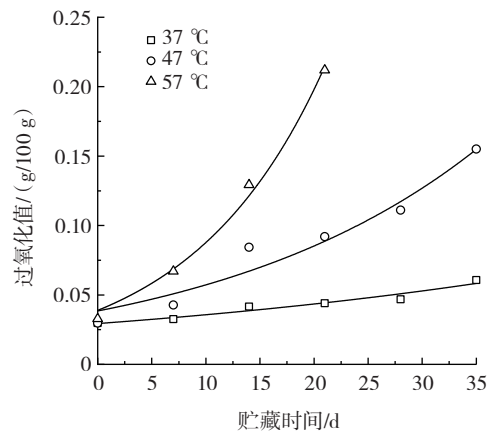


图7 玫瑰辣酱在不同贮藏条件下的过氧化值变化

Fig.7 Variation of peroxide value of rose chilli sauce under different storage conditions

表6 不同贮藏条件下玫瑰辣酱过氧化值随时间变化的回归方程及参数

Table 6 Regression equation and parameter of POV change of rose chilli sauce with time under different storage conditions

贮藏温度/℃	回归方程	初始值 A ₀	反应速率常数 k	回归系数
37	$y = 0.0294e^{0.0196x}$	0.0294±0.0018	0.0196±0.0024	0.9476
47	$y = 0.0385e^{0.0398x}$	0.0385±0.0056	0.0398±0.0051	0.9535
57	$y = 0.0389e^{0.0814x}$	0.0389±0.0041	0.0814±0.0057	0.9941

由图7可知,玫瑰辣酱在不同的贮藏温度下过氧化值随着时间的延长而增加,37℃贮藏下过氧化值变化最缓慢,57℃贮藏下过氧化值变化最快。

有研究表明,沙拉酱的过氧化值随着贮藏时间的延长而逐渐升高,且贮藏温度越高,沙拉酱的过氧化值波动越大,说明油脂氧化程度越高^[29]。可能是低温抑制脂肪氧化酶的活性,导致脂肪的氧化速率变慢,从而使得产品的过氧化值上升幅度变慢^[30]。与本试验玫瑰辣酱在不同贮藏温度下过氧化值变化规律基本一致。

玫瑰辣酱在37、47、57℃贮藏条件下过氧化值随时间变化的反应速率常数k值分别为0.0196、0.0398、

0.081 4。利用公式(1)进行拟合。

线性方程为 $\ln k = -7.2871 \times 1000/T + 19.5547$, 通过计算可得 $Ea = 60.585 \text{ kJ/mol}$, $k_0 = 3.108 \times 10^8$, 即玫瑰辣酱中过氧化值的变化速率常数随温度变化的 Arrhenius 方程为 $k = 3.108 \times 10^8 e^{-60.585/RT}$, 再将 k 值带入 $A = A_0 e^{kt}$ 中即可得到预测模型: $A = A_0 e^{3.108 \times 10^8 e^{-60.585/RT} t}$ 。利用该模型计算常温下(25 °C)玫瑰辣酱的货架期为 249 d。

3 结论

本试验研究了玫瑰辣酱制作的最佳配方,以 100 g 豆瓣酱汁,玫瑰花瓣添加量 70 g、香油添加量 64.72 g、玫瑰花酿添加量 4.91 g、花椒添加量 1.93 g。

基于以上结果,建立玫瑰辣酱货架期预测模型。以酸价 3.0 mg/g 为玫瑰酱货架期终点,得到玫瑰辣酱货架期预测模型为 $A = A_0 e^{7.702 \times 10^7 e^{-56.996/RT} t}$, 常温下货架期为 254 d。以过氧化值 0.25 g/100 g 为玫瑰辣酱货架期终点,得到玫瑰辣酱货架期预测模型为 $A = A_0 e^{3.108 \times 10^8 e^{-60.585/RT} t}$, 常温下货架期为 249 d。因此,通过杀菌(95 °C, 15 min)和添加 0.025% 山梨酸钾的玫瑰辣酱在 25 °C 贮藏条件下的预测货架期为 249 d。

参考文献:

[1] 谢丽美, 晏慧君, 唐开学, 等. 云南 4 个主栽食用玫瑰品种产量评价及营养成分分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(11): 2627-2632.
XIE Limei, YAN Huijun, TANG Kaixue, et al. Evaluation of yield and analysis on nutrient compositions of four edible rose varieties in Yunnan Province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(11): 2627-2632.

[2] 高建莉, 李罡, 杨云萍. 文山州高原特色食用玫瑰产业生产现状及发展前景[J]. 中国园艺文摘, 2017, 33(3): 37-38.
GAO Jianli, LI Gang, YANG Yunping. Production status and development prospect of characteristic edible rose industry in Wenshan Plateau[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2017, 33(3): 37-38.

[3] 陈真永. 昆明食用玫瑰产业发展路径研究[D]. 西安: 长安大学, 2020.
CHEN Zhenyong. Study on the development path of edible rose industry in Kunming[D]. Xi'an: Changan University, 2020.

[4] ZHANG Z G, WANG M L, XING S, et al. Flavonoids of *Rosa rugosa* Thunb. inhibit tumor proliferation and metastasis in human hepatocellular carcinoma HepG2 cells[J]. Food Science and Human Wellness, 2022, 11(2): 374-382.

[5] ZHANG Q Q, RUI X, LI W, et al. Anti-swarming and-biofilm activities of rose phenolic extract during simulated *in vitro* gastrointestinal digestion[J]. Food Control, 2016, 64: 189-195.

[6] IKEURA H, KOBAYASHI F, KAI T, et al. Effects of different storage conditions on the colour, antioxidant activity, and volatile components of edible roses[J]. Scientia Horticulturae, 2023, 310: 111707.

[7] LANG B Y, ZHAO Y Q, YANG R, et al. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of traditional fermented *Rosa* from Dali Bai communities, Northwest Yunnan, China[J]. Scientific Reports, 2021(1), 11: 22700.

[8] LIU L, TANG D, ZHAO H Q, et al. Hypoglycemic effect of the polyphenols rich extract from *Rose rugosa* Thunb on high fat diet and STZ induced diabetic rats[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2017, 200: 174-181.

[9] IKEURA H, KOBAYASHI F, KAI T, et al. Effects of different storage conditions on the colour, antioxidant activity, and volatile components of edible roses[J]. Scientia Horticulturae, 2023, 310: 111707.

[10] 苏红霞, 王燕, 张敬, 等. 食用玫瑰鲜花处理工艺技术的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(2): 161-165.
SU Hongxia, WANG Yan, ZHANG Jing, et al. Processing technology of edible rose flowers[J]. China Brewing, 2012, 31(2): 161-165.

[11] 宋雨萱. 饮食人类学视域下的西南地区辣椒文化[J]. 文化产业, 2021(18): 40-41.
SONG Yuxuan. Chili culture in Southwest China from the perspective of dietary anthropology[J]. Cultural Industry, 2021(18): 40-41.

[12] 刘晓梅, 刘娟汝, 刘雨诗, 等. 香辣香菇风味酱的研制与质量检查[J]. 中国调味品, 2018, 43(12): 116-120, 125.
LIU Xiaomei, LIU Juanru, LIU Yushi, et al. Study on the production process and quality inspection of spicy *Lentinus edodes* sauce [J]. China Condiment, 2018, 43(12): 116-120, 125.

[13] 聂相珍, 申丽媛. 川味香辣腊肉辣椒酱制作工艺[J]. 中国调味品, 2016, 41(8): 95-97.
NIE Xiangzhen, SHEN Liyuan. The production process of Sichuan-style spicy bacon chili sauce[J]. China Condiment, 2016, 41(8): 95-97.

[14] 管庆林, 周笑犁, 韦雪, 等. 不同贮藏温度下香菇油辣椒酱品质变化规律及货架期预测[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(22): 145-152.
GUAN Qinglin, ZHOU Xiaoli, WEI Xue, et al. Quality changes and predictive modeling of shelf life of *Lentinus edodes* oil chili sauce stored at different temperatures[J]. Food Research and Development, 2022, 43(22): 145-152.

[15] ZARDETTO S, BARBANTI D. Shelf life assessment of fresh green pesto using an accelerated test approach[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 25: 100524.

[16] YUWONO S S, WAZIHOH E, ILHAMADI F. Shelf life estimation of *Rujak cingur* instant sauce using accelerated shelf life testing (ASLT) method[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 230: 012015.

[17] CHEN X, HE Z Y, HE L P, et al. Effects of perilla seed oil addition on the physicochemical properties, sensory, and volatile compounds of potato blueberry flavored yogurt and its shelf-life prediction[J]. LWT-Food Science and Technology, 2023, 173: 114383.

[18] DU J, ZHANG M, ZHANG L H, et al. Shelf-life prediction and critical value of quality index of Sichuan sauerkraut based on kinetic model and principal component analysis[J]. Foods, 2022, 11(12): 1762.

[19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中酸价的测定: GB 5009.229—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission, People's Republic of China. National food safety standard Determination of acid value in food: GB 5009.229—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定: GB 5009.227—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission, People's Republic of China. National food safety standard Determination of per-

- oxide value in food: GB 5009.227—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [21] CUI F C, ZHENG S W, WANG D F, et al. Recent advances in shelf life prediction models for monitoring food quality[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2023, 22(2): 1257-1284.
- [22] 肖健, 吴苗, 方莹, 等. 玫瑰花酱制作工艺研究[J]. *轻工标准与质量*, 2021(2): 97-98, 104.
XIAO Jian, WU Miao, FANG Ying, et al. Study on production technology of rose paste[J]. *Standard and Quality of Light Industry*, 2021(2): 97-98, 104.
- [23] 王爱苗, 张晓艺, 武开荣, 等. 风味马齿苋野菜酱的研制[J]. *农产品加工(上半月)*, 2021(3): 28-31.
WANG Aimiao, ZHANG Xiaoyi, WU Kairong, et al. Study on flavoured purslane wild vegetable sauce[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2021(3): 28-31.
- [24] 周茜, 刘晓艺, 安雪, 等. 山楂玫瑰低硝香肠的加工工艺及储藏期品质研究[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(11): 194-197.
ZHOU Qian, LIU Xiaoyi, AN Xue, et al. Study on the processing technology and storage period quality of low nitrate hawthorn rose sausage[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(11): 194-197.
- [25] 贺晓龙, 徐怀德. 麻辣杏鲍菇酱制作工艺与配方的研究[J]. *天津农业科学*, 2016, 22(4): 69-73.
HE Xiaolong, XU Huaide. Research on production process and formulation of spicy *Pleurotus eryngii* sauce[J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2016, 22(4): 69-73.
- [26] 张建友, 赵瑜亮, 张梦雨, 等. 不同贮藏温度酱鸭品质变化及其货架期预测[J]. *食品科学*, 2019, 40(5): 250-257.
ZHANG Jianyou, ZHAO Yuliang, ZHANG Mengyu, et al. Quality changes and predictive modeling of shelf life of sauced duck stored at different temperatures[J]. *Food Science*, 2019, 40(5): 250-257.
- [27] 吴浩然, 张镭译, 林琳, 等. 风味蟹肉酱货架期的动力学预测研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(2): 55-60.
WU Haoran, ZHANG Leiyi, LIN Lin, et al. Research on the kinetic prediction of shelf life of flavor crab sauce[J]. *China Condiment*, 2021, 46(2): 55-60.
- [28] HAO K F, HAO M M, CHEN L, et al. The study of stability of processing grease storage temperature on soybean[J]. *Advanced Materials Research*, 2014, 912/914: 2014-2017.
- [29] 邸一桓, 赵山山, 郝光飞, 等. 不同贮藏温度下沙拉酱货架期总菌落数和品质变化规律研究[J]. *中国调味品*, 2019, 44(1): 36-39, 57.
DI Yihuan, ZHAO Shanshan, HAO Guangfei, et al. Study on the change law of total colony number and quality of salad dressing in shelf life under different storage temperatures[J]. *China Condiment*, 2019, 44(1): 36-39, 57.
- [30] 李晓云. 核桃酱加工工艺及货架期预测[D]. 太原: 山西农业大学, 2021.
LI Xiaoyun. Walnut paste processing technology and shelf life prediction[D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2021.

加工编辑:王雪
收稿日期:2023-07-21