

DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2024.05.015

引文格式:魏许召,高一达,程庆斌,等.青海省循化辣椒调味油的加工工艺优化及品质分析[J].中国调味品,2024,49(5):89-96.

WEI X Z, GAO Y D, CHENG Q B, et al. Optimization of processing technology and quality analysis of Xunhua chili seasoning oil in Qinghai province[J]. China Condiment, 2024, 49(5): 89-96.

## 青海省循化辣椒调味油的加工工艺优化及品质分析

魏许召,高一达,程庆斌,刘荟萃\*

(青海大学 农牧学院, 西宁 810016)

**摘要:** 试验以青海省循化辣椒和菜籽油为主要原料,加入香料将菜籽油熬制到一定温度后放入粉碎后的辣椒进行油浸,从而制成循化辣椒调味油。利用单因素试验考察辣椒粉碎程度、油浸温度、油浸时间和料液比对循化辣椒调味油色泽和感官品质的影响,确定最佳加工工艺。为了更准确地研究单因素之间的交互效应对循化辣椒调味油品质的影响,设计四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验优化循化辣椒调味油的加工工艺。为评价循化辣椒调味油的品质,选用4种常见辣椒并在最佳条件下制作辣椒调味油,与循化辣椒调味油品质进行对比分析,包括感官评定、色泽、电子鼻。结果表明,在辣椒粉碎程度40目、油浸温度165℃、油浸时间25min、料液比1:8.5的条件下制作的循化辣椒调味油具有良好的色泽和感官品质。与其他品种辣椒调味油相比,循化辣椒调味油的香味更浓郁,辣味更小,符合“香而不辣”的特点。

**关键词:** 循化辣椒;辣椒调味油;加工工艺;品质分析

中图分类号:TS201.1

文献标志码:A

文章编号:1000-9973(2024)05-0089-08

### Optimization of Processing Technology and Quality Analysis of Xunhua Chili Seasoning Oil in Qinghai Province

WEI Xu-zhao, GAO Yi-da, CHENG Qing-bin, LIU Hui-cui\*

(College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China)

**Abstract:** In this test, with Xunhua chili and rapeseed oil in Qinghai province as the main raw materials, spices are added to boil the rapeseed oil to a certain temperature, and then the crushed chili is immersed in oil to prepare Xunhua chili seasoning oil. The effects of pulverization degree, oil immersion temperature, oil immersion time and ratio of solid to liquid on the color and sensory quality of Xunhua chili seasoning oil are investigated by single factor test to determine the best processing technology. In order to study the effect of the interaction of single factors on the quality of Xunhua chili seasoning oil more accurately,  $L_9(3^4)$  orthogonal test with four factors and three levels is designed to optimize the processing technology of Xunhua chili seasoning oil. In order to evaluate the quality of Xunhua chili seasoning oil, four kinds of common chili are selected to prepare chili seasoning oil under the optimal conditions, and their quality is compared with that of Xunhua chili seasoning oil, including sensory evaluation, color and electronic nose. The results show that Xunhua chili seasoning oil prepared under the conditions of chili pulverization degree of 40 meshes, oil immersion temperature of 165℃, oil immersion time of 25 min and solid-liquid ratio of 1:8.5 has good color and sensory quality. Compared with other kinds of chili seasoning oils, the aroma of Xunhua chili seasoning oil is stronger, the spiciness is lighter, which is in line with the characteristics of “fragrant but not spicy”.

**Key words:** Xunhua chili; chili seasoning oil; processing technology; quality analysis

辣椒(*Capsicum annuum* L.),别名番椒、海椒、辣子等,是一种一年生或有限多年生草本植物,为木兰纲、茄科、辣椒属植物,其适配性强,普遍栽培于世界各

地,有调味、着色、保存食物的作用,且药用历史悠久<sup>[1]</sup>。“循化线辣椒”原产于青海省循化县,已有上百年的种植历史。因其“油多籽少、香而不辣”的特

收稿日期:2023-10-15

基金项目:昆仑英才·高端创新人才·直接认定培养拔尖(k9923183)

作者简介:魏许召(1998—),男,硕士,研究方向:农产品加工及贮藏工程。

\* 通信作者:刘荟萃(1988—),女,讲师,博士,研究方向:食品营养与健康、农产品加工。

点<sup>[2-3]</sup>,曾分别荣获第二届中国农业博览会金奖和 1994 年郑州全国优质农业产品展销会银奖<sup>[4]</sup>。如今,循化县利用其独特的自然资源优势,大力发展种植线辣椒,线辣椒成为当地的增收“致富椒”<sup>[5-6]</sup>。辣椒调味油辛辣风味独特,是菜肴烹调和食品制作的调味佳品<sup>[7]</sup>。在加工过程中辣椒来源不同、对辣椒口味的要求不同、配料不同等因素直接影响辣椒调味油的品质。董道顺等<sup>[8]</sup>报道辣椒原料的选择和配比、粉碎方法、油炸方法、油温均会影响辣椒调味油的感官品质。张雪春等<sup>[9]</sup>的研究也表明辣椒细度、熬制温度、熬制时间、浸提时间对辣椒调味油的感官品质有影响。

因此,本研究将通过单因素试验和正交试验考察辣椒粉碎程度、油浸温度、油浸时间、料液比对辣椒调味油品质的影响,并得到最佳工艺条件。同时,选择 4 种常见的香味浓郁型辣椒,在最佳加工工艺条件下制成辣椒调味油,与循化辣椒调味油进行对比分析。优化循化辣椒调味油加工工艺不仅可以带动循化县地区特色农产品产业的发展,而且可以凭借其“香而不辣”的特点满足不吃辣人群对辣椒调味油的食用需求。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

循化辣椒:购于西宁市柴杞缘特产食品商贸有限公司;贵州子弹头辣椒、贵州遵义条子椒、贵州灯笼椒、二荆条辣椒、菜籽油、熟白芝麻、食盐、白糖、白醋:均为市售。

### 1.2 主要仪器与设备

FA1004 电子天平 上海上平仪器有限公司;C22-RT22E01 多功能电磁炉 广东美的生活电器制造有限公司;800C 多功能粉碎机 东莞市房太电器有限公司;10,20,30,40,50 目标标准分样筛 九峰筛网厂;ADCI-60-C 全自动测色色差计 北京辰泰克仪器技术有限公司;PEN3 电子鼻 德国 Airsense 公司。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 样品制备

##### 1.3.1.1 工艺流程

干辣椒→粉碎过筛备用;

菜籽油→加入配料熬熟→捞出配料→熬制不同温度→煎制浸提不同时间→加入白醋调味→装罐→自然降温浸提 12 h→评定辣椒调味油的品质。

##### 1.3.1.2 操作要点

粉碎过筛备用:将适量盐、糖、白芝麻与辣椒面搅拌均匀<sup>[10]</sup>。

菜籽油:菜籽油相比调和油提色、增香效果更明显<sup>[11]</sup>。

加入配料熬熟:凉油放入配料(葱、姜、蒜、香叶、桂皮、花椒)。

捞出配料:将配料炸出香味后全部捞出。

加入白醋调味:白醋可提升辣椒调味油的香味和纯度,且可以延长辣椒调味油的保质期,适量加入。

装罐:待辣椒调味油微凉后倒入玻璃罐中,防止炸罐。

#### 1.3.2 单因素试验

以感官评分和色泽为指标,采用单因素试验研究辣椒粉碎程度、油浸温度、油浸时间、料液比<sup>[12-15]</sup>对辣椒调味油品质的影响,试验水平分别选取辣椒粉碎程度 10,20,30,40,50 目;油浸温度 150,160,170,180,190 ℃;油浸时间 10,15,20,25,30 min;料液比 1:5、1:6、1:7、1:8、1:9。对辣椒调味油的加工工艺条件进行初步优化,确定较佳因素试验参数范围,每个处理重复 3 次,结果取平均值。

#### 1.3.3 正交试验

在上述单因素试验的基础上,为综合考虑各单因素对循化辣椒调味油品质的影响,确定各因素的最佳条件,选取辣椒调味油的辣椒粉碎程度、油浸温度、油浸时间、料液比进行正交试验,即构建四因素三水平的 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验确定各单因素的最佳水平。

#### 1.3.4 品质分析

##### 1.3.4.1 感官评定

采用综合评分法,满分以 100 分计,其中色泽 25 分、香味 25 分、辣味 25 分、沉淀情况 25 分。

色泽、香味、沉淀情况的感官评定方法:将 10 g 辣椒调味油倒入 50 mL 烧杯中,水浴加热至 50 ℃左右,用玻璃棒搅拌后,请 10 名评委闻香,观察色泽和沉淀情况<sup>[16]</sup>。

辣味的感官评定方法:将土豆去皮,切成 1~2 mm 细丝,在沸水中烫 2 min 后捞出滤水,取 150 g 土豆丝,加入 20 g 辣椒调味油搅拌均匀后由评委品尝来评价辣味<sup>[17]</sup>。

测试前不能吃辛辣刺激性食物,要求每次品尝后立即漱口,两次品尝间有一定的时间间隔,以评价的平均分作为最终结果,≥91 分为优秀,81~90 分为良好,60~80 分为及格,≤59 分为不及格。

辣椒调味油的感官评定标准见表 1。

表 1 产品感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standards of products

指标	评价标准
色泽(25 分)	色泽红亮、光亮(21~25 分)
	色泽较红亮,无杂色(16~20 分)
	色泽暗淡,有糊斑或杂色(5~15 分)
香味(25 分)	辣香味浓郁、香纯,无焦糊味(21~25 分)
	有辣香味,无焦糊味(16~20 分)
	辣香味不纯,夹杂焦糊味(5~15 分)
辣味(25 分)	辣味适中(21~25 分)
	辣味较小或过大(16~20 分)
	辣味太小或太大(5~15 分)

续 表

指标	评价标准
沉淀情况(25分)	无沉淀(21~25分)
	有少许沉淀(16~20分)
	有大量沉淀(5~15分)

### 1.3.4.2 辣椒调味油色泽的测定

取适量辣椒调味油倒入玻璃皿中,置于色度仪透射室内的透射口处(测定时光线充足,每组的测定条件相同)测定辣椒调味油的亨特颜色数值( $L^*$ 值、 $a^*$ 值、 $b^*$ 值),每个样品测定3次,取平均值为最终测定结果<sup>[18]</sup>。其中 $L^*$ 值(亮度)、 $a^*$ 值(正值表示颜色偏红,负值表示颜色偏绿)和 $b^*$ 值(正值表示颜色偏黄,负值表示颜色偏蓝),以此3项均值表示并比较利用不同工艺要素所得辣椒调味油样品的色泽<sup>[19]</sup>。

### 1.3.5 最终产品品质分析

为了更好地分析循化辣椒调味油的品质,选取二荆条辣椒、贵州遵义条子椒、贵州子弹头辣椒、贵州灯笼椒,均属于特色微辣香味浓郁的辣椒,在同一条件下制成辣椒调味油,与循化辣椒调味油进行对比试验,进行最终产品品质分析<sup>[20]</sup>。

#### 1.3.5.1 感官评定

感官评定方法同 1.3.4.1。

#### 1.3.5.2 色泽的测定

色泽的测定方法同 1.3.4.2。

#### 1.3.5.3 电子鼻测定

使用 PEN3 电子鼻(德国 Airsense 公司)测定辣椒调味油的挥发性成分<sup>[21-22]</sup>。PEN3 电子鼻传感器阵列的性能见表 2,其中包含 10 种金属氧化物半导体(W1C、W5S、W3C、W6S、W5C、W1S、W1W、W2S、W2W、W3S),将 3~5 g 辣椒调味油样品置于 20 mL 顶空管中,于 25 °C 密封,静置 30 min 进行富集。电子鼻的参数设置:传感器自动清洗时间为 240 s,进样流量为 300 mL/min,测试时间为 60 s。每个样品平行测定 5 次。

表 2 电子鼻传感器信息

Table 2 Information of electronic nose sensors

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	对芳香成分敏感
2	W5S	对氮氧化物敏感
3	W3C	对氨水、芳香成分敏感
4	W6S	对氢气敏感
5	W5C	对烷烃芳香成分敏感
6	W1S	对甲烷敏感
7	W1W	对硫化物敏感
8	W2S	对乙醇敏感
9	W2W	对芳香成分、有机硫化物敏感
10	W3S	对烷烃敏感

### 1.3.6 数据处理

本试验数据表示为平均值±标准偏差。试验采用 Excel、WinMuster、Origin 2018 等软件进行数据分析和绘

图,采用 SPSS v20.0 软件进行显著性分析,Tukey-Kramer 方法进行多重比较,折线图和柱状图上的字母表示数值的显著性差异比较,不同小写字母表示  $P \leq 0.05$ ,即在统计学上存在显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果与分析

#### 2.1.1 辣椒粉碎程度对辣椒调味油品质的影响

辣椒粉碎程度对辣椒调味油感官评分和色泽的影响见图 1。

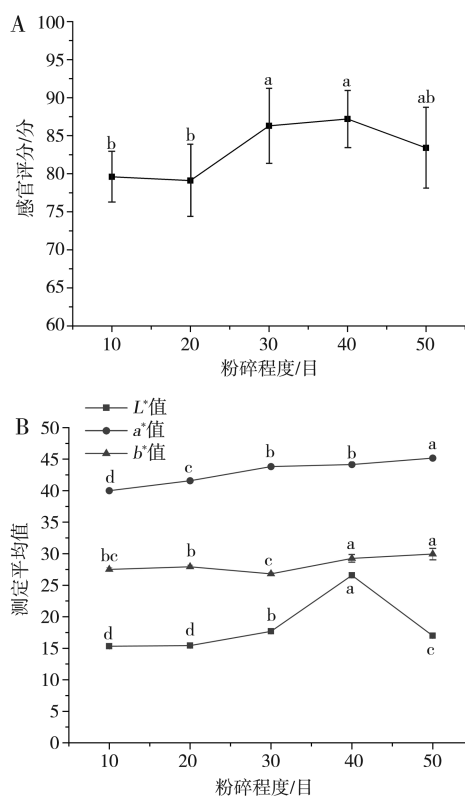


图 1 辣椒粉碎程度对辣椒调味油感官评分(A)和色泽(B)的影响  
Fig. 1 Effect of chili pulverization degree on sensory score (A) and color (B) of chili seasoning oil

由图 1 中 A 可知,随着辣椒粉碎程度的增加,感官评分呈先上升后下降的趋势。在辣椒粉碎程度为 40 目时,辣椒调味油的感官评分最高,为 87.2 分,显著高于 10 目和 20 目时( $P < 0.05$ ),此时辣椒调味油色泽红亮、香味浓郁、辣味适中、澄清透亮。当辣椒粉碎程度小于 40 目时,辣椒调味油香味浓郁,但色泽较暗淡且辣味过小。当辣椒粉碎程度为 50 目时,辣椒调味油的感官评分为 83.4 分,此时辣椒调味油色泽红亮且香味浓郁,但沉淀较多。由图 1 中 B 可知, $L^*$ 值随着粉碎程度的增加先增大后减小,在粉碎程度为 40 目时达到最大,测定平均值为 26.58,显著高于其他粉碎程度的  $L^*$  值( $P < 0.05$ )。 $a^*$  值随着粉碎程度的增加而不断增大,粉碎程度为 30,40,50 目的样品较红亮,且所有样品的红色度均在亮红色范围内( $a^* \geq 20$ )。 $b^*$  值

随着粉碎程度的增加先减小后增大,粉碎程度为 40 目和 50 目时样品的  $b^*$  值较高,分别为 29.26 和 29.95。综合  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值分析得出,辣椒粉碎程度为 40 目时样品的色泽指标最好,色泽澄清红亮。因此,通过感官评价和色泽分析,得出辣椒粉碎程度为 40 目时辣椒调味油的品质最佳。

### 2.1.2 油浸温度对辣椒调味油品质的影响

油浸温度对辣椒调味油感官评分和色泽的影响见图 2。

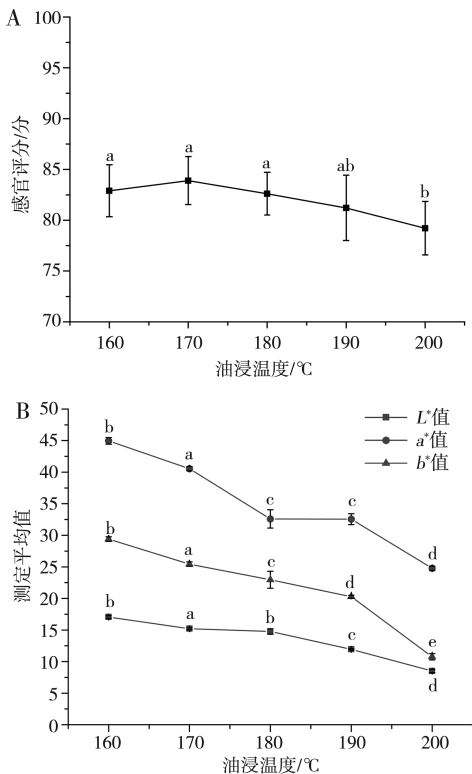


图 2 油浸温度对辣椒调味油感官评分(A)和色泽(B)的影响

Fig. 2 Effect of oil immersion temperature on sensory score (A) and color (B) of chili seasoning oil

由图 2 中 A 可知,随着油浸温度的升高,感官评分呈先增大后减小的趋势。当油浸温度达到 170 °C 时,辣椒调味油的感官评分最高,为 83.9 分,显著高于 200 °C 时( $P < 0.05$ ),此时辣椒调味油色泽红亮、香味浓郁、辣味适中、澄清透亮。当油浸温度高于 170 °C 时,辣椒调味油的焦糊味逐渐明显,香味随之减弱。因此,油浸温度为 170 °C 时感官品质最好,食用品质最佳。由图 2 中 B 可知, $L^*$  值随着油浸温度的升高呈下降的趋势,在油浸温度达到 160 °C 时最大,测定平均值为 17.05,说明 160 °C 时样品的光泽度最好。 $a^*$  值和  $b^*$  值的变化趋势与  $L^*$  值类似,随着油浸温度的升高而减小,在油浸温度达到 160 °C 时最大,测定平均值分别为 44.96 和 29.4,显著高于其他温度下辣椒调味油的  $a^*$  值和  $b^*$  值 ( $P < 0.05$ ),说明 160 °C 时样品鲜艳红亮。从 170 °C 开始样品的整体色泽逐渐变黑变暗,出现这一现象可能是

由于随着温度的升高,辣椒调味油发生的美拉德反应逐渐剧烈,随之生成更多焦黑物质,使得样品变黑变暗。综合  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值分析得出,油浸温度不易过高,在 160 °C 时样品的色泽指标最好,色泽澄清红亮。通过感官评价和色泽分析,得出油浸温度为 160 °C 时辣椒调味油的品质最佳。

### 2.1.3 油浸时间对辣椒调味油品质的影响

油浸时间对辣椒调味油感官评分和色泽的影响见图 3。

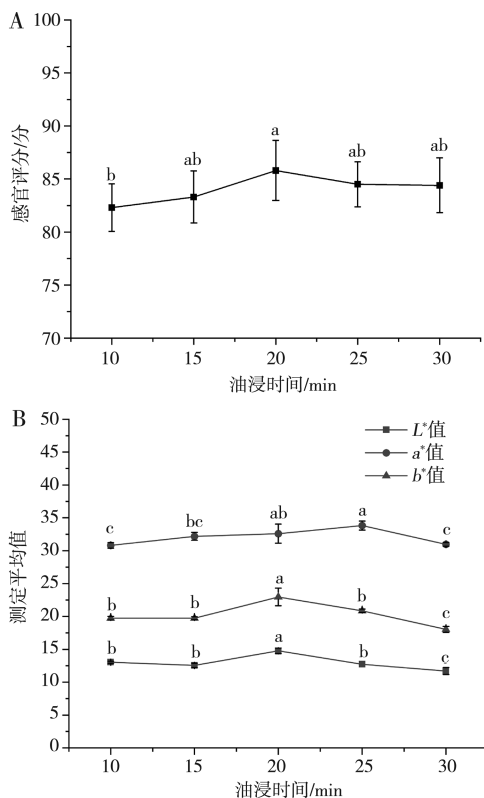


图 3 油浸时间对辣椒调味油感官评分(A)和色泽(B)的影响

Fig. 3 Effect of oil immersion time on sensory score (A) and color (B) of chili seasoning oil

由图 3 中 A 可知,随着油浸时间的增加,感官评分呈先上升后下降的趋势。当油浸时间为 20 min 时,辣椒调味油的感官评分最高,为 85.8 分,此时辣椒调味油色泽红亮、香味浓郁、辣味适中、澄清透亮。当油浸时间少于 20 min 时,辣椒调味油的香味不足;当油浸时间大于 20 min 时,辣椒调味油的沉淀较多。因此,辣椒调味油油浸时间为 20 min 时感官品质最好,食用品质最佳。由图 3 中 B 可知, $L^*$  值随着油浸时间的增加呈先增大后减小的趋势,当油浸时间为 20 min 时  $L^*$  值最大,测定平均值为 14.78,显著高于其他组 ( $P < 0.05$ ),说明 20 min 时样品的光泽度最好。 $a^*$  值和  $b^*$  值的变化趋势与  $L^*$  值类似,随着油浸时间的增加先增大后减小,当油浸时间为 25 min 时  $a^*$  值最大,测定平均值为 33.83,说明 25 min 时样品最鲜红,当油浸时间为 20 min 时  $b^*$  值最大,测定平均值为 22.96。综

合  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值分析得出,油浸时间为 20 min 时样品的色泽指标最好,色泽澄清红亮。通过感官评价和色泽分析,得出油浸时间为 20 min 时辣椒调味油的品质最佳。

#### 2.1.4 料液比对辣椒调味油品质的影响

料液比对辣椒调味油感官评分和色泽的影响见图 4。

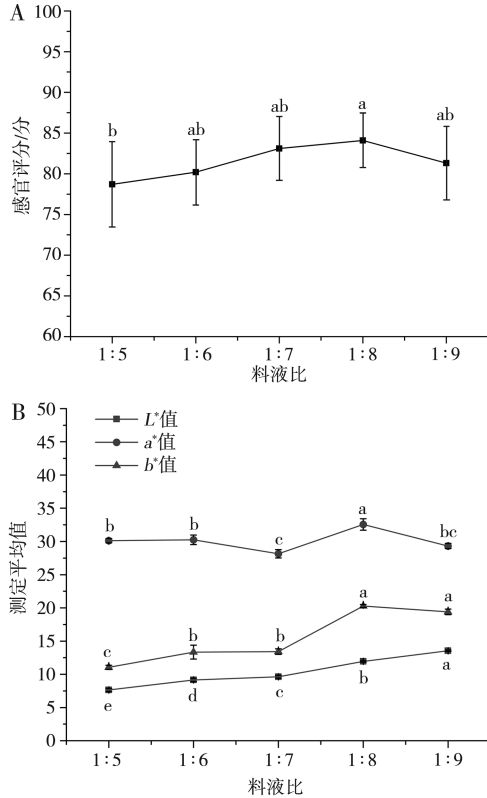


图4 料液比对辣椒调味油感官评分(A)和色泽(B)的影响  
Fig. 4 Effect of solid-liquid ratio on sensory score (A) and color (B) of chili seasoning oil

由图4中A可知,随着料液比的增大,感官评分呈先上升后下降的趋势。当料液比为1:8时,辣椒调味油的感官评分最高,为84.1分,此时辣椒调味油色泽红亮、香味浓郁、辣味适中、澄清透亮。当料液比为1:5和1:6时,辣椒调味油的焦糊味明显,当料液比为1:9时,辣椒调味油的感官评分为81.3分,辣椒调味油的香味和辣味不突出。当料液比为1:7时,辣椒调味油的感官评分为83.1分,与料液比为1:8时接近,但1:8时的稀稠感更佳。由图4中B可知,随着料液比的增大, $L^*$ 值逐渐上升,在料液比为1:9时最大,测定平均值为13.55,说明料液比为1:9时样品的光泽度最好,因为随着油占比的增加,辣椒调味油更加澄清透亮。料液比为1:8时的 $L^*$ 值与其他料液比的 $L^*$ 值差异显著( $P < 0.05$ )。 $a^*$ 值呈先减小后增大再减小的趋势,当料液比为1:8时 $a^*$ 值最大,测定平均值为32.57,说明料液比为1:8时样品最鲜红,并且料液比为1:8时的 $a^*$ 值显著高于其他料液比的 $a^*$ 值( $P < 0.05$ )。 $b^*$ 值的变化趋势与 $L^*$ 值类似,均呈逐渐增大的趋势,

但当料液比为1:9时略有下降,当料液比为1:8时 $b^*$ 值最大,测定平均值为20.28。综合 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值分析得出,当料液比为1:8时样品的色泽指标最好,色泽澄清红亮。因此,通过感官评价和色泽分析,得出料液比为1:8时辣椒调味油的品质最佳。

#### 2.2 正交试验结果与分析

在上述单因素试验的基础上,为综合考虑各单因素对循化辣椒调味油品质的影响,确定各因素的最佳条件,设计四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验优化循化辣椒调味油的加工工艺。正交试验因素水平表见表3,正交试验极差分析结果见表4。

表3 循化辣椒调味油最佳工艺正交试验因素水平表

Table 3 Factors and levels of orthogonal test of the optimal technology of Xunhua chili seasoning oil

水平	因素			
	A 粉碎程度/目	B 油浸温度/°C	C 油浸时间/min	D 料液比
1	30	165	15	1:7.5
2	40	170	20	1:8
3	50	175	25	1:8.5

表4 正交试验极差分析结果表

Table 4 Results of orthogonal test range analysis

试验号	A 粉碎程度	B 油浸温度	C 油浸时间	D 料液比	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值	感官评分/分
1	1	1	1	1	9.51±0.04 <sup>f</sup>	24.34±0.04 <sup>f</sup>	11.34±0.03 <sup>g</sup>	82.60±0.92 <sup>c</sup>
2	1	2	3	2	8.41±0.01 <sup>i</sup>	25.04±0.05 <sup>e</sup>	12.02±0.04 <sup>e</sup>	82.40±0.66 <sup>c</sup>
3	1	3	2	3	8.49±0.02 <sup>h</sup>	26.06±0.01 <sup>c</sup>	12.27±0.03 <sup>d</sup>	83.60±0.80 <sup>d</sup>
4	2	1	3	3	10.60±0.03 <sup>c</sup>	23.87±0.02 <sup>g</sup>	15.47±0.05 <sup>a</sup>	85.70±0.64 <sup>a</sup>
5	2	2	2	1	10.48±0.02 <sup>d</sup>	26.37±0.02 <sup>a</sup>	13.08±0.08 <sup>b</sup>	84.60±0.80 <sup>bc</sup>
6	2	3	1	2	9.33±0.02 <sup>e</sup>	25.69±0.04 <sup>d</sup>	12.45±0.05 <sup>c</sup>	85.30±0.78 <sup>ab</sup>
7	3	1	2	2	10.31±0.02 <sup>e</sup>	23.57±0.03 <sup>h</sup>	12.08±0.03 <sup>e</sup>	84.20±0.87 <sup>cd</sup>
8	3	2	1	3	12.18±0.03 <sup>a</sup>	26.25±0.03 <sup>b</sup>	11.74±0.04 <sup>f</sup>	82.30±0.78 <sup>ef</sup>
9	3	3	3	1	11.12±0.02 <sup>b</sup>	26.28±0.03 <sup>b</sup>	12.20±0.04 <sup>d</sup>	81.40±0.92 <sup>f</sup>
$k_1$	8.80	10.14	10.34	10.37				
$k_2$	10.14	10.36	9.76	9.35				
$k_3$	11.20	9.65	10.04	10.42				
$R_1$	2.4	0.71	0.58	1.07				
$k_1$	25.15	23.93	25.43	25.66				
$k_2$	25.31	25.89	25.33	24.77				
$k_3$	25.37	26.01	25.06	25.39				
$R_2$	0.22	2.08	0.36	0.90				
$k_1$	11.88	12.96	11.84	12.21				
$k_2$	13.67	12.28	12.48	12.18				
$k_3$	12.01	12.31	13.23	13.16				
$R_3$	1.79	0.68	1.39	0.98				

续表

试验号	A 粉碎程度	B 油浸温度	C 油浸时间	D 料液比	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值	感官评分/分
$k_1$	82.89	84.22	83.4	82.89				
感官评分 $k_2$	85.22	83.11	84.07	84				
$k_3$	82.67	83.44	83.13	83.89				
$R_4$	2.56	1.11	1.11	1				

注:同列不同肩标小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

由表 4 可知,  $L^*$  值的极差( $R$ )结果大小顺序为  $R_A > R_D > R_B > R_C$ , 即对循化辣椒调味油的  $L^*$  值影响最大的是粉碎程度, 其次是料液比, 然后是油浸温度, 最后是油浸时间;  $a^*$  值的极差( $R$ )结果大小顺序为  $R_B > R_D > R_C > R_A$ , 即对循化辣椒调味油的  $a^*$  值影响最大的是油浸温度, 其次是料液比, 然后是油浸时间, 最后是粉碎程度;  $b^*$  值的极差( $R$ )结果大小顺序为  $R_A > R_C > R_D > R_B$ , 即对循化辣椒调味油的  $b^*$  值影响最大的是粉碎程度, 其次是油浸时间, 然后是料液比, 最后是油浸温度; 感官评分的极差( $R$ )结果大小顺序为  $R_A > R_B = R_C > R_D$ , 即对循化辣椒调味油的感官评分影响最大的是粉碎程度, 其次是油浸温度和油浸时间, 最后是料液比。

表 5 正交试验方差分析表

Table 5 Variance analysis of orthogonal test

方差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
感官评分						
A	47.444	2	23.722	11.861	0.003	**
B	12.444	2	6.222	3.111	0.094	#
C	16.444	2	8.222	4.111	0.054	#
D	19.444	2	9.722	4.861	0.037	*
误差	18	9	2			
总计	127.458	18				
$L^*$ 值						
A	17.24	2	8.62	36.941.88	0.00	**
B	1.554	2	0.777	3.330.024	0.00	**
C	0.975	2	0.487	2.089.024	0.00	**
D	4.387	2	2.193	9.400.381	0.00	**
误差	0.002	9	0			
总计	1846.225	18				
$a^*$ 值						
A	0.143	2	0.072	189.897	0.00	**
B	16.625	2	8.313	22.004.13	0.00	**
C	0.426	2	0.213	564.015	0.00	**
D	2.523	2	1.262	3.339.456	0.00	**
误差	0.003	9	0			
总计	11.525.155	18				
$b^*$ 值						
A	12.656	2	6.328	24.234.21	0.00	**
B	1.697	2	0.848	3.249.085	0.00	**
C	5.789	2	2.895	11.085.47	0.00	**
D	3.778	2	1.889	7.234.617	0.00	**
误差	0.002	9	0			
总计	2.849.688	18				

注:“\*”表示影响显著( $0.01 < P < 0.05$ ),“\*\*”表示影响极显著( $P < 0.01$ ),“#”表示影响不显著( $P > 0.05$ )。

由表 5 可知,各因素对辣椒调味油的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值都有极显著的影响( $P < 0.01$ );粉碎程度对辣椒调味油感官评分的影响极显著( $P < 0.01$ ),料液比对辣椒调味油感官评分的影响显著( $0.01 < P < 0.05$ ),油浸时间和油浸温度对辣椒调味油感官评分的影响不显著( $P > 0.05$ )。经过分析比较得出,循化辣椒调味油的最优加工工艺为  $A_2B_1C_3D_3$ ,即表 4 中第 4 组试验:粉碎程度为 40 目,油浸温度为 165 °C,油浸时间为 25 min,料液比为 1 : 8.5,而第 4 组试验的感官评分也是最高的。

### 2.3 验证试验结果

根据正交试验结果,在最佳工艺条件下制作循化辣椒调味油。最佳工艺下产品的色泽和感官评分见表 6。

表 6 最佳工艺下产品的各项指标

Table 6 Indexes of products under the optimal process

$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值	感官评分/分
8.26	29.13	10.58	82.00
9.69	27.81	12.26	84.00
8.26	28.97	8.48	83.00
$8.74 \pm 0.67$	$28.64 \pm 0.59$	$10.44 \pm 1.55$	$83.00 \pm 0.82$

由表 6 可知,循化辣椒调味油的感官评分为(83.00 ± 0.82)分,  $L^*$  值为  $8.74 \pm 0.67$ ,  $a^*$  值为  $28.64 \pm 0.59$ ,  $b^*$  值为  $10.44 \pm 1.55$ ,与正交试验设计方案最优工艺组合接近,表明该工艺是辣椒调味油的最佳制作工艺。

### 2.4 辣椒调味油产品品质分析

通过单因素试验和正交试验得出循化辣椒调味油的最佳制作条件:在 165 °C 的初始温度下,按 1 : 8.5 的料液比,将粉碎程度为 40 目的干辣椒油浸 25 min。以此工艺分别制取以二荆条辣椒、贵州遵义条子椒、贵州子弹头辣椒、贵州灯笼椒为原料的辣椒调味油,进行感官评分、色泽和电子鼻测定,与循化辣椒调味油进行对比分析。

#### 2.4.1 不同品种辣椒调味油感官品质的比较

不同品种辣椒调味油感官评分的比较见图 5。

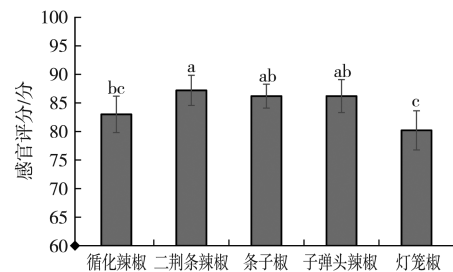


图 5 不同品种辣椒调味油感官评分的比较

Fig. 5 Comparison of the sensory scores of different kinds of chili seasoning oils

由图 5 可知,感官评分从高到低排序为二荆条辣椒 > 条子椒 > 子弹头辣椒 > 循化辣椒 > 灯笼椒。循化辣椒、二荆条辣椒、条子椒、子弹头辣椒调味油均色泽红亮,灯笼椒调味油色泽偏黄;循化辣椒调味油的香味最

浓郁,其他品种偏低,其中灯笼椒调味油的香味最不明显;条子椒的辣味相较于其他品种较辣,二荆条辣椒、子弹头辣椒和灯笼椒调味油的辣味适中,循化辣椒调味油的辣味不明显;5种辣椒调味油的沉淀情况相近。差异性显著分析得出,循化辣椒调味油与二荆条辣椒调味油之间的感官评分差异显著( $P < 0.05$ )。分析得出二荆条辣椒调味油的感官品质最好,评分为87.2分;灯笼椒调味油的感官品质最差,评分为80.2分;循化辣椒调味油的感官品质适中,评分为83分,可能是由于评价者更喜欢辣味更浓的辣椒调味油。

#### 2.4.2 不同品种辣椒调味油色泽的比较

不同品种辣椒调味油色泽的比较见图6。

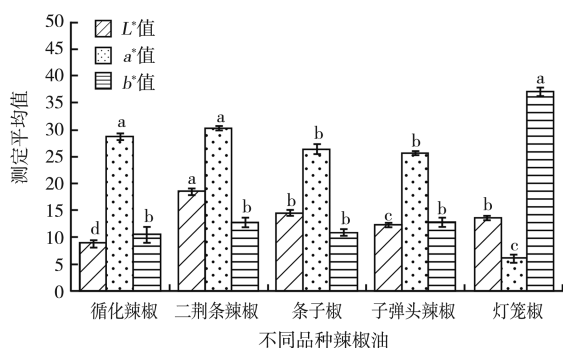


图6 不同品种辣椒调味油色泽的比较

Fig. 6 Comparison of the color of different kinds of chili seasoning oil

由图6可知, $L^*$ 值大小为二荆条辣椒>条子椒>灯笼椒>子弹头辣椒>循化辣椒,二荆条辣椒调味油最红亮,测定平均值为18.36,条子椒、灯笼椒和子弹头辣椒调味油的光泽度相近,循化辣椒调味油呈深红色,相较偏暗,测定平均值为8.74;循化辣椒调味油与其他品种辣椒调味油之间的 $L^*$ 值差异显著( $P < 0.05$ )。 $a^*$ 值大小为二荆条辣椒>循化辣椒>条子椒>子弹头辣椒>灯笼椒,二荆条辣椒和循化辣椒调味油偏红,测定平均值分别为30.14和28.64,这可能是因为其含有丰富的辣椒红素,条子椒和子弹头辣椒调味油的红度相近,测定平均值分别为26.35和25.43,灯笼椒调味油的红度最低,测定平均值为5.82;循化辣椒调味油与条子椒、子弹头辣椒、灯笼椒调味油之间的 $a^*$ 值差异显著( $P < 0.05$ )。 $b^*$ 值大小为灯笼椒>子弹头辣椒>二荆条辣椒>条子椒>循化辣椒,灯笼椒调味油的黄度相较其他品种最明显,测定平均值为36.84,这可能是因为其含有更多的类胡萝卜素,其余4种辣椒调味油的黄度相近;差异性显著分析得出,循化辣椒调味油与灯笼椒调味油之间的 $b^*$ 值差异显著( $P < 0.05$ )。综合 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值分析得出,二荆条辣椒调味油的色泽指标最好,其次为循化辣椒调味油,可能是由于循化辣椒所含的辣椒红素和类胡萝卜素含量比二荆条辣椒的低。

#### 2.4.3 不同品种辣椒调味油的电子鼻分析

不同品种辣椒调味油的电子鼻分析结果见图7。

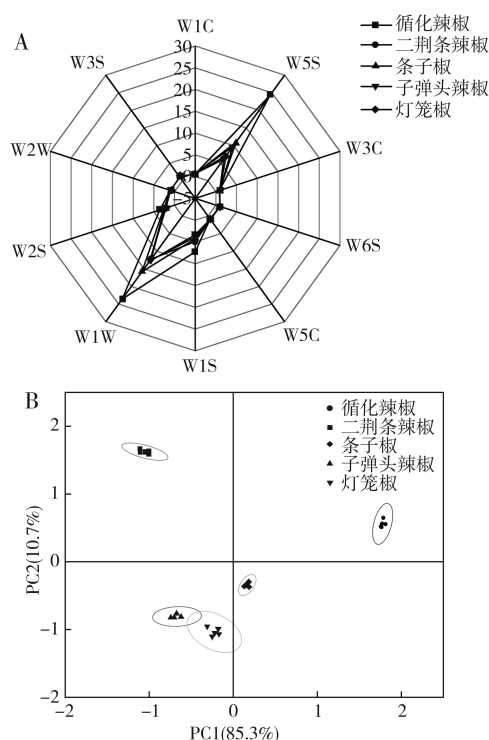


图7 不同品种辣椒调味油电子鼻传感器响应值雷达图(A)与香气主成分分析结果(B)

Fig. 7 Radar map of response values of electronic nose sensors (A) and aroma principal component analysis results (B) of different kinds of chili seasoning oils

由图7中A可知,W1W和W5S传感器的响应值在不同品种辣椒调味油间差异较大,其余8个传感器的响应值差异较小,说明W1W(硫化物)和W5S(氮氧化物)传感器对试验中5个品种的辣椒调味油顶空气体信号响应较敏感,是区分不同品种辣椒调味油的主要传感器。本试验基于上述电子鼻各传感器对不同品种辣椒调味油香气的差异性分析,使用主成分分析(PCA)对不同品种辣椒调味油香气的差异进行分析(见图7中B)。结果显示主成分分析的信息主要集中在前2个主成分,第一主成分的方差贡献率为85.3%,第二主成分的方差贡献率为10.7%,累计贡献率为96%,第一主成分的方差贡献率高,说明其包含的主要信息多,因此不同品种辣椒调味油在X轴上的距离越大,其差异越大。由图7中B可知,子弹头辣椒和灯笼椒在X轴和Y轴上的距离近,两种辣椒之间差异不明显;而二荆条辣椒、循化辣椒、条子椒这3个品种的分布分散,差异明显。由此可知,经电子鼻主成分分析能够较明显地区别不同品种辣椒调味油的差异。

### 3 结论

通过单因素试验和正交试验优化,确定循化辣椒调味油的最佳加工工艺和配方:辣椒粉碎程度为40目,油浸温度为165℃,油浸时间为25min,料液比为1:8.5。在最佳加工工艺下,对比了循化辣椒调味油与其他4个品

种辣椒调味油,得出循化辣椒调味油产品色泽红亮,挥发性物质与其他品种辣椒调味油有显著差异,香味浓郁。

参考文献:

[1] GARCÍA-GAYTÁN V, GÓMEZ-MERINO F C, TREJO-TÉLLEZ L I, et al. The Chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: description of the variety, its cultivation, and uses[J]. International Journal of Agronomy, 2017(5): 1-13.  
[2] 高翔. 辣椒的保健功能及其产品的开发研究[J]. 中国调味品, 2004(3): 115-116.  
[3] 绽自珍. 循化线辣椒菟丝子发生特点及防治对策[J]. 青海农林科技, 2018(4): 111-112.  
[4] 段广发, 韩维国. 循化县线辣椒生产现状存在问题及对策[J]. 青海农林科技, 2001(1): 50-56.  
[5] 张效科. 青海省循化县特色农产品营销创新探析——以线辣椒为例[J]. 现代经济信息, 2013(24): 482-484.  
[6] 马海秀. 青海省循化县线辣椒病虫害绿色防控技术[J]. 农业工程, 2018, 8(11): 124-126.  
[7] 蒋立文, 王燕. 辣椒调味油的制作及其影响因素[J]. 中国调味品, 2004(8): 31-33.  
[8] 董道顺, 谷绒. 辣椒油制作最佳工艺条件研究[J]. 农产品加工, 2014(11): 40-42, 45.  
[9] 张雪春, 项晓月, 胡明明, 等. 棕榈油基风味辣椒调味油的生产工艺优化[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 291-297.  
[10] 姜敏. 辣椒调味油炒制工艺优化[D]. 临汾: 山西师范大学, 2019.  
[11] 冯勇. 辣椒调味油制作规范和运用探讨[J]. 中国调味品, 2016, 41(3): 114-117.  
[12] 周玉东. 辣椒调味油制作中油的选择与工艺参数的试验研究[J]. 粮食与食品工业, 2009, 16(5): 17-19.

[13] 叶梦宇, 王嘉昊, 徐怀德, 等. 油温对辣椒调味油品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(1): 124-127, 132.  
[14] LI H, LIU J M, WANG Z Z, et al. Process optimization of chili flavor beef tallow and analysis of its volatile compounds by GC-IMS[J]. International Journal of Food Engineering, 2021, 17(7): 507-516.  
[15] 李东, 何新益, 李云, 等. 辣椒风味牛油加工工艺优化及挥发性物质分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 149-154, 214.  
[16] 李昌文. 辣椒调味油的加工工艺研究[J]. 中国调味品, 2007(11): 53-54.  
[17] 陈吉江, 孟祥永, 孙承国, 等. 混合原料制取辣椒调味油工艺研究及挥发性成分分析[J]. 农产品加工, 2021(14): 45-52.  
[18] 吴晓伟, 郭爱平, 寒冰霜, 等. 色度仪在蔬菜手工面色泽评价体系中的运用探究[J]. 扬州大学烹饪学报, 2013, 30(4): 17-21.  
[19] 邢玉晓, 刘方菁, 丁涌波, 等. 石柱主栽朝天红辣椒腌制加工适应性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 113-121.  
[20] 张洪新, 刘辉, 陈光静, 等. 不同品种辣椒油制品的品质研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(5): 190-198.  
[21] LIU R J, QI N, SUN J, et al. Effects of frying conditions on volatile composition and odor characteristics of fried pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) oil[J]. Foods, 2022, 11(11): 1661.  
[22] NIU W J, TIAN H L, ZHAN P. The effects of pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) from different production areas on the volatile flavor compounds of fried pepper oils based on HS-SPME-GC-MS and multivariate statistical method[J]. Molecules, 2022, 27(22): 7760.

(上接第 70 页)

醇类化合物如 3-甲基丁醇、正丁醇、2-甲基丙醇、庚醇等和其他物质中的四甲基吡嗪, 这些物质是肉类加热时常见的香味物质, 对花椒鱼片的香气贡献较大。青花椒的特征性风味物质如烯类物质也有检测到。不同样品风味物质中醇类、酯类、酮类和其他物质差异不显著( $P > 0.05$ ), 云南昭通和四川汉源样品组中醛类、酸类物质和另外 3 个样品组差异显著( $P < 0.05$ ), 重庆江津样品组中烯类物质和其他 4 个样品组差异显著( $P < 0.05$ )。电子舌能够有效评价不同花椒鱼片的滋味差异, 重庆江津样品组与其他 4 个样品组的滋味差异较大, 四川金阳和四川汉源样品组的滋味较接近。综上所述, 从花椒鱼片的麻味考虑, 可选择重庆江津青花椒作为烹饪原料; 从花椒鱼片的色泽和香味考虑, 可选择四川金阳和四川汉源的青花椒作为烹饪原料。

参考文献:

[1] 陈红林. 不同品种花椒叶黄酮组分变化研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2019.  
[2] JI Y, LI S, HO C T. Chemical composition, sensory properties and application of Sichuan pepper (*Zanthoxylum genus*) [J]. Food Science and Human Wellness, 2019, 8(2): 115-125.  
[3] SUN X X, ZHANG D, ZHAO L, et al. Antagonistic interaction of phenols and alkaloids in Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) pericarp[J]. Industrial Crops and Products, 2020, 152(1): 112551.  
[4] 李玄. 花椒果皮黄酮多酚类物质提取及抗氧化抑菌活性研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.  
[5] 杨成峻, 陈明舜, 刘成梅, 等. 花椒果皮多酚类成分鉴定及降血糖活性[J]. 食品科学, 2023, 44(2): 271-278.

[6] 谢士娟. 青花椒挥发油的成分分析及品种亲缘关系的鉴定[D]. 成都: 西华大学, 2014.  
[7] 石雪萍, 张卫明. 红花椒和青花椒的挥发性化学成分比较研究[J]. 中国调味品, 2010, 35(2): 102-105, 112.  
[8] 课净璇, 瞿媛, 黎杉珊, 等. 基于 GC-MS 建立花椒挥发油指纹图谱及在汉源红花椒鉴定中的应用[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(11): 116-126.  
[9] 杨静, 赵锦, 史波林, 等. 青花椒香气快速气相电子鼻响应特征及 GC-MS 物质基础分析[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 69-74.  
[10] 蒲凤琳. 不同产地花椒风味分析及其特征香气指纹图谱的构建[D]. 成都: 西华大学, 2017.  
[11] 余晓琴, 郑显义, 阚建全, 等. 红花椒和青花椒主要品质特征指标值的评价[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 45-48.  
[12] 袁小钧, 钟世荣, 易宇文, 等. 花椒水煮过程麻味变化评价研究[J]. 食品科技, 2020, 45(3): 285-290.  
[13] 华玲, 曾海燕, 曾小婷, 等. 宰后成熟对鹅肉松成品质感和风味的影响[J]. 食品科技, 2023, 48(1): 120-127.  
[14] 吉克约布, 黄仲磊, 崔子怡, 等. 基于智能感官和 GC-MS 评价花椒芽对香菇酱风味的影响[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(6): 289-300.  
[15] 赵容, 张萌萌, 陈茜, 等. 基于 DPPH、ABTS 法的竹叶花椒抗氧化谱效关系研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(5): 7-12.  
[16] 戚贺亭, 潘兆平, 李想, 等. 金盆柚不同成熟度对湘柑茶品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(16): 103-116.  
[17] CAI L, LI D, DONG Z, et al. Change regularity of the characteristics of Maillard reaction products derived from xylose and Chinese shrimp waste hydrolysates[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65: 908-916.  
[18] 王素霞. 花椒酰胺电子舌响应规律及其应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.