

盐渍辣椒汁成分分析与干椒复水制备辣椒酱工艺优化

聂紫玉¹ 陈莉¹ 周探春² 赵玲艳^{1*}

(1.湖南农业大学 食品科学技术学院 湖南 长沙 410128 2.长沙市食品药品检验所 湖南 长沙 410036)

摘要 剁椒盐渍保藏过程中产生约15%的盐渍辣椒汁,该研究将干辣椒与其混合制备辣椒酱,通过气质联用(GC-MS)法分析辣椒酱的挥发性成分,并采用单因素和正交试验优化干红椒与盐渍辣椒汁制备辣椒酱的复水条件。结果表明,盐渍辣椒汁适宜的干红椒品种为天鹰椒,最佳复水条件为:干红椒与盐渍辣椒汁质量比为1:4,复水温度30℃,复水时间5 d。在此优化条件下,色彩饱和度37.23,干红椒复水比3.24,综合加权评分为13.44。干红椒与盐渍辣椒汁制得的辣椒酱检测出23种挥发性成分,其中酸类化合物有6种、醛类7种、酯类3种、醇类2种、烯炔类2种、酮类2种及其他类1种,感官评分为20.2分。该辣椒酱品质优良,具有一定市场开发价值。

关键词 盐渍辣椒汁;干红椒;复水工艺;辣椒酱;品质

中图分类号:TS255.3

文章编号:0254-5071(2021)09-0063-07

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2021.09.012

引文格式:聂紫玉,陈莉,周探春,等.盐渍辣椒汁成分分析与干椒复水制备辣椒酱工艺优化[J].中国酿造,2021,40(9):63-69.

Composition of pickled pepper juice and process optimization of pepper paste prepared by rehydrating dried pepper

NIE Ziyu¹, CHEN Li¹, ZHOU Tanchun², ZHAO Lingyan^{1*}

(1.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2.Changsha Institute for Food and Drug Control, Changsha, 410036, China)

Abstract About 15% of pickled pepper juice was produced during the salt preservation of chopped peppers, which were mixed with dry peppers to make pepper sauce in this experiment. The volatile components of pepper sauce were analyzed by GC-MS method, and the rehydration conditions of pepper sauce prepared by dry red pepper and pickled pepper juice were optimized by single factor and orthogonal tests. The results showed that the suitable dry red pepper variety for pickled pepper juice was Tianying pepper, and the optimal rehydration conditions were obtained as follows: mass ratio of dry red pepper and pickled pepper juice 1:4, rehydration temperature 30℃, and rehydration time 5 d. Under these optimal conditions, the color saturation was 37.23, the dry red pepper rehydration ratio was 3.24, and the comprehensive weighted score was 13.44. A total of 23 kinds of volatile components of pepper sauce prepared by dry red pepper and pickled pepper juice were detected, including 6 acids, 7 aldehydes, 3 esters, 2 alcohols, 2 olefins, 2 ketones and 1 other, and the sensory scores were 20.2 points. The pepper sauce with good quality had certain market development value.

Key words pickled pepper juice; dry red pepper; rehydration process; pepper sauce; quality

辣椒(*Capsicum frutescence* L.)是我国重要的蔬菜作物,以鲜食为主。剁辣椒是湖南的一种特色食品,倍受消费者的青睐。剁辣椒在工业生产过程中会产生约15%的盐渍辣椒汁。据统计,全国每年生产盐渍辣椒约500万t,由此推断,产生盐渍辣椒汁液近75万t^[1-4],但生产中直接将盐渍辣椒汁做成产品销售的企业却不多^[5],多数以废液的形式排放,造成了资源浪费及环境污染。因此,开展盐渍辣椒汁利用的研究十分必要。为利用好盐渍辣椒汁,卢星军^[5]研制了一种风味辣椒汁,并对风味辣椒汁的生产车间布局和生产设备选型进行合理规划;唐鑫^[6]以盐渍辣椒汁为原料研制出了一种新型的混合调味腌菜;唐鑫等^[7-8]以盐渍辣椒汁作

为主料,优化了植物乳杆菌的发酵条件;杜卫华等^[9]以陈年辣椒汁为发酵剂,通过单因素初选和正交试验优化了泡菜的发酵条件;陈怡等^[10]以腌渍辣椒水作为发酵剂,研究了发酵干辣椒的微生物筛选;王万程等^[11]则优化了红辣椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺。由于研究中盐渍辣椒汁的使用量有限,目前仍存在大量盐渍辣椒汁浪费的现象,因此亟需开发出可利用盐渍辣椒汁的应用型研究工艺。

本研究运用理化分析及高效液谱分析法对盐渍辣椒汁的主要成分进行了分析,以确定其利用价值,对干红辣椒品种进行筛选,并采用单因素及正交试验优化干红椒吸收盐渍辣椒汁的复水工艺条件,并对复水干红椒制备辣椒

收稿日期 2021-03-30

修回日期 2021-06-03

基金项目:国家特色蔬菜产业技术体系发酵加工岗位科学家(CARS-24-E-02);国家自然科学基金项目(31401675);湖南省科技计划项目(2016NK2110);湖南农业大学“双一流”建设项目(SYL201802006);湖南省自然科学基金项目(2019JJ50261);湖南省企业科技创新团队支持计划项目(湘科人[2018]19号)

作者简介:聂紫玉(1997-),女,硕士研究生,研究方向为食品微生物。

*通讯作者:赵玲艳(1979-),女,副教授,博士,研究方向为食品微生物。

酱的品质进行感官评价,旨在为盐渍辣椒汁的利用提供技术支持,以期 为盐渍辣椒汁的工业化生产提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

3种干红椒(品种分别为天鹰椒、新一代椒、印度椒)、大蒜、生姜、白砂糖、辣椒酱样品1、辣椒酱样品2、市售盐渍辣椒汁 湖南坛坛香食品科技有限公司。

甲苯、甲醛、氢氧化钠、酚酞、乙醇、邻苯二甲酸氢钾、亚铁氰化钾、乙酸、甲醇、乙酰丙酮、乙酸钠、盐酸、硫酸铜、亚甲蓝、酒石酸钾钠、氢氧化钠、乙酸锌、冰乙酸、乙腈(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

WGL-230B型电热恒温鼓风干燥箱、SX-4-10型箱式电 阻炉控制箱 天津市泰斯特仪器有限公司;7×7 CER HOT/STIR固相微萃取装置 美国TALBOYS公司;SFY-6C蒸馏式水分测定仪 深圳冠亚水分仪科技有限公司;JYL-C91T食 品料理机 九阳股份有限责任公司;AUY220型分析天平、QP2010气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spec- trometry,GC-MS)仪 日本岛津公司;WSC-Y型全自动测色 色差计 北京光学仪器厂;MQ325手持式搅拌机 德国博 朗公司;NDJ-9S数显黏度计 上海精密科学仪器有限公司; PYX-150S-B型生化培养箱 江苏天翎仪器有限公司;FSH- 2A可调高速匀浆机 上海那艾精密仪器有限公司;1260In- finityII高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)仪 安捷伦科技(中国)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 复水干红椒品种选择^[12-13]

三个品种的干红椒清洗沥干水,60℃烘干7 h后进行 复水试验,以色泽和复水比为考察指标,筛选适宜的干红 椒品种。

1.3.2 干红椒及盐渍辣椒汁制备辣椒酱的工艺流程及操作 要点

干红椒→清洗→干燥→复水→添加8%大蒜、4%生姜和12% 白砂糖→打浆→发酵15 d→均质→杀菌→冷却→辣椒酱

操作要点:干椒清水洗净去蒂后滤水,于60℃鼓风干 燥箱干燥8 h取出,降温后切成1 cm左右辣椒段,与盐渍辣 椒汁按照质量比1:4混匀,30℃条件下复水5 d。打浆时使用 手持式搅拌机混合均匀,使用可调高速匀浆机20 000 r/min 均质4 min,调味辣酱均质后装瓶密封在80℃水浴锅中20 min 进行杀菌,得到辣椒酱成品。

1.3.3 干红椒与盐渍辣椒汁制备辣椒酱复水工艺优化

(1)单因素试验^[14]

将干红椒切成1 cm的小片,研究干红椒和盐渍辣椒汁 的质量比(1:1、1:2、1:3、1:4、1:5)、复水时间(1 d、2 d、3 d、4 d、 5 d)、复水温度(15℃、20℃、25℃、30℃、35℃)对干红椒复 水效果的影响,每组取干红椒200 g,处理后测定干红椒的

复水比,重复3次。

(2)正交试验^[15-17]

在单因素试验基础上,以干红椒复水比和复水辣椒色 彩饱和度加权评分为考察指标,干红椒与盐渍辣椒汁质量 比(A)、复水温度(B)及复水时间(C)为试验影响因素,按 照L₉(3³)正交试验设计^[18],确定其最佳复水工艺条件,正交 试验的因素与水平见表1。

表1 复水工艺优化正交试验因素与水平
Table 1 Factors and levels of orthogonal experiments for rehydration process optimization

水平	A 干红椒与盐渍辣椒汁质量比	B 复水温度/℃	C 复水时间/d
1	1:3	25	3
2	1:4	30	4
3	1:5	35	5

1.3.4 分析检测

总酸及pH值的测定按照国标GB/T 12456—2008《食品 中总酸的测定》;氨基酸态氮的测定按照国标GB 5009.235— 2016《食品中氨基酸态氮的测定》;总糖的测定按照国标 GB 5009.8—2016《食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖 的测定》;还原糖的测定按照国标GB/T 5009.7—2008《食 品中还原糖的测定》;蛋白质的测定按照国标GB 5009.5— 2016《食品中蛋白质的测定》;氯化钠的测定按照国标GB 5009.44—2016《食品中氯化物的测定》;干红椒水分含量 测定按照国标GB/T 12729.6—2008《香辛料和调味品水分 含量的测定(蒸馏法)》测定;辣椒素类物质及辣度的测定 按照GB/T 21266—2007《辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质 测定及辣度表示方法》;干辣椒色值的测定:采用WSC-Y 型全自动测色色差计,分别测定3种干红椒样品色度中的 明亮值(L*值)、红绿值(a*值)、黄蓝值(b*值),计算干红椒 色泽比(h)(当其为正数时,h值越大,红色越深;当其为负 数时,h值越小,绿色越深^[19])及色彩饱和度(C)^[20-21],其计算 公式如下:

$$h=\frac{a}{b};C=\sqrt{a^2+b^2}$$

干红椒复水比测定^[22] 3种干红椒样品各取200 g,切成 1 cm左右的椒段后,与1 500 mL自来水混合,复水4 d后滤 干,记录干椒滤水后的质量,直至恒定(再次称量时间间隔 为5 min,两次称质量误差小于0.1 g),计算复水比(R_复),其 计算公式如下:

$$R_{复}=\frac{m_{复}}{m_{干}}$$

式中:m_复为干红椒样品复水沥干后质量,g;m_干为干红椒样 品质量,g。

辣椒色素含量的测定 取150 g辣椒废液于恒质量后的 烧杯中,然后置于50℃干燥至水分含量微小(烘干前后质 量变化不大)时称其质量,在烘干的样品中加料液比为1:8

(g/mL)的丙酮溶剂进行超声提取,提取温度为30℃,提取时间为35 min,提取后进行过滤,滤液中加一定量无水硫酸钠静置30 min后过滤,将滤液旋转蒸发浓缩后,干燥至质量恒定。辣椒色素的提取率计算公式如下:

$$\text{辣椒色素的提取率} = \frac{\text{辣椒色素质量}}{\text{辣椒废液质量}} \times 100\%$$

采用HPLC法对辣椒素含量进行测定^[23],其计算公式如下:

$$W_a = \frac{C_1 \times V}{1000 \times m}; W_b = \frac{C_2 \times V}{1000 \times m}; W = \frac{W_a + W_b}{0.9}$$

式中: W_a 为试样中辣椒素含量, g/kg; W_b 为试样中二氢辣椒素含量, g/kg; C_1 为标准曲线上查到辣椒素含量, $\mu\text{g/mL}$; C_2 为标准曲线上查到二氢辣椒素含量, $\mu\text{g/mL}$; V 为样品定容体积, mL; m 为样品质量, g; W 为试样中辣椒素类物质总含量, g/kg。

1.3.5 辣椒酱挥发性成分的测定

辣椒酱挥发性成分的测定采用GC-MS法。首先固相萃取头(30 mm×0.25 mm×0.25 μm)在气相色谱进样口温度为270℃条件下老化30 min,备用。辣椒酱样品200 g加入顶空瓶中,60℃下恒温预热10 min后插入已老化的萃取头中,推出纤维头,放置在样品上,高度保持在1.5 cm,60℃下顶空吸附30 min,搅拌速度900 r/min。随后将萃取头插入气相色谱仪进样处,于250℃下解吸5 min。拔出萃取头时将纤维

头抽出,同时启动仪器采集数据。

气相色谱条件: Rtx-5MS毛细管柱色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),进样口温度250℃;载气为高纯氦气(He)(纯度≥99.99%),流速为1.0 mL/min;不分流进样,程序升温,柱温50℃,保持1 min,以8℃/min的速度升温至290℃,保持2 min。

质谱条件:离子源温度为200℃,接口温度220℃,灯丝电流150 μA ,电离方式为电子电离(electron ionization, EI)源,电子能量70 eV,扫描模式为全扫描,扫描范围:45~500 m/z。

定性定量分析方法:用美国国家标准技术研究所(national institute of standards and technology, NIST)谱库08和Wiley数据库对检测出的挥发性成分进行检索,并用人工谱图解析,峰值结合保留时间等参数进行确认和分析。本试验中,光谱库中相似度<80的组分未被识别^[24]。采用峰面积归一化法对辣椒酱中挥发性风味成分的相对含量进行定量。

1.3.6 辣椒酱感官评价^[6]

取干红椒与盐渍辣椒汁制备的辣椒酱样品及市售两种品牌辣椒酱,随机编号。选取10名专业人员组成感官评价小组,按照香气(5分)、色泽(5分)、整体外观(5分)、滋味口感(5分)、可接受性(5分),满分为25分,结果取平均值,辣椒酱感官评分标准见表2。

表2 辣椒酱感官评分标准
Table 2 Sensory evaluation standards of pepper sauce

可接受性	整体色泽	整体外观	滋味口感	香气	分值
非常好,喜欢该产品	鲜红有光泽	酱体均匀,粘稠度适中,无杂物,无大颗粒	滋味浓郁,辣味突出,口感协调,无不良异味	香气浓郁,辣味与配料味和谐,无不良气味	5
较好,可接受该产品	深红有光泽	酱体均匀,粘稠度适中,无杂物,有少许配料颗粒	滋味较好,咸辣较和谐,辣味突出,无不良异味	香气较浓,辣味与配料味较和谐,无不良气味	4
一般,勉强接受该产品	红褐色有光泽	酱体均匀,稍稠或稍稀,无杂物,有配料颗粒	滋味一般,稍咸或稍辣,无不良异味	香气一般,辣味稍重或配料味稍重,无不良气味	3
较差,不易接受该产品	褐色无光泽	酱体不均,过稠或过稀,无杂物,有配料颗粒	滋味较差,过咸或过辣,无不良异味	香气较差,辣味过重或配料味过重,无不良气味	2
非常差,不能接受该产品	黑褐色无光泽	酱体不均,过稠或过稀,有杂物,有配料颗粒	滋味差,过咸或过辣,有异味	香气差,有不良气味	1

1.3.7 数据处理

每个样品测定均重复3次,试验数据以“平均值±标准差”表示,以IBM SPSS Statistics 22.0及Origin 2018 64Bit对数据进行处理及作图。

2 结果与分析

2.1 盐渍辣椒汁的基本成分分析

2.1.1 盐渍辣椒汁的理化指标

由表3可知,每100 mL盐渍辣椒汁中,含氯化钠(20.32±2.368) g、氨基酸态氮(0.10±0.011) g、总酸(0.26±0.020) g、总糖(3.60±0.201) g、还原糖(3.27±0.211) g、蛋白质(0.68±0.198) g、pH 3.99±0.091。结果表明,盐渍辣椒汁含有蛋白质、氨基酸、氯化钠、氨基酸态氮、总糖、总酸、辣椒素和辣

色素等营养成分,具有一定的利用价值,对盐渍辣椒汁进行综合利用,不仅避免资源浪费,还可减轻环境污染。

表3 盐渍辣椒汁理化指标的测定结果
Table 3 Determination results of physicochemical indexes of pickled pepper juice

检测指标	测定值
氯化钠/(g·100 mL ⁻¹)	20.32±2.368
氨基酸态氮/(g·100 mL ⁻¹)	0.10±0.011
总酸/(g·100 mL ⁻¹)	0.26±0.020
pH值	3.99±0.091
总糖/(g·100 mL ⁻¹)	3.60±0.201
还原糖/(g·100 mL ⁻¹)	3.27±0.211
蛋白质/(g·100 mL ⁻¹)	0.68±0.198

2.1.2 盐渍辣椒汁中辣椒素含量分析

辣椒素和二氢辣椒素标样及辣椒汁样品HPLC检测图谱见图1。

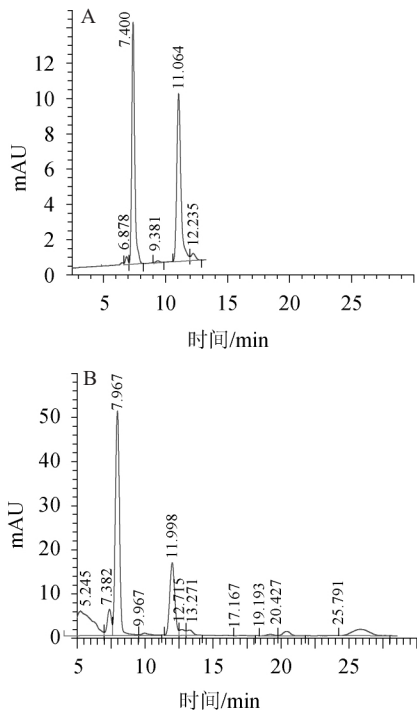


图1 辣椒素和二氢辣椒素标样(A)及辣椒汁样品(B)高效液相色谱分析
Fig. 1 High performance liquid chromatography analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin standards (A) and pepper juice samples (B)

由于辣椒素和二氢辣椒素两种物质的含量占辣椒素类物质总量的90% ,是影响辣度的最主要成分 ,并且辣椒中其他辣椒素类物质含量较少 ,约10% ,因此 ,现在计算样品中辣椒素类物质总量按照辣椒素与二氢辣椒素的含量之和除以0.9得出。经计算得发酵辣椒副产物—辣椒汁中辣椒素 W_6 含量为0.003 09% ,二氢辣椒素 W_6 含量为0.001 03% ,总辣椒素类物质含量为0.004 6%。

2.2 干红椒品种选择

2.2.1 干红椒复水前后色度值

表4 复水前后干红椒色度值						
Table 4 Colorimetric values of dry red pepper before and after rehydration						
品种	复水前			复水后		
	a*值	b*值	L*值	a*值	b*值	L*值
天鹰椒	27.44±0.27	6.24±0.28	23.91±14.16	37.94±1.16	5.80±0.49	41.45±1.14
新一代椒	29.60±0.73	8.51±0.22	36.32±0.54	30.62±0.60	11.80±0.44	41.92±0.76
印度椒	38.59±0.61	18.39±0.82	40.95±0.96	59.97±0	19.51±0	50.73±0

由表4可知 ,复水前3种干红椒的色泽比由高到低依次为 天鹰椒(4.40)>新一代椒(3.48)>印度椒(2.10) ,不同干

椒品种色泽值泽比差异显著($P<0.05$)。复水后天鹰椒、印度椒、新一代椒的色泽比分别为6.54、3.07、2.60。新一代椒的色泽比(h)比复水前有所降低 ,这可能是因为复水后新一代辣椒的 b^* 值增加 ,颜色更蓝更深。可能因为天鹰椒与印度椒复水后的 a^* 值相对较高 ,颜色更红 ,复水后色泽比相对提高^[25]。3个品种的色泽值(h)之间均差异显著($P<0.05$)。故供试的3个干红椒品种中 ,天鹰椒复水后的色泽比最高。

2.2.2 干红椒复水比

经测定 ,复水比最高的是天鹰椒 ,为3.18 ,新一代椒复水比为2.84 ,印度椒复水比为2.67。三个辣椒品种的复水比之间均存在显著性差异($P<0.05$) ,天鹰椒的复水最佳比。综合色泽比和复水比 ,故选择天鹰辣椒品种进行后续试验。

2.3 干红椒与盐渍辣椒汁制备辣椒酱复水工艺优化

2.3.1 单因素试验

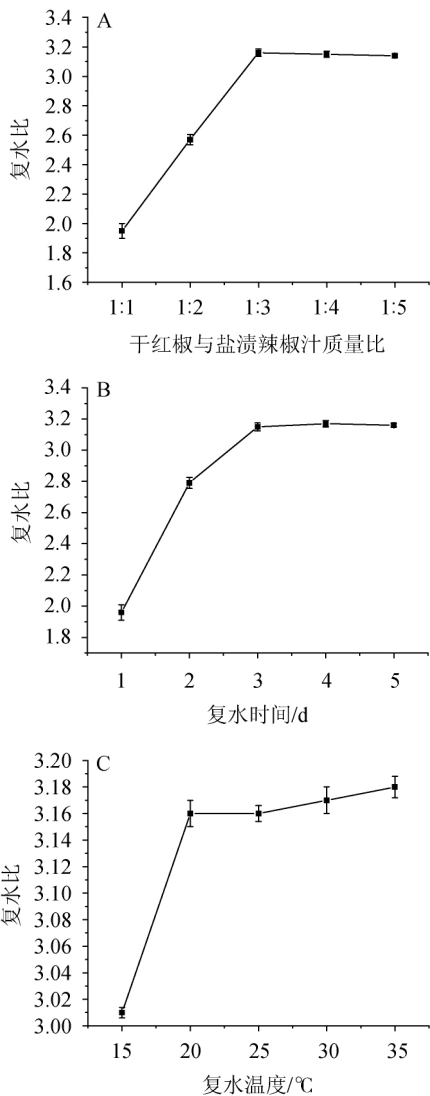


图2 干红椒与盐渍辣椒汁质量比(A)、复水时间(B)及复水温度(C)对复水比的影响
Fig. 2 Effect of dry red pepper and pickled pepper juice mass ratio (A), rehydration time (B) and temperature (C) on rehydration ratio

以干天鹰椒为材料,研究了干红椒与盐渍辣椒汁质量比、复水时间和复水温度对干红椒复水的影响,结果见图2。

由图2A可知,当干红椒与盐渍辣椒汁的质量比为1:1~1:3时,干红椒的复水比显著上升($P<0.05$)。因盐渍辣椒汁所添加的比例过少,干红辣椒的复水未完全,所以该条件下干红辣椒的复水率随料液比的增加迅速增加;当干红椒与盐渍辣椒汁的质量比为1:3,干红椒复水比较高,为3.14;当干红椒与盐渍辣椒汁的质量比为1:3~1:5时,复水比趋于稳定,无显著性差异($P>0.05$)。因此,选择最佳干红椒与盐渍辣椒汁的质量比为1:3。

由图2B可知,当复水时间为1~3 d时,干红椒复水比迅速升高($P<0.05$);当复水时间为4 d时,复水比最高为3.17;当复水时间为3~5 d时,复水比几乎无差异($P>0.05$)。因此,选择最佳复水时间为4 d。

由图2C可知,当复水温度为15~20℃时,复水比随着复水温度升高上升显著($P<0.05$);当复水温度为35℃时,复水比达到最高,为3.18;当复水温度为20~35℃时,复水比趋于平衡($P>0.05$)。因此,选择最佳复水温度为30℃。

2.3.2 正交试验

为达到最大预期的指标。根据重要性,对干红椒复水比(Y_1)和复水辣椒色彩饱和度(Y_2)进行加权评分,设置 Y_1 的加权系数为0.7, Y_2 的加权系数为0.3,则加权综合评分 $Y=0.7\times Y_1+0.3\times Y_2$ ^[26]。在单因素试验基础上,以干红辣椒与盐渍辣椒汁的质量比(A)、复水温度(B)、复水时间(C)为试验因素,以加权综合评分为评价指标,饱和度越大,辣椒颜色越鲜艳^[27]。按照 $L_9(3^3)$ 正交设计进行正交试验,结果与分析见表5。

表5 复水工艺优化正交试验结果与分析

Table 5 Results and analysis of orthogonal experiments for rehydration process optimization

试验号	A 干红椒与盐渍辣椒汁质量比	B 复水温度	C 复水时间	Y_1 复水比	Y_2 色彩饱和度	Y 加权评分
1	1(1:3)	1(25℃)	1(3 d)	2.77	30.76	11.17
2	1	2(30℃)	2(4 d)	3.09	32.55	11.93
3	1	3(35℃)	3(5 d)	2.95	32.12	11.70
4	2(1:4)	2	1	3.22	36.46	13.19
5	2	3	2	3.31	33.51	12.37
6	2	1	3	3.20	35.43	12.87
7	3(1:5)	3	1	2.96	35.40	12.69
8	3	1	2	3.10	34.23	12.44
9	3	2	3	2.95	34.89	12.53
k_1	11.60	12.16	12.35			
k_2	12.81	12.55	12.25			
k_3	12.55	12.25	12.37			
R	1.21	0.39	0.12			

由表5可知,影响最大的因素是盐渍辣椒汁与干椒的质量比例,其次是复水温度,最后是复水时间。通过比较K值,最佳复水工艺条件组合为 $A_2B_2C_3$,即干红椒与盐渍辣椒汁质量比为1:4,复水温度30℃,复水时间5 d。在此最佳工艺条件下进行3次平行验证试验,饱和度为37.23,复水比为3.24,综合加权评分为13.44。

2.4 干红椒与盐渍辣椒汁制备辣椒酱的品质分析

2.4.1 辣椒酱理化指标及微生物指标

经测定,辣酱氯化钠含量为15.7 g/100 g;黏度为39.04 Pa·s;亚硝酸盐含量为0.60 mg/kg,低于国家标准(20 mg/kg);大肠菌群总数 <30 MPN/100 g,低于国家标准(90 MPN/100 g),菌落总数200 CFU/g,低于国家标准(1 000 CFU/g),均在国标的规定范围之内,致病菌未检出。

2.4.2 辣椒酱的挥发性成分分析

对优化复水工艺条件制备辣椒酱进行挥发性成分GC-MS分析,其总离子流色谱图见图3,挥发性成分种类及含量见表6。

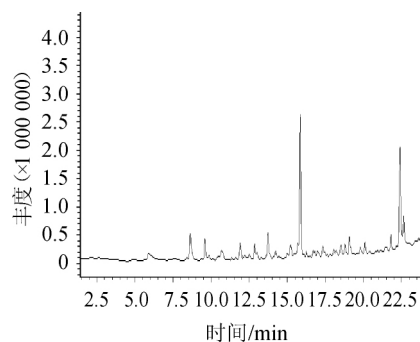


图3 盐渍复水辣酱挥发性化合物GC-MS分析总离子流色谱图
Fig. 3 Total ion chromatogram of volatile compounds in pickled rehydrated pepper sauce analyzed by GC-MS

由表6可知,复水干红椒酱中共鉴定出挥发性成分23种,其中酸类化合物有6种,其相对含量最高,占总挥发性成分的36.62%。辣椒酱中的酸类物质部分来源于辣椒的原料^[28],还有部分可能是自然发酵过程中乳酸菌产生的酸类,有机酸能给食品带来良好风味,是香气物质形成的重要基质,给食物带来酸爽口感的同时也能改变或加强其他物质产生的味感^[29]。其次是醛类,共检出7种,相对含量为22.32%,主要是水果味和花香味,但也有焦糖味、甜味和坚果味^[30]。醛类物质因其风味阈值较低且可赋予食品香气^[31],是辣椒酱中挥发性风味物质重要的组成成分之一。其中2-十一烯醛相对含量最高达到了10.73%,带来浓烈的新鲜醛气味,葵醛的相对含量为0.56%,稀薄的时候有果香味;反式-2-壬烯醛相对含量为0.37%,具黄瓜香味。共检出酯类3种,酯类相对含量占比18.59%,它们通常具有强烈持久的香气。低分子酯类具有果香或芳香的香气,而高分子酯类则对风味影响

不大^[32]。由于辣椒酱中大部分为高分子质量的酯,因此即使含量相对较高,但对风味的影响可能不明显。共检出烯烃类2种,其相对含量10.38%,在辣椒酱中检测到的香橙烯具有典型的柑橘香气,烯烃一般具有较低的感觉阈值,热处理可加速其挥发。共检测出醇类物质2种,相对含量3.96%,醇类物质气味阈值较大,即使具有令人愉悦的香气但对食物的影响较小。共检测出酮类2种,相对含量4.89%,可为辣椒酱提供酱香、药香、花果香^[33-34]。检测出其他类物质1种,占比3.24%,其中2,3-二氢苯并呋喃是一种强烈的味道成分,通常在新鲜辣椒中发现,也是辣椒辛辣的来源^[35]。

表6 盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱挥发性成分GC-MS分析结果
Table 6 GC-MS analysis results of volatile components in pepper sauce with dry red pepper rehydrated by pickled pepper juice

组分	化学式	保留时间/ min	相似度/ %	相对 含量/%
醛类物质				
反-2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	8.245	90	0.05
反-2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	10.154	94	0.37
壬醛	C ₉ H ₁₈ O	9.099	97	0.47
癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	10.968	87	0.56
反式-2-癸醛	C ₁₀ H ₁₈ O	12.348	94	8.30
2-十一烯醛	C ₁₁ H ₂₀ O	13.722	94	10.98
7-十六烯醛(Z)-	C ₁₆ H ₃₀ O	26.188	79	1.59
醇类物质				
乙基葵醇	C ₁₆ H ₃₄ O	17.045	86	1.85
1,2-环十二烷二醇	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	20.200	92	2.11
酸类物质				
庚酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	8.830	86	0.14
辛酸	C ₈ H ₁₆ O ₂	10.610	94	0.59
壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	12.348	88	2.41
硬脂酸	C ₂₀ H ₄₀	19.847	90	1.19
正十五酸	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	21.153	88	0.70
油酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	24.723	94	31.59
烯烃类物质				
(+)-香橙烯	C ₁₅ H ₂₄	15.874	88	5.64
1-二十二烯	C ₂₂ H ₄₄	18.517	90	4.74
酯类物质				
酞酸二乙酯	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	17.480	87	1.98
L-抗坏血酸-2,6-二棕榈酸酯	C ₃₈ H ₆₈ O ₈	22.598	90	15.57
硬脂酸烯丙酯	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	23.652	84	1.04
酮类物质				
环十五烷酮	C ₁₅ H ₂₈ O	21.525	88	3.49
二氢-5-十四烷基-2(3H)-呋喃酮	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	26.499	87	1.40
其他类				
2,3-二氢苯并呋喃	C ₈ H ₈ O	26.849	94	3.24

挥发性风味物质的成分,其香气成分主要是花果的香气,以及自然发酵的盐渍胡椒的酸味和胡椒特有的辣味。它被用来制作口味丰富、口感宜人的辣椒酱。

2.4.3 辣椒酱的感官评价

将市售辣椒酱1和市售辣椒酱2和盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱(发酵调味辣酱)随机编号,邀请10名有感官评价经验的人员根据辣椒酱对比感官评分标准进行感官评价,统计结果见图4。

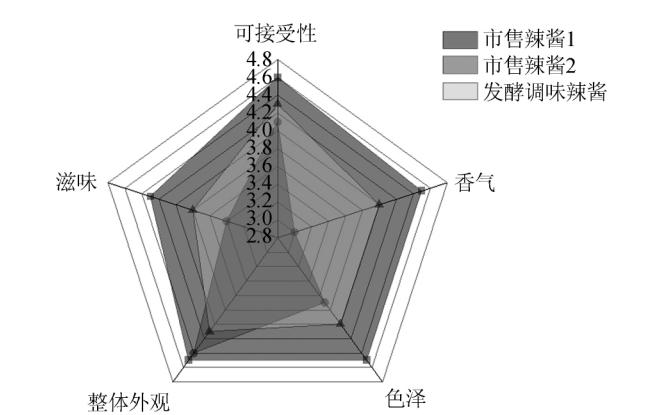


图4 3种辣椒酱感官分析雷达图
Fig. 4 Sensory analysis radar chart of 3 kinds of pepper sauce samples

由图4可知,干红椒与盐渍辣椒汁制备辣椒酱的香气评分较高为4,优于其余两者的评分,因为盐渍辣椒汁有良好的香气,经过15 d的发酵,该产品香气浓郁和纯正。盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱的滋味、色泽和可接受性的评分分别为(3.8分、4.0分、4.3分)介于市售辣椒酱1(4.3分、4.5分、4.6分)和市售辣椒酱2(3.4分、3.7分、4.1分)的评分之间,表明该产品滋味、色泽质量和可接受性不低于市售辣椒酱。但盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱整体外观的评分低于市售辣椒酱1和市售辣椒酱2的评分,因为市售辣椒酱1中添加了植物油和番茄酱,市售辣椒酱2中添加了植物油和大豆酱,有果胶和蛋白质等亲水胶体物质存在,整体呈半固态状,整体外观评分较高,而盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱中没有添加亲水胶体物质,以致整体外观比较松散,也是该产品后续需要改进的方向。整体而言,盐渍辣椒汁复水干红辣椒辣酱综合品质较好,香气浓郁,感官评分为20.2分。

3 结论

盐渍辣椒汁含氯化钠20%以上,总糖含量约为3.6%,还原糖含量约为3.2%,另外还含有蛋白质、氨基酸、辣椒素和辣椒色素等营养成分,具一定利用价值。

本试验对盐渍辣椒汁复水天鹰椒、新一代椒和印度椒三个品种的复水性和复水后的色泽进行了比较,发现天鹰椒的复水比达3.18,复水后天鹰椒的色泽比达6.54,均高于新一代椒和印度椒,但后续需要对盐渍辣椒汁复水更多干椒品种的复水性能进行评价。结果表明,优化复水工艺条

件为干天鹰椒与盐渍辣椒汁按质量比1:4例混合,复水温度30℃,复水时间5 d。在此最佳条件下,天鹰椒的复水比达3.24,色彩饱和度达37.23。辣椒酱的GC-MS分析结果表明,产品中总共鉴定出了23种挥发性成分,其中酸类化合物有6种、醛类7种、酯类3种、醇类2种、烯炔类2种、酮类2种及其他类1种。经感官评价表明,盐渍辣椒汁复水干红椒辣椒酱的香气优于市售辣椒酱,其是盐渍辣椒汁合理利用的一条新的有效途径。

参考文献:

- [1] 周书栋,殷武平,杨博智,等.湖南辣椒产业发展现状及存在问题与建议[J].辣椒杂志,2020,18(2):8-13.
- [2] 尹乐斌,雷志明,杨莹,等.辣椒加工副产物的综合利用现状[J].农产品加工,2016(21):59-61.
- [3] 李德建,郑红,张丽,等.一种低盐剁椒制备工艺:CN201910317105.2[P].2019-04-19.
- [4] 方俊.接种结合鲜辣椒盐渍水发酵干辣椒的工艺研究[D].长沙:湖南农业大学,2019.
- [5] 卢星军.辣椒汁工业化生产技术研究及应用[D].长沙:湖南农业大学,2015.
- [6] 唐鑫.盐渍辣椒汁加工腌制菜调香料的工艺研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.
- [7] 唐鑫,夏延斌,吴灿.植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基及其条件的优化[J].食品与机械,2013,29(3):66-71.
- [8] 刘伦伦,刘焱,瞿朝霞,等.植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基的优化[J].中国酿造,2014,33(2):32-36.
- [9] 杜卫华,陈移平,鲍华军,等.陈泡辣椒汁接种腌渍辣椒的发酵工艺[J].浙江农业科学,2018,59(2):318-321.
- [10] 陈怡,方俊,覃业优,等.以腌渍辣椒水作为发酵剂发酵干辣椒的微生物筛选[J].中国酿造,2020,39(10):109-113.
- [11] 王万程,赵玲艳,邓放明.红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺优化[J].食品与机械,2018,34(3):211-215,219.
- [12] 张茜,耿智化,张文凯,等.辣椒干燥预处理技术研究进展[J].食品工业,2019,40(11):276-282.
- [13] 王利群,戴雄泽.色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用[J].辣椒杂志,2009(3):23-26,33.
- [14] DEMIRAY E, TULEK Y. Effect of temperature on water diffusion during rehydration of sun-dried red pepper (*Capsicum annuum* L.)[J]. *Heat Mass Transfer*, 2017, 53(5): 1829-1834.
- [15] YU L, YAN G Y, BEATTIE J. Effects of complex enzymes modification on functional properties of soybean protein isolate based on orthogonal experiment[J]. *Mater Sci Forum*, 2020, 980: 144-153.
- [16] 李晶晶,程美凤,肖荣.基于正交实验的实验室脱水制乙烯实验改进[J].化学教育(中英文),2020,41(23):96-99.
- [17] 万茵,余新金,冯思麟,等.采用核酸酶酶解联合离子交换树脂吸附开发低嘌呤腐竹[J].食品与发酵工业,2021,47(1):165-171.
- [18] 吴兴雨,黄玉荣,孙凯杨,等.正交试验优化亚麻蛋白饼干的配方[J].食品研究与开发,2021,42(2):98-102.
- [19] 周煜棉,蔡小林,潘介春,等.龙眼成熟过程中外观色泽与品质变化及其相关性分析[J].江苏农业科学,2018,46(7):189-193.
- [20] KORKMAZ A, AHMET A F, HAYALOGU A A. The effects of production methods on the color characteristics, capsaicinoid content and antioxidant capacity of pepper spices (*C. annuum* L.)[J]. *Food Chem*, 2021, 341: 128184.
- [21] 蓬桂华,王永平,李文馨,等.25个干辣椒品种色、香、味品质差异评价[J].食品工业科技,2021,42(8):242-248.
- [22] 刘莉.辣椒干制及干燥过程模型的建立[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2018.
- [23] 刘立业,钟方丽,姜大伟,等.HPLC法测定辣椒红色素中辣椒素及二氢辣椒素含量[J].吉林化工学院学报,2015,32(8):1-3.
- [24] 陈庆金,麦馨允,蒋平香,等.固相微萃取-气质联用法分析辣椒骨挥发性成分[J].中国调味品,2020,45(9):139-145,159.
- [25] 陈莉.盐渍辣椒汁复水干红椒及其制酱工艺研究[D].长沙:湖南农业大学,2017.
- [26] 张良,刘媛洁,肖勇生,等.响应面法优化柑橘复合生物保鲜剂配方[J].食品工业科技,2016(16):340-345,356.
- [27] 周晓媛,邓靖,李福枝,等.发酵辣椒的挥发性风味成分分析[J].食品与生物技术学报,2007,26(1):54-59.
- [28] 吴凯,覃业优,蒋立文,等.不同盐度腌渍艳红辣椒的风味物质的分析[J/OL].食品科学:1-16[2020-12-24].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20201123.1241.033.html>.
- [29] 贾洪锋.发酵辣椒中风味物质的研究[D].重庆:西南大学,2007.
- [30] AMES J M, MACLEOD G. Volatile components of an unflavored textured soy protein[J]. *Food Sci*, 1984, 49(6): 1552-1565.
- [31] XIE J C, SUN B G, ZHENG F P, et al. Volatile flavour constituents in roasted pork of mini-pig[J]. *Food Chem*, 2008, 109(3): 506-512.
- [32] 罗凤莲.湖南剁椒腌制过程中风味及品质变化规律研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.
- [33] 张栩.不同乳酸菌发酵对酸菜的风味物质形成及品质指标的影响[J].中国酿造,2021,40(4):133-137.
- [34] 王嘉瑞,李青卓,张小龙,等.酱油中呋喃酮类物质的研究进展[J].中国调味品,2021,46(6):180-183,200.
- [35] 熊学斌,夏延斌,张晓,等.焦盐辣椒粉加工工艺优化及其挥发性成分分析[J].食品与生物技术学报,2012,31(8):859-863.