

油温对辣椒油品质的影响

叶梦宇, 王嘉昊, 徐怀德, 李梅*

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 咸阳 712100)

摘要: 利用色差仪、气相色谱-质谱联用和紫外可见分光光度计等仪器对不同油温浸提辣椒油的色泽、挥发性成分及辣椒素进行分析。结果表明:油温为 140 ℃ 时辣椒油色泽鲜红,随着油温上升,辣椒油的色泽逐渐变亮,红色程度降低;当油温超过 180 ℃ 后,辣椒油色泽明显变暗变黑。辣椒油中挥发性成分共有 58 种,分为 13 类,分别为醛类化合物、醇类化合物、酮类化合物、酯类化合物、烷烃类化合物、酸类化合物、呋喃类化合物、含硫化合物、吡咯类化合物、腈类化合物、烯烃化合物、胺类醇类化合物及 CO₂。其中关键挥发性成分以低香气阈值的醛类、醇类,如异戊醛、壬醛、2-甲基丁醛、反-2-辛烯醛、庚醛、1-辛烯-3-醇、反式-2-壬醛为主,这些物质的含量随着油温的升高而增加,并在 180 ℃ 时含量达到最高。同时,油温为 180 ℃ 时辣椒油中辣椒素含量最高(0.0547 mg/mL),辣椒油辣感最强。因此 180 ℃ 为油泼辣椒的最佳油温,此时辣椒油的品质最佳。

关键词: 辣椒油;油温;品质;挥发性成分;辣椒素

中图分类号:TS264.2

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.01.024

文章编号:1000-9973(2022)01-0124-04

Effect of Oil Temperature on the Quality of Chili Oil

YE Meng-yu, WANG Jia-hao, XU Huai-de, LI Mei*

(College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Xianyang 712100, China)

Abstract: The color, volatile components and capsaicin of chili oil extracted at different oil temperatures are analyzed by chromatograph, gas chromatography-mass spectrometry and UV-vis spectrophotometer. The results show that the color of chili oil is bright red when the oil temperature is 140 ℃. With the increase of oil temperature, the color of chili oil gradually becomes bright and the red degree decreases; when the oil temperature exceeds 180 ℃, the color of chili oil becomes dark and black. There are 58 volatile compounds in chili oil, which can be divided into 13 categories, including aldehydes, alcohols, ketones, esters, alkanes, acids, furans, sulfur compounds, pyrroles, nitriles, olefin compounds, amines and CO₂, among which, the key volatile components are mainly aldehydes with low aroma thresholds, such as iso-valeraldehyde, nonal, 2-methyl-butanal, trans-2-octenal, heptanal, 1-octene-3-ol, trans-2-nonal, the content of these substances increases with the increase of oil temperature and reaches the maximum at 180 ℃. At the same time, the capsaicin content (0.0547 mg/mL) is the highest when the oil temperature is 180 ℃, and the spiciness of chili oil is the strongest. Therefore, 180 ℃ is the best oil temperature of chili oil, and the quality of chili oil is the best.

Key words: chili oil; oil temperature; quality; volatile components; capsaicin

辣椒是茄科植物辣椒属的果实,属一类药食同源的蔬菜^[1-2]。辣椒原产于南美洲和秘鲁等地,于 17 世纪进入中国,道光年间人们开始普遍食用辣椒,赓续至今^[3]。

辣椒产品形式多样,如辣椒酱、辣椒油等,其中辣椒油以其独特的香味深受广大消费者喜爱^[4]。

目前,辣椒油的生产过程没有具体标准,多凭借经

验来控制油温和物料比,产品质量良莠不齐^[5-7]。温度对辣椒油品质的影响较大^[8]。目前关于制作辣椒油的最佳油温还存在争议,如董道顺等^[9]利用感官评定方法测得最佳油温为 140 ℃;薛森等^[10]利用高效液相色谱法测得最佳油温为 160 ℃;李昌文^[11]利用正交实验、感官评定等方法测得最佳油温为 180 ℃。

收稿日期:2021-07-15

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(2452017143)

作者简介:叶梦宇(1997-),男,山东菏泽人,硕士研究生,研究方向:果蔬贮藏与加工。

*通讯作者:李梅(1987-),女,山西河津人,副教授,博士,研究方向:果蔬贮藏与加工。

引文格式:叶梦宇,王嘉昊,徐怀德,等.油温对辣椒油品质的影响[J].中国调味品,2022,47(1):124-127,132.

本文以秦椒为原料,用不同油温的菜籽油制取辣椒油,利用色差仪测定不同温度下辣椒油的色泽,气质联用仪测定辣椒油的挥发性成分,紫外分光光度计测定辣椒油中辣椒素的含量,以期探究以秦椒为原料制作油泼辣子的最佳油温。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

陕西秦椒粉:杨凌好又多超市;金龙鱼菜籽油:益海嘉里(重庆)粮油有限公司;甲醇、辣椒素标准品:国药集团(上海)化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

PTX-FA1004 电子天平 福州华志科学仪器有限公司;PT3002 数显温度计 广东美德时仪器仪表有限公司;RH Basic 磁力搅拌器 德国 IKA 集团;GC-MS-QP2010 Ultra 气相色谱-质谱联用仪 日本岛津制作所;UV-1780 紫外-可见分光光度计 岛津仪器(苏州)有限公司;HC-3018R 高速冷冻离心机 安徽中科中佳科学仪器有限公司;DHG-9070A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;SB-500DTY 超声波多频清洗机 宁波新芝生物科技股份有限公司;Ci7600 色差仪 云谱仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 辣椒油的制备

准确称取 60 mL 菜籽油共 5 组,分别加热至 140, 160, 180, 200, 220 °C。按 1:4 的料液比,分别倒入含有 15 g 秦椒粉的烧杯中,用塑料膜密封,浸提 1 h, 4 °C 条件下离心后使用双层纱布过滤,去残渣备用。

1.3.2 色泽的分析

利用色差仪测定不同油温处理辣椒油样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值,记录 L^* 、 a^* 和 b^* 值,绘制曲线,分析不同油温处理辣椒油样品的色泽。

1.3.3 挥发性成分的检测

吸取辣椒油样品 5~20 mL 于顶空瓶中,使用聚四氟乙烯隔垫密封,将萃取头老化至无杂峰后进样至 GC-MS 分析^[12-13]。

色谱柱:DB-1MS 毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气:He,流速为 1.0 mL/min;柱头压力:112.0 kPa;进样口温度 250 °C;不分流进样;升温程序:40 °C 保持 3 min,以 4 °C/min 的速度升温至 120 °C,然后以 6 °C/min 的速度升温至 240 °C,保持 9 min,最终以 25 °C/min 的速度升温至 250 °C,保持 3 min。

质谱条件:电子轰击(EI)离子源;电离能 70 eV;离子源温度:230 °C;接口温度:230 °C;ACQ 方式:Scan;扫描间隔:0.2 s;扫描速度:2000 amu/s;质量扫描范围:35~400 m/z。

定性与定量分析:质谱使用 NIST 08. LIB 谱库检索和人工谱图解析方法,相似度大于 85%,分别对各

峰进行定性鉴定。气相色谱峰采用“面积归一化法”计算出各挥发性成分的峰面积比,确定相对含量^[14-15]。

1.3.4 辣椒素含量的测定

准确称取辣椒素标准品 5 mg,溶于甲醇,定容至 25 mL 作为母液^[16]。再分别吸取 1,2,3,4,5 mL 辣椒素标准品于 10 mL 容量瓶中,用甲醇定容,制备成质量浓度为 0.02,0.04,0.06,0.08,0.10 mg/mL 的辣椒素标准溶液。

以甲醇作为空白调节零点,于 280 nm 波长处测定辣椒素标准品的吸光度,绘制出标准曲线。标准曲线 $y=10.599x+0.0113$, $R^2=0.9982$ 。

吸取 2 mL 样品溶液用甲醇定容至 20 mL,40 °C 下超声振荡 40 min,取出,室温下静置 12 h,取上清液,用 0.45 μm 有机滤膜过滤,得到待测样品。将样品置于 280 nm 波长处测定吸光度并计算辣椒素含量,重复 3 次。

1.3.5 数据分析

每组实验均重复 3 次,结果以平均值表示。

2 结果与分析

2.1 色泽结果分析

根据色差仪的检测原理, L^* 值体现样品的亮度, L^* 值越大,样品的色泽越亮; a^* 值体现样品的红绿程度, a^* 值越大,样品越红; b^* 值体现样品的黄蓝程度, b^* 值越大,样品越偏黄。

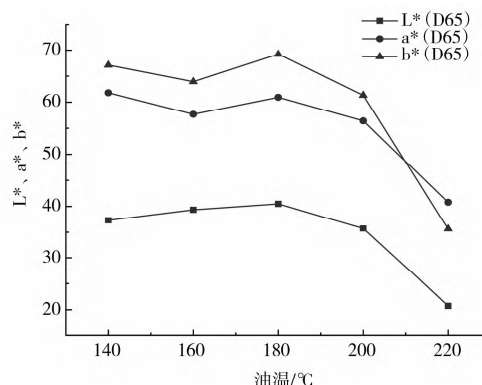


图 1 L^* 、 a^* 、 b^* 值随温度的变化曲线

Fig. 1 The changes in L^* , a^* , b^* values with temperature

由图 1 可知,样品的 L^* 值随温度的不断升高而增大,在 180 °C 时达到最大,随后开始下降,样品也随温度的升高越来越亮,在 180 °C 时最亮并开始变暗;样品的 a^* 值随温度的升高先减小,在 160 °C 时有增大的趋势,但在 180 °C 时开始减小,样品随温度的升高,红色程度先减小再增大,在 140 °C 和 180 °C 时相对较红;样品的 b^* 值变化趋势与 a^* 值类似,随温度的升高先下降,到 160 °C 时开始上升并在 180 °C 达到最大,随后开始下降。总的来看, L^* 、 a^* 、 b^* 值在加热至 180 °C 时都是上升的,这一现象可能是由于辣椒中含有的辣椒红

素、辣椒玉红素、 β -胡萝卜素、姜黄素等色素在加热过程中被萃取到菜籽油中。

若将 L^* 、 a^* 、 b^* 3 项数值转换成实际颜色来看,样品在 140 °C 时较红较亮,随着温度的升高,整体红色程度略有下降,但亮度有所提高;从 180 °C 开始样品的整体色泽有变暗变黑的趋势,造成这一现象的原因可能是随着温度的升高,辣椒油中发生的美拉德反应变得剧烈,生成更多焦黑物质,使得样品变暗变黑^[17]。

2.2 挥发性成分分析

气相色谱-质谱联用总计检出 87 种化合物,筛选相似度 $\geq 85\%$ 的化合物并去除受到仪器、针头影响含硅等元素的化合物后,确定了 58 种化合物的种类及相对含量,见表 1。

表 1 辣椒油中挥发性成分及其相对含量
Table 1 The volatile components and their relative content in chili oil

序号	化合物	化学式	相似度/ %	相对含量/%				
				140 °C	160 °C	180 °C	200 °C	220 °C
1	二氧化碳	CO ₂	91	0.27	0.29	0.19	0.2	0.26
2	乙醛	C ₂ H ₄ O	94	0.12	0.1	0.15	0.18	0.14
3	乙醇	C ₂ H ₆ O	98	0.52	0.52	0.42	0.46	0.44
4	丙酮	C ₃ H ₆ O	92	0.81	0.79	0.71	0.72	0.63
5	乳酸乙酯	C ₅ H ₁₀ O ₃	90	0.49	0.49	0.51	0.53	0.53
6	正戊烷	C ₅ H ₁₂	96	1.17	1.16	1.19	1.18	1.2
7	二甲基硫	C ₂ H ₆ S	92	0.41	0.37	0.31	0.29	0.32
8	异丁醛	C ₄ H ₈ O	98	0.19	0.2	0.24	0.3	0.36
9	乙醇醛缩二乙醇	C ₄ H ₁₀ O ₃	91	0.29	0.26	0.3	0.31	0.27
10	庚醛	C ₇ H ₁₄ O	97	0.29	0.34	0.39	0.35	0.32
11	异戊醛	C ₅ H ₁₀ O	97	0.43	0.52	0.7	0.64	0.53
12	2-甲基丁醛	C ₅ H ₁₀ O	97	0.24	0.37	0.42	0.45	0.34
13	2-甲基四氢呋喃	C ₅ H ₁₀ O	87	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08
14	1-戊烯-3-酮	C ₅ H ₈ O	95	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06
15	1-戊烯-3-醇	C ₅ H ₁₀ O	98	0.76	0.78	0.8	0.76	0.69
16	戊醛	C ₅ H ₁₀ O	95	0.57	0.58	0.61	0.6	0.57
17	3-羟基-2-丁酮	C ₄ H ₈ O ₂	95	0.07	0.07	0.08	0.06	0.04
18	2,2-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	90	0.3	0.3	0.28	0.26	0.31
19	庚烷	C ₇ H ₁₆	98	1.47	1.49	1.48	1.49	1.51
20	5-甲基-3-己烯-2-酮	C ₇ H ₁₂ O	87	0.04	0.04	0.02	0.03	0.06
21	N-甲基吡咯	C ₅ H ₇ N	93	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09
22	4-甲基-2-戊酮	C ₆ H ₁₂ O	88	0.1	0.1	0.13	0.14	0.14
23	3-甲基巴豆腈	C ₅ H ₇ N	91	0.11	0.11	0.12	0.12	0.14
24	反式-2-戊烯醛	C ₅ H ₈ O	94	0.15	0.15	0.14	0.12	0.13
25	1-戊醇	C ₅ H ₁₂ O	97	1.1	1.13	0.17	0.12	0.11
26	2,3-丁二醇	C ₄ H ₁₀ O ₂	97	0.08	0.09	0.1	0.09	0.13
27	正辛烷	C ₈ H ₁₈	97	1.9	1.85	1.93	1.94	1.9
28	反-2-辛烯	C ₈ H ₁₆	96	0.07	0.08	0.12	0.13	0.17
29	5-己腈	C ₆ H ₉ N	92	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02
30	正己醇	C ₆ H ₁₄ O	96	0.08	0.07	0.09	0.01	0.01
31	2-庚酮	C ₇ H ₁₄ O	93	0.06	0.06	0.03	0.02	0.02
32	正壬烷	C ₉ H ₂₀	97	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05
33	反-2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	90	0.56	0.59	0.72	0.62	0.61
34	正丁基环戊烷	C ₉ H ₁₈	94	0.17	0.18	0.2	0.22	0.21
35	4-异丁氧基-2-丁酮	C ₈ H ₁₆ O ₂	85	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14

续 表

序号	化合物	化学式	相似度/ %	相对含量/%				
				140 °C	160 °C	180 °C	200 °C	220 °C
36	2,2,4,4-四甲基四氢呋喃	C ₈ H ₁₆ O	88	0.54	0.53	0.56	0.55	0.55
37	正庚醇	C ₇ H ₁₆ O	93	0.08	0.16	0.18	0.23	0.22
38	(E,E)-2,4-庚二烯醛	C ₇ H ₁₀ O	92	0.16	0.23	0.35	0.33	0.18
39	4-乙基环己醇	C ₈ H ₁₆ O	86	0.7	0.73	0.86	0.79	0.72
40	二碳酸二叔丁酯	C ₁₀ H ₁₈ O ₅	89	0.12	0.12	0.13	0.14	0.12
41	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	92	0.07	0.15	0.29	0.24	0.14
42	正十六烷	C ₁₆ H ₃₄	94	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04
43	十三烷	C ₁₃ H ₂₈	93	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
44	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	92	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04
45	正十五烷	C ₁₅ H ₃₂	97	0.11	0.07	0.07	0.08	0.09
46	2,6-二溴-4-甲基苯胺	C ₇ H ₇ Br ₂ N	90	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03
47	反式-2-癸烯醛	C ₁₀ H ₁₈ O	94	0.05	0.07	0.08	0.06	0.05
48	丁醛	C ₄ H ₈ O	93	0.1	0.16	0.24	0.27	0.33
49	冰醋酸	C ₂ H ₄ O ₂	98	3.49	3.65	3.81	3.53	3.49
50	正己烷	C ₆ H ₁₄	94	0.37	0.36	0.38	0.36	0.37
51	异丁醇	C ₄ H ₁₀ O	90	0.06	0.05	0.02	0.01	0.01
52	2-乙基己醇	C ₈ H ₁₈ O	87	0.06	0.05	0.04	0.09	0.09
53	柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	94	0.18	0.17	0.14	0.16	0.14
54	反式-2-壬醛	C ₉ H ₁₆ O	96	0.06	0.11	0.18	0.19	0.16
55	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	97	0.59	0.68	0.75	0.72	0.63
56	癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	93	0.04	0.07	0.1	0.09	0.06
57	三叔丁基甲醇	C ₁₃ H ₂₈ O	87	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04
58	十二烷	C ₁₂ H ₂₆	96	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06

油温的变化对辣椒油挥发性成分的数量影响不大,但是对各挥发性成分的相对含量影响较大,见表 2。GC-MS 检出的化合物中共有 15 种醛类化合物、12 种醇类化合物、7 种酮类化合物、2 种酯类化合物、12 种烷烃化合物、1 种酸类化合物、2 种呋喃类化合物、1 种含硫化物、1 种吡咯类化合物、2 种腈类化合物、2 种烯烃类化合物、1 种胺类化合物及 CO₂。醛类、酮类、酯类、酸类物质在升温过程中相对含量先升高再降低,这是由于温度升高有利于这些物质的生成,但是当温度超过某一限度,相关物质的结构会遭到破坏,从而相对含量下降。

表 2 各类挥发性成分的相对含量
Table 2 The relative content of various volatile components

种类	数量	相对含量/%				
		140 °C	160 °C	180 °C	200 °C	220 °C
醛类	15	5.53	6.4	7.41	7.18	6.66
醇类	12	3.84	4.04	3.3	3.15	2.87
酮类	7	1.22	1.22	1.14	1.16	1.09
酯类	2	0.61	0.61	0.64	0.67	0.65
烷烃	12	5.71	5.63	5.72	5.71	5.79
酸类	1	3.49	3.65	3.81	3.53	3.49
呋喃类	2	0.61	0.6	0.62	0.62	0.63
含硫化物	1	0.41	0.37	0.31	0.29	0.32
吡咯类	1	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09
腈类	2	0.15	0.16	0.15	0.14	0.16
烯烃	2	0.25	0.25	0.26	0.29	0.31
二氧化碳	1	0.27	0.29	0.19	0.2	0.26
胺类	1	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03

通过查阅文献[18]和资料,共得到 21 种具有特殊香气的物质及其香气阈值。根据确定食品关键风味化合物的 ROAV 法^[19]处理数据,通过公式(1)计算:

$$OAV_A = \frac{C\%_A}{T_A} \quad (1)$$

计算每个香味物质的香气活性值(odor activity value, OAV),发现辣椒油中对香味贡献大的挥发性物质是异戊醛,将异戊醛的 ROAV 设为 100,成分 A 的 ROAV_A由公式(2)计算:

$$ROAV_A = \frac{C\%_A}{C\%_{stan}} \times \frac{T_{stan}}{T_A} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $C\%_A$ 、 T_A 分别为 A 成分的相对含量和香气阈值, $C\%_{stan}$ 、 T_{stan} 分别为贡献最大成分的相对含量和香气阈值。辣椒油挥发性物质的香气特征及香气贡献大小见表 3。

表 3 辣椒油挥发性物质的香气特征、香气阈值及香气贡献大小

Table 3 The aroma characteristics, aroma thresholds and aroma contribution of volatile compounds in chili oil

序号	化合物	ROAV					香气阈值 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	香气特征
		140 °C	160 °C	180 °C	200 °C	220 °C		
1	异戊醛	100	100	100	100	100	0.4	苹果、巧克力香
2	壬醛	54.88	52.31	53.57	53.33	47.55	1	柑橘、脂肪香
3	己醛	40.93	38.12	37.14	37.2	37.74	4.5	果香、木香、青香
4	2-甲基丁醛	22.33	28.46	30	33.33	25.66	1	果香、巧克力香
5	反-2-辛烯醛	17.36	15.13	17.14	15.31	15.35	3	青香、脂肪香
6	庚醛	8.99	8.72	9.29	8.64	8.05	3	甜杏、坚果香
7	1-辛烯-3-醇	6.51	11.54	20.71	17.78	10.57	1	蘑菇、蔬菜香
8	反式-2-壬醛	5.07	7.69	11.69	12.79	10.98	1.1	黄瓜、甜瓜香
9	癸醛	3.72	5.38	7.14	6.67	4.53	1	柑橘、花香
10	戊醛	2.65	2.23	2.18	2.22	2.15	20	果香、面包香
11	正庚醇	2.48	4.1	4.29	5.68	5.53	3	油脂、酒香
12	柠檬烯	1.67	1.31	1	1.19	1.06	10	柠檬香
13	(E,E)-2,4-庚二烯醛	1.49	1.77	2.5	2.44	1.36	10	青香、果香
14	丁醛	1.03	1.37	1.9	2.22	2.77	9	巧克力、红酸栗香
15	1-戊烯-3-醇	0.18	0.15	0.14	0.14	0.13	400	果香、蔬菜香
16	2-庚酮	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	140	香蕉、奶酪、轻微药香
17	1-戊醇	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	4000	面包香、酒香、果香
18	反式-2-癸烯醛	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	500	脂肪、芫荽、蘑菇香
19	3-羟基-2-丁酮	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	800	奶制品香
20	正己醇	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2500	青香、果香、甜香
21	2-乙基己醇	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	270000	蘑菇香

当挥发性物质的 ROAV 值 ≥ 1 时,可以认定该物质对样品的香味起到关键作用。ROAV 值越大,该物质对样品的香味贡献越大^[20],当 $0.1 \leq ROAV < 1$ 时,认定该物质对样品的香味起到有限的辅助修饰作用,而当 $ROAV < 0.1$ 时,则认为该物质对样品的风味不起作用或起到很小的作用。以此作为判断依据,可以发现在辣椒油香味中起到主要贡献作用的挥发性成分分别是异戊醛、壬醛、2-甲基丁醛、反-2-辛烯醛、庚醛、

1-辛烯-3-醇、反式-2-壬醛等。随着温度的上升,这 7 种关键风味物质的相对含量也在逐渐增加(见图 2),油温为 180 °C 时,异戊醛、壬醛、反-2-辛烯醛、庚醛、1-辛烯-3-醇、反式-2-壬醛的含量最高,油温为 200 °C 时,2-甲基丁醛的含量达到最大。因此,油温为 180 °C 时浸提制得的辣椒油,影响其香味的关键风味物质的总含量最高,此温度下制得的辣椒油相对更香。

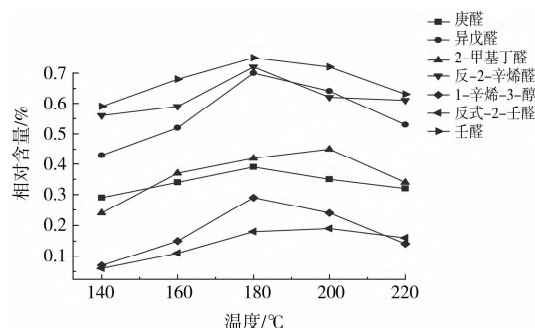


图 2 不同油温下辣椒油关键风味物质的含量

Fig. 2 The content of key flavor substances in chili oil at different oil temperatures

2.3 辣椒素含量分析

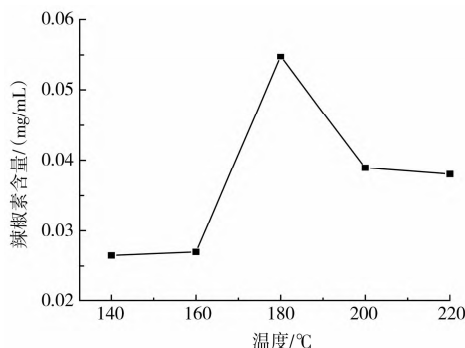


图 3 不同油温处理辣椒油中辣椒素的含量

Fig. 3 The capsaicin content in chili oil treated at different oil temperatures

由图 3 可知,辣椒油中的辣椒素随着油温的上升含量逐渐增多,在 180 °C 时达到最大,之后有所下降。这可能是由于高温可以促进辣椒素的析出,但温度过高会破坏辣椒素的结构,造成含量下降。故辣椒油在 180 °C 时辣度最大,味道最辣。

3 结论

通过改变油温,分别在油温为 140,160,180,200,220 °C 条件下制备辣椒油,并通过色差仪、固相微萃取-气质联用仪以及紫外-可见分光光度计比较不同油温处理下辣椒油的色泽、挥发性成分和辣椒素含量。研究表明,辣椒油的香气由多种挥发性成分复合组成,其中 180 °C 时香气物质的含量最多,醛类挥发性物质在辣椒油的香味中贡献最大。油温为 180 °C 时制备的辣椒油辣椒素含量最高,辣度最强。同时,在该油温下制备的辣椒油色泽鲜艳、色调纯正。(下转第 132 页)

预冻所制成的冻干菌的保藏效果良好。*A. pasteurianus* SP001 培养 36 h 后进行冷冻干燥,冻干粉在乙醇含量为 3%(V/V)培养基中培养 9 d 时醋酸产量最大,产值为 (2.63 ± 0.07) g/dL,在乙醇含量为 6%(V/V)葡萄酒中发酵第 13 天醋酸产量最大,产值为 (5.85 ± 0.15) g/dL。真空冷冻干燥后菌种活性较好,能够进行果醋酿造的工业应用。*A. pasteurianus* SP001 冻干粉发酵时间相对新鲜菌种较长,其原因及机理还需进一步研究。随着果醋酿造技术的发展以及真空冷冻干燥微生物技术的日益完善,真空冷冻干燥醋酸菌粉必将为果醋行业提供巨大的发展空间,也将为我国食品行业的发展做出很大的贡献,相信在未来会有更完善的技术和设备在这方面加以应用。

参考文献:

- [1]蔡美珠.食醋工业科技进步回顾与展望[J].中国调味品,2001(2):3-6.
- [2]蔡飞,王永刚.果醋饮料的研究现状及市场前景展望[J].中国食品工业,2017(2):58-59.
- [3]吴煜樟,卢红梅,陈莉.果醋的抗氧化成分及功能研究进展[J].中国调味品,2019,44(8):203-206.
- [4]SENGUN I Y, KARABIYIKLI S. Importance of acetic acid bacteria in food industry[J]. Food Control,2011,22(5):647-656.

(上接第 127 页)

综上所述,陕西秦椒于 180 ℃油温条件下制备的辣椒油品质最佳,具有良好的色、香、味。该工艺适合家庭、餐馆、食品厂等制备优质辣椒油。

参考文献:

- [1]韦继雯,闫倩玲,周云波,等.中药材干辣椒中辣椒素和二氢辣椒素含量测定方法研究[J].云南中医中药杂志,2018,39(7):76-78.
- [2]洪玲.辣椒酱发酵过程中蛋白酶活性变化的研究[J].中国调味品,2019,44(9):111-115.
- [3]李晓燕,蔡强.基于物种多样性分析辣椒产品的经济效益[J].中国调味品,2020,45(11):181-184.
- [4]徐小万,李颖,王恒明.中国辣椒工业的现状、发展趋势及对策[J].中国农学通报,2008(11):332-338.
- [5]安中立,贺稚非,李洪军,等.辣椒油加工生产的研究现状[J].辣椒杂志,2006(3):45-48.
- [6]姜敏,吴建虎.果胶酶对炒制辣椒油辣度的影响[J].中国调味品,2019,44(2):56-58,64.
- [7]冯勇.辣椒油制作规范和运用探讨[J].中国调味品,2016,41(3):114-117.
- [8]吴士业,李光辉.浸制油温对辣椒调味油色香味的影响[J].中国调味品,1999(4):3-5.
- [9]董道顺,谷绒.辣椒油制作最佳工艺条件研究[J].农产品加工(学刊),2014(22):40-42,45.
- [10]薛森,何新益,闫西纯.调味辣椒鸡油制备工艺的研究[J].食品研究与开发,2019,40(2):120-124.
- [11]李昌文.辣椒油的加工工艺研究[J].中国调味品,2007(11):53-54.

- [5]秦伟军.浅谈我国食醋生产技术与质量安全[J].中国调味品,2019,44(7):195-197.
- [6]华青松,宗朕,余越,等.镇江香醋耐高温优势醋酸菌的筛选及其发酵特性的比较研究[J].中国调味品,2019,44(12):39-43.
- [7]马新风,陈义伦,周波,等.巴氏醋酸杆菌沪酿 1.01 对液体保藏中醋酸胁迫的生理应答[J].食品与发酵工业,2016,42(1):42-47.
- [8]张甜,马建玲,刘艳全,等.醋酸菌的分离及初步鉴定[J].中国调味品,2019,44(11):76-78.
- [9]孙智敏,张文齐,邵威平,等.醋酸菌菌种保藏方法的改进及保藏期限的研究[J].中国酿造,2005(12):30-32.
- [10]尹光琳,战立克,赵根楠,等.发酵工业全书[M].北京:中国医药科技出版社,1992:77-79.
- [11]李忠庆.微生物菌种保藏技术[M].北京:科技出版社,1989:19-28.
- [12]邵伟,熊泽,唐明,等.醋酸菌菌种的冷冻干燥保藏研究[J].中国酿造,2005(11):7-8.
- [13]王娜,国石磊,张永祥,等.醋酸菌冷冻、冷干保护剂的选择[J].食品与发酵工业,2015,41(3):135-139.
- [14]邓福明,颜巧丽,王挥,等.冷冻保护剂对直投式木葡萄醋酸杆菌发酵剂菌体细胞特性的影响[J].现代食品科技,2015(11):62-67.
- [15]牛晓影,邓丽莉,曾凯芳.保护剂在微生物真空冷冻干燥中的应用[J].食品工业科技,2015,36(1):390-394.

- [12]徐双美,杨森,李泽娜,等.GC-MS 分析四川主产地竹叶花椒的挥发性成分[J].中国调味品,2020,45(12):124-129,133.
- [13]晏小霞,邱燕连,王茂媛,等.益智果实干燥前后挥发油成分 GC-MS 分析[J].中国调味品,2020,45(12):138-141.
- [14]SONG Huanlu, LIU Jianbin. GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis[J]. Food Research International, 2018,114:187-198.
- [15]NIU Yunwei, CHEN Xiaomei, XIAO Zuobing, et al. Characterization of aroma-active compounds in three Chinese Moutai liquors by gas chromatography-olfactometry, gas chromatography-mass spectrometry and sensory evaluation[J]. Natural Product Research,2017,31(8):938-944.
- [16]THAPA B, SKALKO-BASNET N, TAKANO A, et al. High-performance liquid chromatography analysis of capsaicin content in 16 *Capsicum* fruits from Nepal[J]. Journal of Medicinal Food, 2009,12(4):908-913.
- [17]MAJID N, MEHDI V, MODIN B. The Maillard reaction products as food-born antioxidant and antibrowning agents in model and real food systems[J]. Food Chemistry,2018,275:644-660.
- [18]方昭西.加工及储存条件对亚麻油关键性风味物质及氧化稳定性影响的研究[D].广州:华南理工大学,2015.
- [19]刘登勇,周光宏,徐幸莲.确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J].食品科学,2008(7):370-374.
- [20]MICHAEL C, MARTIN C, MONIKA C, et al. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions[J]. European Food Research and Technology,2008,228(2):265-273.