

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.12.025

辣椒风味牛油加工工艺优化及挥发性物质分析

Study on processing technology of chili flavor beef tallow and its volatile compounds analysis

李 东^{1,2} 何新益^{1,2} 李 云³ 姚 迪^{1,2}LI Dong^{1,2} HE Xin-yi^{1,2} LI Yun³ YAO Di^{1,2}

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津农副产品深加工技术工程中心,

天津 300384; 3. 江西上饶师范学院生命科学学院, 江西 上饶 334000)

(1. Department of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384,

China; 3. College of Life Science, Shangrao Normal University, Shangrao, Jiangxi 334000, China)

摘要:目的:优化辣椒风味牛油加工工艺,研究浸提过程,为牛油加工应用提供技术支持。方法:以酸价、过氧化值为指标,研究了质量比、加热温度、加热时间 3 个因素对辣椒风味牛油的品质影响,并对浸提过程的理化指标和挥发性成分进行系统研究。结果:辣椒风味牛油加工条件为 $m_{\text{辣椒}} : m_{\text{牛油}} = 20 : 100$,加热温度 120 °C,加热时间 5 min,此条件下辣椒风味牛油品质风味更佳;在恒温浸提过程中,辣椒风味牛油和牛油的酸价、过氧化值都呈上升趋势,但随浸提时间延长,辣椒风味牛油变化趋势比牛油低。应用电子鼻检测到辣椒风味牛油的风味物质有 9 种,主要是丙醛、甲醇和戊醇以及 2-甲基丙烷;不同浸提时间的辣椒风味牛油气味存在一定差异。结论:浸提时间越长,辣椒素类物质含量越多,并且辣椒中的辣椒碱等物质对辣椒风味牛油高温浸提下的过氧化值有一定的抑制作用;不同浸提时长的辣椒风味牛油存在一定的差异。

关键词:牛油;辣椒;理化指标;挥发性成分;相关性分析

Abstract: Objective: To expand the application of beef tallow, optimize the technology of chili-flavored beef tallow, study the extraction process, and provide technical support for the processing and application of beef tallow. Methods: The effects of mass ratio, heating temperature and heating time on the quality of chili-flavored beef tallow were studied by using acid value and

peroxide value as indexes. The physical and chemical indexes and volatile components in the extraction process were also systematically studied. Results: The results showed that the quality and chili-flavored beef tallow was better under the conditions of mass ratio of 20 : 100, heating temperature of 120 °C and heating time of 5 min. In the process of constant temperature extraction, the acid value and peroxide value of chili-flavored beef tallow and beef tallow showed an upward trend, but with the extension of extraction time, the change trend of chili-flavored beef tallow was lower than that of beef tallow. The capsaicin substances have a certain antioxidant properties. Nine flavor substances were detected by electronic nose, mainly including propionic aldehyde, methanol, amyl alcohol and 2-methylpropane. There were some differences in the chili-flavored beef tallow with different extraction time.

Conclusion: It is showed that the longer the extraction time, the more capsaicin substances are contained, and it may be the antioxidant effect of capsaicin and other substances in chili peppers. It has a certain inhibitory effect on the peroxide value of chili-flavored beef tallow under high temperature extraction. The flavor substances of chili-flavored beef are studied, and there are certain differences in chili-flavored beef tallow with different extraction time, which is the same as that of chili-flavored beef tallow.

Keywords: beef tallow; chili flavor; physical and chemical indicators; volatile components; correlation analysis

基金项目:天津市科技重大专项与工程(编号:18ZXYENC00120);天津市企业特设特派员项目(编号:19JCTPJ59900)

作者简介:李东,男,天津农学院在读硕士研究生。

通信作者:何新益(1974—),男,天津农学院教授,博士。

E-mail: hedevid@163.com

李云(1973—),女,江西上饶师范学院高级工程师,硕士。E-mail: liyun@zkyjk.com

收稿日期:2021-04-16

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为茄科、辣椒属一年或有限多年生草本植物。辣椒在中国各地被广泛种植,年产量约为 4 000 万 t,产量居世界第一^[1]。干辣椒作为天然调味品是许多国家重要的香料^[2]。辣椒素类物质是辣椒的主要呈味成分也是辣椒辛辣味的主要来源;主要由辣椒素、二氢辣椒素、降二氢辣椒素等物质组成,占总辣

椒碱的 90 以上^[3]。

牛油即牛脂,由新鲜、洁净的牛脂肪组织加工提炼而成,常温下呈类白色或淡黄色的固体,精炼过的牛油熔点一般为 43~49 °C,口感细腻、风味地道^[4-5]。牛油较植物油脂有种不可替代的特殊风味^[6],被广泛用于食品加工行业,如烘焙业常用其作为糕点起酥剂^[7]。辣椒油是辣椒加工产品之一。传统辣椒油的制作工艺大多采用植物油浸提,将油加热到 120 °C 以上加入干辣椒熬制,自然降温浸提 12 h 或者更长,过滤后得到辣椒油产品。辣椒油色泽的呈现,实质是植物油起到浸提溶剂的作用,对辣椒中的辣椒色素进行浸提的结果,辣椒油的色泽与辣椒中辣椒素含量有密切关系。目前辣椒油以大豆油加工为主^[8-10],姜敏^[11]曾对牛油炒制辣椒油进行了研究,但并未研究浸提过程中的辣椒素类物质变化情况,以及辣椒风味牛油的风味物质。

研究拟以精制牛油和干制辣椒为主要原料,利用热浸法制取辣椒风味牛油,通过单因素试验确定较佳的辣椒风味牛油工艺,并对该条件下的辣椒风味牛油浸提过程的综合品质及挥发性物质进行分析评价,以期对辣椒风味牛油的生产及辣椒风味牛油标准制定提供支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

精制牛油:天津市伊兴清真食品有限公司;

菜籽油:山东鲁花集团有限公司;

干辣椒:市售;

辣椒油:天津鸿禄食品有限公司;

手工全型火锅底料:重庆喜火哥饮食文化有限公司;

辣椒素标准品(纯度 98.55%)、二氢辣椒素标准品(纯度 99.95%):上海市安谱实验科技股份有限公司;

四氢呋喃:色谱级,天津市风船化学试剂科技有限公司;

甲醇、乙腈:色谱级,美国 BR 公司;

无水乙醇、冰乙酸、石油醚、三氯甲烷、可溶性淀粉:分析纯,天津市光复科技发展有限公司;

硫代硫酸钠、碘化钾:分析纯,天津科威有限公司。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪:LC-2030 型,日本岛津公司;

分光色差仪:CM-5 型,柯尼卡美达公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9203A 型,上海精宏实验设备有限公司;

调温电热套:ZDHW 型,北京中兴伟业仪器有限公司;

电子分析天平:FA2204B 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

数控超声波清洗器:KQ-500DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

电热恒温水浴锅:HWS24 型,上海一恒科技有限公司;

旋转蒸发器:RE-2000 型,上海亚荣生化仪器厂;

电子鼻:HERACLES II 型,法国 Alpha Mos 公司。

1.3 方法

1.3.1 干辣椒的预处理 选择颜色红艳、大小均匀、无杂质和霉变的干辣椒,除去辣椒柄、干瘪的辣椒籽及杂质部分,将干辣椒揉碎成 2 cm 小段,与辣椒籽充分混匀,放入 60 °C 烘箱中烘至水分含量 15% 以下,粉碎至 40 目,包装,备用。

1.3.2 辣椒风味牛油加工工艺优化 称取一定量的碎辣椒至球形瓶中,按试验设计加入已加热至 60 °C 牛油或菜籽油,棉塞封口在电热套中加热至预定温度,煎炸过程中每隔 1 min 晃动球形瓶,完成后将碎辣椒滤出后得成品油,转移至带盖玻璃瓶中于冰箱避光冷藏保存。以辣椒风味牛油的过氧化值、酸价为主要指标,考察加热温度、干辣椒与油脂质量比($m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$)、加热时间 3 个因素对辣椒风味牛油成品品质的影响,试验以辣椒风味菜籽油研究为对照。每组试验重复 3 次。

(1) 加热温度:在 $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}} = 20 : 100$,加热时间 5 min 的条件下,考察加热温度(120,140,160,180 °C)对辣椒风味牛油过氧化值及酸价的影响。

(2) 干辣椒与油脂质量比:在加热温度 120 °C,加热时间 5 min 的条件下,考察牛油和菜籽油质量比($m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 分别为 10 : 100,15 : 100,20 : 100,25 : 100)对辣椒风味牛油过氧化值及酸价的影响。

(3) 加热时间:在加热温度 120 °C, $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}} = 20 : 100$ 的条件下,考察加热时间(5,10,15,20 min)对辣椒风味牛油过氧化值及酸价的影响。

1.3.3 辣椒风味牛油恒温浸提过程中的品质变化 按照试验 1.3.2 优化得出较佳的试验条件,将碎辣椒及牛油在一定条件下进行煎炸处理后,降至 60 °C 恒温封口,浸提 0,12,24,36,48,60,72,74,96 h 后用纱布过滤,滤出碎辣椒后得无渣辣椒风味牛油,冷藏保存,备检。分别测定辣椒素类物质含量和挥发性风味物质的变化。以牛油、辣椒油和手工全型火锅底料在相同温度下取样进行对照试验。

1.3.4 测定项目及方法

(1) 酸价:按 GB/T 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》中热乙醇指示剂滴定法执行。

(2) 过氧化值:按 GB/T 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中滴定法执行。

(3) 色差:将辣椒风味牛油预热至 60 °C 后,取适量于 CM-5 型分光色差仪专用测试皿中,测定样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值,试验结果以 3 次重复的平均值表示。

(4) 辣椒素:按 NY/T 1381—2007《辣椒素的测定

高效液相色谱法》执行。

(5) 挥发性物质:称取 3.0 g 样品于 10 mL 的电子鼻专用顶空瓶中,密封,将样品置于进样器装置上,待分析。

进样参数:进样体积 5 000 μL ,进样速度 250 $\mu\text{L}/\text{s}$,进样口温度 200 $^{\circ}\text{C}$,进样持续时间 25 s;捕集阱参数:初始温度 30 $^{\circ}\text{C}$,分流 10 mL/min,捕集持续时间 30 s,最终温度 240 $^{\circ}\text{C}$;柱温参数:初始温度 40 $^{\circ}\text{C}$,程序升温以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 升至 230 $^{\circ}\text{C}$ 并保持 10 s,采集时间 170 s;检测器参数:检测器温度 280 $^{\circ}\text{C}$,FID 增益 12。

采用 AlphaSoft V14.2 进行数据处理,使用正构烷烃标准溶液对仪器进行校准,用保留指数表示保留时间,辣椒风味牛油中化合物通过 AroChem Base 数据库进行分析。

2 结果与分析

2.1 辣椒风味牛油加工工艺单因素试验结果

2.1.1 加热温度对辣椒风味牛油品质的影响 由图 1 可知,加热温度为 120 $^{\circ}\text{C}$ 时,相比牛油,菜籽油过氧化值较加热前升高超过 2.5 倍,已超过 NY/T 2111—2011《绿色食品调味油》中的限值(7.5 mmol/kg 即 0.190 35 g/100 g)。在试验范围内,过氧化值整体呈上升趋势,变化较为平缓。牛油及菜籽油酸价与加热温度均呈正相关。从温度对辣椒风味牛油理化性质方面分析,牛油在理化指标上较菜籽油更好,120,140,160 $^{\circ}\text{C}$ 下加热的辣椒风味牛油性质更稳定。结合生产能耗考虑,选择加热温度为 120 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.2 辣椒与油脂质量比对辣椒风味牛油的影响 由图 2 可知,两种油脂过氧化值变化均呈上升趋势,与李阳等^[12]对于煎炸用油的品质变化研究结果一致。同时,菜籽油与牛油对比过氧化值变化较为明显,且已超过国标中的限值。各组酸价随着干辣椒比重的增加而升高,干辣椒含量越多,辣椒风味牛油过氧化值及酸价变化程度越大,且牛油与菜籽油对比两项理化指标变化较小,试验中发现 $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 为 25 : 100 和 20 : 100 时辣椒风

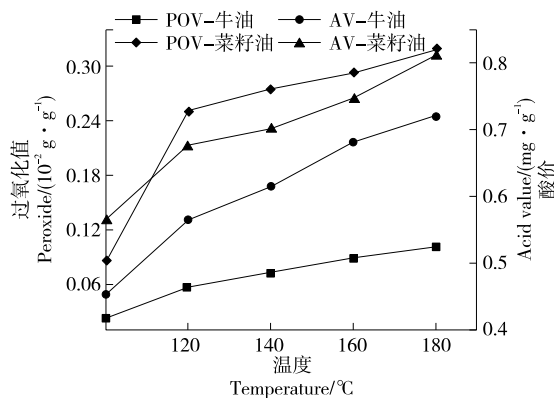


图 1 不同温度条件下辣椒风味牛油过氧化值及酸价
Figure 1 The effects of temperature on POV and AV of chili-flavored beef tallow

味牛油从色泽上来看澄清透明,有较好的辣椒风味牛油香气,结合实际的工业生产,考虑原料节省因素,采用 $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 为 20 : 100。

2.1.3 加热时间对辣椒风味牛油的影响 由图 3 可知,菜籽油的过氧化值上升趋势远远高于牛油,说明牛油的耐加热性能较菜籽油强。菜籽油和牛油的酸价变化趋势基本相似,是由于油脂在高温下氧化分解产生醛酮类物质,导致酸价上升^[13]。由于加热时间导致酸价和过氧化值均升高,从食品安全的角度考虑,选择加热时间为 5 min。结合 2.1.1 和 2.1.2 的试验分析确定制作辣椒风味牛油适宜条件为加热温度 120 $^{\circ}\text{C}$,加热时间 5 min, $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 为 20 : 100。

2.1.4 相关性分析 将加热温度、加热时间及 $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 与牛油的酸价、过氧化值和菜籽油的酸价、过氧化值相关联,用 SPSS 17.0 软件进行相关性分析,其相关系数如表 1。结果显示,加热温度与牛油、菜籽油酸价及过氧化值在 $P=0.01$ 水平上显著相关; $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{油脂}}$ 与牛油的过氧化值在 $P=0.01$ 水平上显著相关,与牛油的酸价

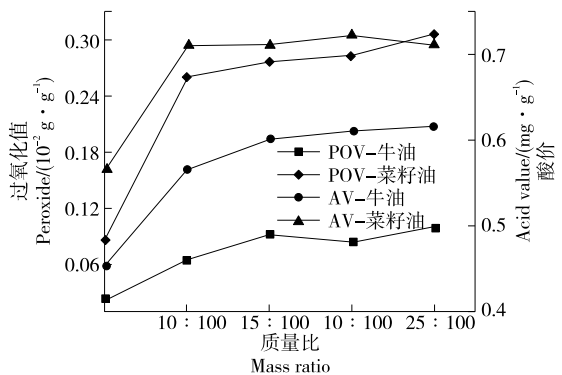


图 2 不同质量比条件下辣椒风味牛油过氧化值及酸价
Figure 2 The effects of liquid-solid ratio on POV and AV of chili-flavored beef tallow

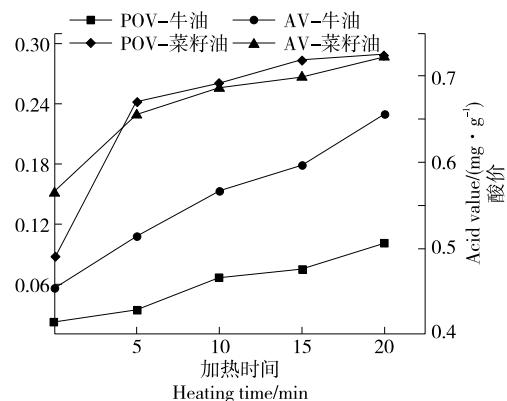


图 3 不同加热时间条件下辣椒风味牛油过氧化值及酸价
Figure 3 The effects of liquid-solid ratio on POV and AV of chili-flavored beef tallow

及菜籽油的酸价和过氧化值在 $P=0.05$ 水平上相关;加热时间与牛油的酸价及过氧化值在 $P=0.01$ 水平上显著相关,与菜籽油的酸价及过氧化值在 $P=0.05$ 水平上相关。

2.2 浸提过程中理化指标及挥发性物质结果

2.2.1 浸提过程中色泽 浸提过程中的色泽变化如表 2。由表 2 可知,辣椒风味牛油在浸提过程中,亮度由 0 h 起降低超过 4.5% ($P<0.05$),红度值增加了 21.5% ($P<0.05$),白度值增加了 7.7% ($P<0.05$),说明油的颜色随浸提时间的增加,颜色不断变暗;干辣椒中的辣椒红色素不断溶解在牛油中,使得牛油的颜色加深,更加鲜红透亮。何小龙等^[13]通过对不同时刻的辣椒油进行理化检测,也

表 1 加热温度、加热时间及 $m_{干辣椒} : m_{油脂}$ 与牛油和菜籽油过氧化值的相关系数[†]

Table 1 Correlation coefficient between heating temperature, time and mass ratio and peroxide value of beef tallow and rapeseed oil

指标	牛油酸价	牛油过氧化值	菜籽油酸价	菜籽油过氧化值
加热温度	0.959**	0.968**	0.958**	0.991**
$m_{干辣椒} : m_{油脂}$	0.933*	0.945**	0.826*	0.906*
加热时间	0.995**	0.988**	0.923*	0.841*

† ** 在 0.01 级别(单尾),相关性显著; * 在 0.05 级别(单尾),相关性显著。

表 2 浸提过程中辣椒风味牛油的色泽变化[†]

Table 2 The change in color of chili-flavored beef tallow at different extraction time

浸提时间/h	L^*	a^*	b^*	ΔE	浸提时间/h	L^*	a^*	b^*	ΔE
原料	97.92±0.03 ^a	-1.13±0.02 ⁱ	6.82±0.02 ⁱ		48	78.10±0.01 ^f	28.98±0.02 ^e	26.54±0.02 ^e	0.87
0	81.67±0.01 ^b	24.39±0.06 ⁱ	25.24±0.02 ⁱ	35.42	60	78.02±0.01 ^g	29.13±0.01 ^d	26.81±0.02 ^d	0.32
12	79.64±0.01 ^c	26.84±0.01 ^h	26.17±0.00 ^h	3.31	72	77.96±0.02 ^b	29.33±0.00 ^c	26.98±0.01 ^c	0.27
24	79.04±0.01 ^d	27.54±0.01 ^g	26.23±0.01 ^g	0.93	84	77.92±0.01 ⁱ	29.58±0.02 ^b	27.12±0.00 ^b	0.28
36	78.54±0.01 ^e	28.25±0.02 ^f	26.36±0.01 ^f	0.88	96	77.93±0.01 ⁱ	29.64±0.03 ^a	27.19±0.04 ^a	0.10

† 上标字母不同表示颜色差异显著($P<0.05$)。

得到了类似结果。从 ΔE 可以看出,牛油在 0~12 h 这段时间的颜色变化最为明显,说明干辣椒中的天然辣椒红色素不断溶解在牛油中,使得牛油的颜色加深,更加鲜红透亮。综合考虑浸提 12 h 后颜色变化对企业来说不是很明显,从生产成本的角度考虑,企业生产辣椒风味牛油选择 12 h 即可。

2.2.2 浸提过程中过氧化值及酸价 辣椒风味牛油浸提过程中过氧化值及酸价测定结果见图 4。从图 4 可知,牛油与辣椒风味牛油在 60 °C 下浸提 96 h,酸价由 0 h 时的 0.664 5,0.713 4 mg/g 分别增长到 0.968 7,1.018 2 mg/g,过氧化值由 0.045 6,0.052 6 g/100 g 分别增长到 0.145 8,0.122 9 g/100 g,均呈上升趋势。浸提前 24 h,牛油与辣椒风味牛油的变化趋势较小,而 24~96 h 牛油变化趋势高于辣椒风味牛油。这与沈文娇等^[14]对辣椒籽对猪油抗氧化作用研究的结论类似,可能是由于辣椒中的辣椒素等物质具有抗氧化作用,随着浸提时间的延长,这些物质渗入越多,进一步抑制油脂在较高温度下的氧化速度,辣椒素类物质确实具有一定的抗氧化活性。但对于生产辣椒风味牛油的企业来说,食品安全方面较为重要,浸提时间越长,酸价、过氧化值上升,具有一定的风险性,因此选择浸提 12 h 即可。

2.2.3 浸提过程中辣椒素类物质的测定 不同浸提时长下辣椒素类物质总含量结果如图 5 所示。由图 5 可知,浸泡时间对牛油中辣椒素类物质含量有显著影响。0~24 h,辣椒素含量升高了 15.8%,达到 0.183 $\mu\text{g/g}$;24~96 h,变化趋势放缓,辣椒素含量升高了 10.7%,达到

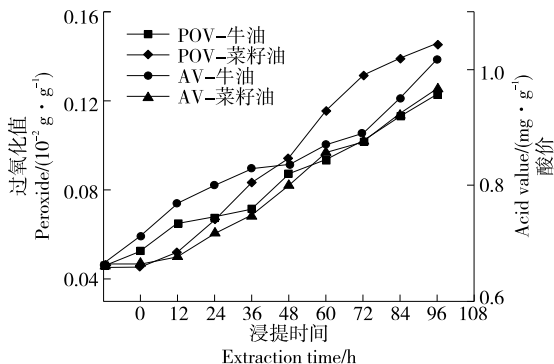


图 4 浸提过程中辣椒风味牛油过氧化值及酸价的变化
Figure 4 Changes of peroxide value and acid value of pepper chili-flavored beef tallow with different extraction time

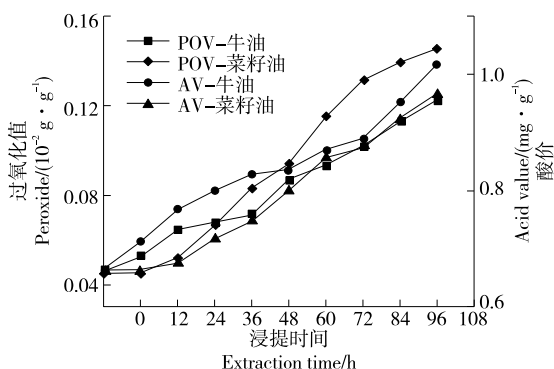


图 5 辣椒素类物质总含量及变化趋势
Figure 5 The total content and change trend of capsaicinoids

0.200 $\mu\text{g/g}$ 。随着浸提时间延长,辣椒风味牛油中辣椒素类物质含量逐渐增加,并且0~48 h辣椒素含量变化最为明显,48~96 h辣椒素含量变化较缓。同时,以辣椒油和市售手工全型火锅底料作对照,辣椒油辣椒素类物质总含量为0.092 $\mu\text{g/g}$,手工全型火锅底料辣椒素类物质含量为0.036 $\mu\text{g/g}$,这两种产品辣椒素含量低于48 h浸提时长下辣椒风味牛油的辣椒素类物质含量。考虑企业生产周期及能耗,浸提时间选择48 h较为合适。

2.2.4 相关性分析 将浸提时间与辣椒素含量、辣椒牛油酸价、过氧化值和牛油酸价过氧化值相关联,用SPSS 17.0软件进行相关分析,其相关性系数如表3。结果表明:浸提时间与辣椒素含量、辣椒牛油酸价、过氧化值和牛油的酸价、过氧化值在 $P=0.01$ 水平上显著相关。

2.2.5 挥发性风味物质分析 图6为6种油样的气相色谱叠加图。从图6可以看出,不同的油样在图中出峰时间、面积上均有区别,用数据库对辣椒风味牛油样品中的挥发性化合物进行定性,对于样品中可能会含有的化合物如表4所示。

根据张洪新等^[15]对不同品种辣椒油制品的品质研究发现,主要的挥发性物质有酯类、烯烃类和醛类。吡嗪类

和醛类中的3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、己醛等被认为是干辣椒的特征风味物质^[16],因此,辣椒风味牛油的风味物质可能为丙醛、甲醇和戊醇以及2-甲基丙烷。

图7中,横坐标表示第一主成分贡献率,纵坐标表示第二主成分贡献率,两个样品在横坐标上距离大证明样品间差异大^[17]。第一主成分与第二主成分在图中所示的贡献率之和超过99%,辣椒牛油通过主成分分析,其区分指数达到99,6种样品能够很好地基于气味上差异进行区分,牛油与辣椒风味牛油在气味上有显著差异,并且不同浸提时长下的辣椒风味牛油间气味也有一定的差异。

表3 浸提时间与辣椒牛油和牛油的理化指标的相关系数[†]

Table 3 Correlation coefficient between extraction time and physicochemical indexes of chili-flavored beef tallow and beef tallow

指标	辣椒素含量	辣椒牛油酸价	牛油酸价	辣椒牛油过氧化值	牛油过氧化值
浸提时间	0.927**	0.978**	0.995**	0.992**	0.993**

[†] ** 在0.01级别(单尾),相关性显著。

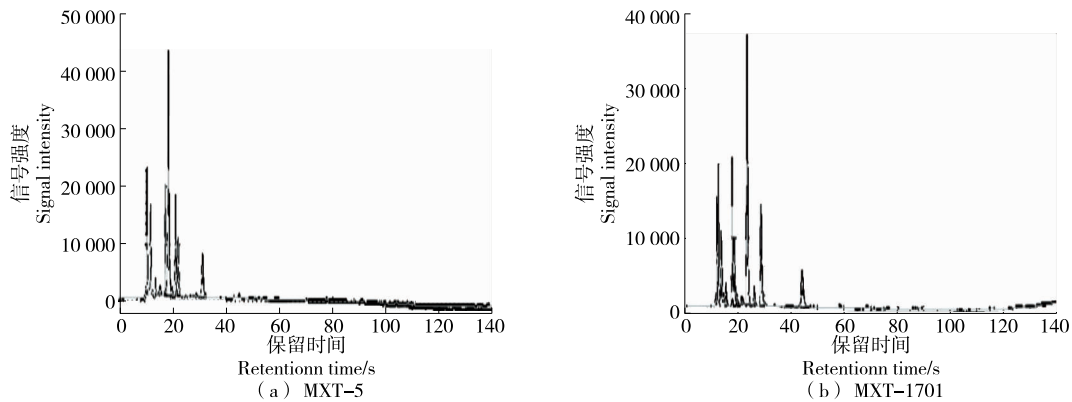


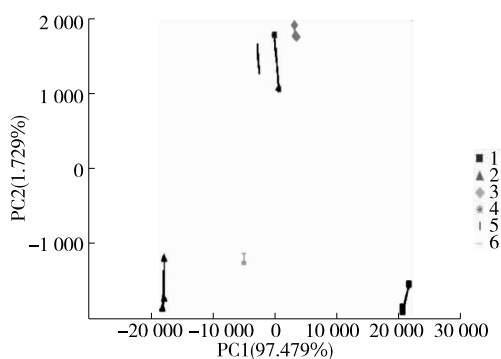
图6 6种油样的气相色谱叠加图

Figure 6 Gas chromatogram overlay of six oil samples

表4 物质定性表

Table 4 Material qualitative table

MXT-5 保留时间/s	MXT-5 保留指数	MXT-1701 保留时间/s	MXT-1701 保留指数	可能含有 的化合物	气味描述	气味阈值/ ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
10.36	438	12.62	530	甲醇	辛辣的	6.00E+002(air)
11.79	483	13.75	569	丙醛	辛辣的	0.12(air)
13.55	542	15.52	618	2-甲基丙烷	辣味的,焙烤味	0.02(air)
17.20	624	17.91	670	乙烷基醋酸	黄油味,辛辣味	5.08(air)
18.39	639	23.52	740	2-甲基-1-丙醇	甘草味	2.32(air)
21.05	673	28.77	792	pent-1-en-3-ol	黄油味,辛辣味	0.38(air)
31.15	753	44.29	882	戊醇	茴香,辛辣味	1.30(air)
44.93	828	58.40	945	2,3-二甲基-1-戊醇	—	1.22(water)
50.94	854	68.51	986	(E)-乙酸-2-己烯-1-醇酯	熟黄油	4.25(water)



1. 牛油 2~6. 浸提 0,24,48,72,96 h 时的辣椒风味牛油
图 7 6 种油样的主成分分析图

Figure 7 Principal component analysis diagrams of six oil samples

3 结论

(1) 加热温度 120 °C, 加热时间 5 min, $m_{\text{干辣椒}} : m_{\text{牛油}} = 20 : 100$, 该条件下制得的辣椒风味牛油在 60 °C 时, 香气和色泽均容易让人接受。

(2) 辣椒风味牛油在恒温浸提过程中, 牛油的酸价和过氧化值都有一定程度上的升高, 酸价由 0.713 4 mg/g 升至 1.018 2 mg/g, 过氧化值由 0.052 6 g/100 g 升至 0.122 9 g/100 g, 但均未超出标准中的限定值。浸提时间对辣椒素类物质的含量有显著影响, 随着浸提时间的延长, 辣椒素类物质含量越来越多, 60 °C 浸提 96 h 时, 辣椒风味牛油中辣椒素类物质总含量增加了 27%, 达到 0.200 μg/g。同时, 辣椒中的辣椒碱等具有抗氧化功效的物质对于辣椒风味牛油在高温浸提下的过氧化值升高具有一定的抑制作用。

(3) 电子鼻测试结果表明, 辣椒风味牛油的风味物质可能为丙醛、甲醇和戊醇以及 2-甲基丙烷。辣椒风味牛油在煎炸后与牛油样品在气味上有显著差异, 不同浸提时长下的辣椒风味牛油间气味也有一定的差异。

参考文献

[1] 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.
LI Xiao-yan, CAI qiang. Analysis of economic benefits of pepper products based on species diversity[J]. China Condiment, 2020, 45(11): 181-184.

[2] 吴丹枫, 周晓燕, 章海风. 四川干辣椒油树脂挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 中国调味品, 2018, 43(7): 136-138.
WU Dan-feng, ZHOU Xiao-yan, ZHANG Hai-feng. GC-MS analysis of volatile components of Sichuan dried chilli oleoresin[J]. China Condiment, 2018, 43(7): 136-138.

[3] 韩超, 叶丽如, 蔡小军, 等. 微波辅助萃取—高效液相色谱—串联质谱法测定辣椒中 3 种辣椒素[J]. 药物分析杂志, 2012, 32

(8): 1 365-1 369.
HAN Chao, YE Li-ru, CAI Xiao-jun, et al. Microwave-assisted extraction and determination of three capsaicinoids in Capsicum annuum by HPLC-MS/MS[J]. Chin J Pharm Anal, 2012, 32(8): 1 365-1 369.

[4] 刘佳敏, 姚迪, 何新益, 等. 低硬度调和牛油的制备及品质分析[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 200-202, 231.
LIU Jia-min, YAO Di, HE Xin-yi, et al. Preparation and quality analysis of low-hardness beef tallow[J]. Food & Machinery, 2020, 36(3): 200-202, 231.

[5] 王家升, 张慧, 丁秀臻, 等. 食用牛油的制备及深加工技术综述[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 32-36.
WANG Jia-sheng, ZHANG Hui, DING Xiu-zhen, et al. Overview of extracting and deep processing of edible beef tallow[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2017, 25(5): 32-36.

[6] XU Li-rong, YU Xiu-zhu, LI Meng-jun, et al. Monitoring oxidative stability and changes in key volatile compounds in edible oils during ambient storage through HS-SPME/GC-MS[J]. International Journal of Food Properties, 2018, 20(sup3): S2 926-S2 938.

[7] JUNG Daeun, OH Imkyung, LEE Jae Hwan, et al. Utilization of butter and oleogel blends in sweet pan bread for saturated fat reduction: Dough rheology and baking performance[J]. LWT, 2020, 125: 1-6.

[8] 辛松林, 舒朝龙, 冯飞, 等. 气相色谱—离子迁移质谱技术分析掺入不同比例大豆油的原香型菜籽油对四川糊辣椒油风味的影响[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 70-75.
XIN Song-lin, SHU Chao-long, FENG Fei, et al. Effect of original flavor rapeseed oils with different proportions of soybean oils on the flavor of Sichuan chili oils by GC-IMS[J]. China Condiment, 2021, 46(3): 70-75.

[9] 余永昊, 谢定源, 方妍, 等. 固相萃取提取分离辣椒油中辣椒素的正交实验优化及检验[J]. 中国调味品, 2020, 45(12): 6-12.
YU Yong-hao, XIE Ding-yuan, FANG Yan, et al. Optimization and verification of orthogonal array design for extraction and separation of capsaicin from chili oil by solid-phase extraction[J]. China Condiment, 2020, 45(12): 6-12.

[10] 何志芳, 王林玉. 辣椒油树脂的纯化试验[J]. 食品工业, 2020, 41(3): 17-20.
HE Zhi-fang, WANG Ling-yu. Experiment on purification of capsaicum oleoresin[J]. The Food Industry, 2020, 41(3): 17-20.

[11] 姜敏. 辣椒油炒制工艺优化[D]. 临汾: 山西师范大学, 2019: 44.
JIANG Min. Optimization of pepper oil frying process[D]. Linfen: Shanxi Normal University, 2019: 44.

[12] 李阳, 钟海雁, 李晓燕, 等. 煎炸用油品质变化及测定方法研究进展[J]. 食品与机械, 2008, 24(6): 148-151.
LI Yang, ZHONG Hai-yan, LI Xiao-yan, et al. Review of quality changes and determination on frying oils[J]. Food & Machinery, 2008, 24(6): 148-151.

(下转第 214 页)

- mones via free fatty acid receptor 3-independent mechanisms[J]. *PLoS One*, 2017, 7(4): e35240.
- [44] RUIJSCHOP R, BOELRIJK A, GIFFEL M. Satiety effects of adairy beverage fermented with propionic acid bacteria[J]. *International Dairy Journal*, 2008, 18(9): 945-950.
- [45] HUGENHOLTZ J. Traditional biotechnology for new foods and beverages[J]. *Current Opinion in Biotechnology*, 2013, 24(2): 155-159.
- [46] 殷丹婷. 外源乳酸菌对膳食纤维体外发酵产物抗结肠癌活性的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 32-33.
YIN Dan-ting. Effect of exogenous lactic acid bacteria on anti-colon cancer activity of dietary fiber fermentation products in vitro[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017: 32-33.
- [47] D'ARGENIO G, MAZZACCA G. Short-chain fatty acid in the human colon: relation to inflammatory bowel diseases and colon cancer[J]. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1999, 472: 149-158.
- [48] 李宁, 郎韧, 郝建宇, 等. 微生物酵素预防肝移植术后早期感染的作用[J]. *中华医院感染学杂志*, 2002(12): 21-23.
LI Ning, LANG Ren, HAO Jian-yu, et al. Oral microbes-ferments for preventing early infection after liver transplantation[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2002(12): 21-23.
- [49] AYED L, ABID S B, HAMDI M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium [J]. *Annals of Microbiology*, 2016, 67(1): 1-11.
- [50] VLIEG J, VEIGA P, ZHANG C, et al. Impact of microbial transformation of food on health—from fermented foods to fermentation in the gastro-intestinal tract[J]. *Current Opinion in Biotechnology*, 2011, 22(2): 211-219.
- [51] VALLABHA V S, INDIRA T N, LAKSHMI A J, et al. Enzymatic process of rice bran: A stabilized functional food with nutraceuticals and nutrients[J]. *Journal of Food Science & Technology*, 2015, 52(12): 8 252-8 259.
- [52] 梁艳花. 红枣乳酸饮料功能性研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015: 42-43.
LIANG Yan-hua. Functional studies on red jujube lactic acid drink[D]. Xianyang: Northwest A&F University, 2015: 42-43.
- [53] 薛淑龙, 范昊安, 陈小伟, 等. 竹叶酵素发酵过程中代谢产物及抗氧化活性的变化[J]. *现代食品科技*, 2019, 35(5): 228-235, 174.
XUE Shu-long, FAN Hao-an, CHEN Xiao-wei, et al. Study on the changes of material metabolism and antioxidant activity of bamboo leaf Jiaosu during the fermentation process [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2019, 35(5): 228-235, 174.

(上接第 154 页)

- [13] 何小龙, 周晓燕, 李辉, 等. 辣椒油制作过程中的品质变化研究[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(11): 91-93.
HE Xiao-long, ZHOU Xiao-yan, LI Hui, et al. Study on different varieties peper effect on quality of chili oil[J]. *Food Research and Development*, 2014, 35(11): 91-93.
- [14] 沈文娇, 何新益, 冯长禄, 等. 辣椒籽对猪油抗氧化作用研究[J]. *食品与机械*, 2016, 32(12): 170-174.
SHEN Wen-jiao, HE Xin-yi, FENG Chang-lu, et al. Study on the antionxidation of chilli seed in lard oil[J]. *Food & Machinery*, 2016, 32(12): 170-174.
- [15] 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.
ZHANG Hong-xin, LIU Hui, CHEN Guang-jin, et al. Study on the quality of chili oil products form different chili varieties[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(5): 190-198.
- [16] GARRUTI D, PINTO N, ALVES V, et al. Volatile profile and sensory quality of new varieties of Capsicum chinense pepper Perfil de voláteis e qualidade sensorial de novas variedades de pimentas Capsicum chinense[J]. *Food Science and Technology*, 2013, DOI: 10.1590/S0101-20612013000500016.
- [17] 俞慧红, 崔晓红, 刘平. 电子鼻在酱油气味识别中的应用[J]. *中国调味品*, 2016, 41(2): 121-125.
YU Hui-hong, CUI Xiao-hong, LIU Ping. Application of electronic nose in odor recognition of soy sauce[J]. *China Condiment*, 2016, 41(2): 121-125.

(上接第 166 页)

- [8] 邓羽翔, 罗诚, 李东亮, 等. 基于 BP 神经网络的烟叶醇化感官质量仿真模拟[J]. *食品与机械*, 2020, 36(3): 161-165.
DENG Yu-xiang, LUO Cheng, LI Dong-liang, et al. Simulation of sensory quality of tobacco leaf alcoholization based on BP neural network[J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(3): 161-165.
- [9] 聂铭, 周冀衡, 杨荣生, 等. 基于 MIV-SVM 的烤烟评吸质量预测模型[J]. *中国烟草学报*, 2014(6): 56-62.
NIE Ming, ZHOU Ji-heng, YANG Rong-sheng, et al. Prediction model of tobacco smoking quality based on MIV-SVM[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2014(6): 56-62.
- [10] 任亚飞, 田帅, 邵馨叶, 等. 基于改进的 PSO-BP 神经网络的参
考作物腾发量预测[J]. *节水灌溉*, 2020(5): 7-10, 15.
REN Ya-fei, TIAN Shuai, SHAO Xin-ye, et al. Prediction of reference crop evapotranspiration based on improved PSO-BP neural network[J]. *Water Saving Irrigation*, 2020(5): 7-10, 15.
- [11] 马锐. 人工神经网络原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 45-66.
MA Rui. Principle of artificial neural network[M]. Beijing: China Machine Press, 2010: 45-66.
- [12] 周品. MATLAB 神经网络设计与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013: 27-53.
ZHOU Pin. Design and application of MATLAB neural network[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013: 27-53.