

郫县豆瓣酱香气成分与感官评价

Aroma components and sensory evaluation of Pixian Douban sauce

陈 璟¹ 任 田² 赵子龙³ 郑成斌²

CHEN Jing¹ REN Tian² ZHAO Zilong³ ZHENG Chengbin²

(1. 柳州职业技术学院环境与食品工程学院, 广西 柳州 545006; 2. 四川大学化学学院, 四川 成都 610065; 3. 西北大学化工学院, 陕西 西安 710000)

(1. School of Environment and Food Engineering, Liuzhou Vocational and Technical College, Liuzhou, Guangxi 545006, China; 2. School of Chemistry, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China; 3. School of Chemical Engineering, Northwestern University, Xi'an, Shaanxi 710000, China)

摘要:目的:探究不同品牌的郫县豆瓣酱香气差异,建立豆瓣酱的品质评估和质量控制方法。方法:以3种不同品牌的郫县豆瓣酱为研究对象,采用SPME和GC-MS技术对其进行香气成分提取与定性分析,并参考现行有效的团体标准,对3种郫县豆瓣酱进行感官评价。结果:品牌T、J、C郫县豆瓣酱中分别鉴定出57,90,70种挥发性风味物质,数据库分别识别出了46,70,60种;排除杂质峰和含量极低的碎片峰,品牌T、J、C的风味物质分别为32,47,43种。品牌J的感官评分最高,品牌T的次之,品牌C的最低。结合香气成分和含量分析,品牌J的3-甲基丁醛和2-甲基丁醛(均具有苹果气味,给人以愉悦的感觉)相对含量较其他两个品牌高,且仅在品牌C中检出了相对含量>3%的糠醛。结论:SPME-GC-MS技术联合感官评价分析可以区分不同品牌郫县豆瓣酱的香气成分。

关键词:郫县豆瓣酱;挥发性风味物质;GC-MS;感官评价

Abstract: Objective: This study aimed to explore the aroma differences of Pixian bean paste from different brands and establish an analytical method for quality evaluation and quality control methods in Douban Sauce, based on solid-phase microextraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) techniques along with sensory evaluation.

Methods: Three different brands of Pixian Douban Sauce were selected as the research objects. SPME and GC-MS techniques

were used to extract and qualitatively analyze the aroma components, and the sensory evaluation of the three types of Pixian Douban Sauce was conducted based on current effective group standards. **Results:** 57, 90, and 70 volatile flavor compounds were identified in brands T, J, and C Pixian Douban Sauce, and 46, 70, and 60 were identified in the database. Excluding impurity peaks and extremely low content fragment peaks, the flavor substances of brands T, J, and C are 32, 47, and 43, respectively. Brand J has the highest sensory rating, followed by brand T, and brand C has the lowest. Based on the analysis of aroma components and content, the relative content of 3-methylbutyraldehyde and 2-methylbutyraldehyde (both with apple aroma and a pleasant feeling) in brand J is higher than the other two brands, and only furfural with a relative content greater than 3% was detected in brand C. **Conclusion:** The combination of SPME-GC-MS technology and sensory evaluation analysis can distinguish the aroma components of different brands of Pixian Douban Sauce.

Keywords: Pixian Douban sauce; volatile flavor compounds; GC-MS; sensory evaluation

豆瓣酱是四川地区的传统调味料之一,其中郫县豆瓣以其独特的品质特色而闻名。郫县豆瓣通过长期翻、晒、露等传统工艺天然精酿发酵而成,具有瓣子酥脆化渣,酱脂香浓郁、红褐油润有光泽、辣而不燥、黏稠适度、回味醇厚悠长的特点^[1-2],其品质特色与郫都区的环境、气候、土壤、水质、人文等因素密切相关^[3-4]。

目前,有关豆瓣酱的气味检测和分析方面尚未见标准化的检测方法,仅靠有经验的嗅觉师进行产品质量把关。传统的气相色谱—质谱联用(GC-MS)技术虽然能够对挥发性成分进行分析,但其耗时较长且数据处理困难^[5-6];而感官评价技术则对评价人员的数量和专业能

基金项目:教育部中西部高等学校青年骨干教师国内访问学者项目(编号:教师司函 2022-15-240);柳州职业技术学院智能检测与大健康科研团队项目(编号:柳职院字 2023-13-006)

作者简介:陈璟,女,柳州职业技术学院教授,硕士。

通信作者:郑成斌(1979—),男,四川大学教授,博士。

E-mail: abinscu@scu.edu.cn

收稿日期:2023-07-14 **改回日期:**2023-12-19

力要求较高,且需要专人进行定性与定量分析处理,此外,有关将 GC/MS 技术与感官评价方法相结合分析郫县豆瓣的相关研究尚未见报道。研究拟探究不同品牌的郫县豆瓣酱的香气差异,建立基于固相微萃取 (SPME) 和 GC-MS 技术同时联合感官评价鉴定郫县豆瓣酱香气的分析方法,并结合成都市郫都区食品工业协会团体标准的要求^[7-10],细化感官指标,为郫县豆瓣的特征风味物质研究及豆瓣酱的品质评估和质量控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

3 种不同品牌的商品化郫县豆瓣酱:代号分别为 T、J、C,产品性状无明显差异,市售。

1.2 仪器与设备

气相色谱质谱仪:GCMS-Agilent 5977B MSD 型,美国安捷伦公司;

电子天平:Mettler Toledo 型,瑞士梅特勒—托利多公司;

色谱柱:30 m×0.32 mm×0.25 μm,温度范围-60~350 ℃,美国安捷伦公司;

固相微萃取顶空瓶:20 mL,太仓道邦色谱科技有限公司;

手动萃取头:75 μm,美国 Supelco 公司。

1.3 方法

1.3.1 样品预处理 将郫县豆瓣酱充分搅匀,迅速称取一定量的样品于 20 mL 顶空瓶中,水浴平衡一定时间,取出,将老化好的萃取头旋转式插入顶空瓶内部进行萃取,萃取结束后立即退回萃取头,插入 GC-MS 进样口解吸。

1.3.2 单因素试验 以各类郫县豆瓣酱为原料,考察预平衡温度(50,60,70 ℃)、样品质量(3,4,5,6 g)、萃取时间(20,30,40,50 min)对色谱图信号和有效出峰数的影响。固定条件:进样口温度 250 ℃,解吸时间 10 min,分流比 3:1。柱箱升温程序:40 ℃,保持 5 min;以 5 ℃/min 升温至 150 ℃,保持 2 min;以 10 ℃/min 升温至 270 ℃,保持 3 min。载气(He)为恒流模式,流速 1.2 mL/min。

1.3.3 GC-MS 分析条件优化 确定最佳试验条件为平衡温度 60 ℃,样品质量 5 g,萃取时间 40 min。柱箱升温程序:40 ℃,保持 5 min;以 5 ℃/min 升温至 150 ℃,保持 2 min。

1.3.4 质谱条件 以 EI 为离子源,离子源温度 230 ℃,电子能量 70 eV;质谱扫描范围(m/z) 12~502;载气为 99.999% 的高纯度氦气,流速 1.2 mL/min,进样口温度 250 ℃。采用柱温升温程序:40 ℃,保持 5 min;以 5 ℃/min 升温至 150 ℃,保持 2 min;进样模式为分流进样,分流比 3:1,流量 3.6 mL/min。传输线温度 250 ℃;

其他参数为标准自动调谐参数;优化阶段每个样品重复测试 3 次,优化后每个样品重复测试 12 次。

1.3.5 挥发性化合物鉴定 提取色谱图时类型选择 TIC;在整个色谱图范围内积分并提取峰质谱图;对积分峰进行列表,全选后,在谱库/数据库中检索质谱图;按积分峰列表顺序,逐一对各积分峰进行定性^[11]。

定性方法:检出组分的谱图与美国国家标准与技术研究院的标准质谱数据库(NIST17)比对,当且仅当正反匹配度>70%时进行记录,优选识别结果中位列首位的化合物,采用峰面积归一法进行定量,得到各香气成分的相对含量。

1.3.6 判断依据 保留当且仅当正反匹配度>70%的鉴定结果,优选识别结果位列首位的化合物;删除未能识别的化合物;排除杂质峰和含量极低的碎片峰对应的化合物。

1.3.7 感官评价 参照相关标准^[12-14],再采用定量描述分析法对郫县豆瓣的香气成分进行评价;16 位经过专业培训的感官品评员(男女各半)按表 1 对郫县豆瓣的色泽、气味、状态、杂质和滋味 5 个指标进行感官评分。

1.4 数据处理

采用 Agilent Mass Hunter Qualitative Analysis 10.0 软件进行数据分析,Origin 2022 软件绘图,采用 Excel 2020 软件对郫县豆瓣中挥发性物质测定结果进行分析,平均值调用 AVERAGE 函数,标准差调用 STDEV. S 函数。

表 1 郫县豆瓣酱的评分标准

Table 1 Scoring standards of Pixian Doubanjiang

项目	评分标准	分值
色泽	呈酱红色,光泽明亮,富有食欲	7~10
	呈酱黄色,光泽较明显	4~6
	光泽较暗,无光泽	0~3
气味	香味浓郁,富有豆瓣酱独特的香味	7~10
	香味较浓,具有豆瓣酱的香味	4~6
	豆瓣酱香味不足	0~3
状态	半固态分离状明显,有大量独立的豆瓣颗粒	7~10
	半固态分离状一般,有少量独立的豆瓣颗粒	4~6
	半固态分离状不足,无独立的豆瓣颗粒	0~3
杂质	无肉眼可见除原辅料外的其他杂质	7~10
	有少量肉眼可见除原辅料外的其他杂质	4~6
	有大量肉眼可见除原辅料外的其他杂质	0~3
滋味	酱香味浓郁,滋味丰满,咸度适宜,回味深长	7~10
	酱香味适中,滋味整体可接受	4~6
	酱香味不足,过咸或过淡	0~3

2 结果与分析

2.1 郫县豆瓣挥发物萃取条件优化

2.1.1 萃取前的预平衡温度 由图 1 可知,当预平衡温度为 60 ℃ 时,色谱出峰数达到最高,而误差线最低。综合考虑,采用 60 ℃ 为郫县豆瓣中挥发性风味物质萃取的最佳预平衡温度。

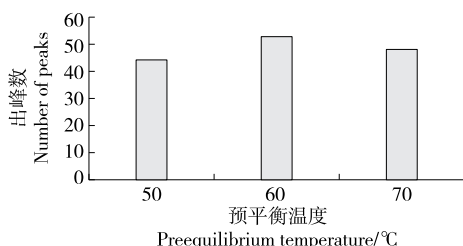


图 1 预平衡温度对豆瓣酱色谱有效出峰数的影响

Figure 1 Effects of preequilibrium temperature on total chromatographic peaks of Doubanjiang

2.1.2 豆瓣酱用量 由图 2 可知,当豆瓣酱用量为 5 g 时,色谱有效出峰数最多,随后下降,说明 5 g 的添加量最有利于豆瓣酱挥发性风味物质的萃取。综合考虑,选取 5 g 为最佳萃取用量。

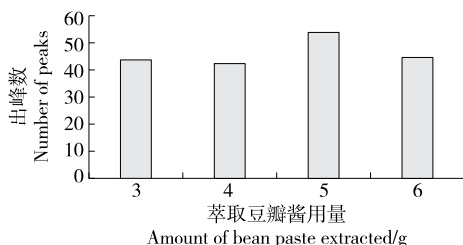


图 2 豆瓣酱用量对色谱有效出峰数的影响

Figure 2 The influence of the amount of extracted Doubanjiang on the total number of chromatographic peaks

2.1.3 萃取时间 由图 3 可知,延长萃取时间可以获得更多的有效峰,但过长的萃取时间会增加成本,且萃取时间为 50 min 时标准差过大,说明继续延长萃取时间会导致某些不稳定化合物从萃取头中解吸,使豆瓣酱挥发性

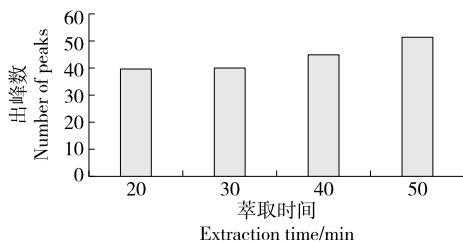


图 3 萃取时间对色谱有效出峰数的影响

Figure 3 Effects of extraction time on the total number of chromatographic peaks

物质含量和种类呈下降趋势。综合考虑,选取 40 min 为最佳萃取时间。

2.2 豆瓣酱挥发性风味物质分析

2.2.1 数据库分析 由图 4 可知,3 种品牌豆瓣酱的 TIC 图差异明显,可直观地从色谱图中进行鉴别。品牌 T、J、C 郫县豆瓣酱中分别鉴定出 57, 90, 70 种挥发性风味物质,数据库分别识别出了 46, 70, 60 种,删除数据库中未能识别的成分并排除杂质峰和含量极低的碎片峰对应的成分,结果见表 2。由表 2 可知,品牌 T、J、C 豆瓣酱中分别鉴定出 32, 47, 43 种香气成分,其相对含量分别为 67.17%, 74.87%, 77.08%。

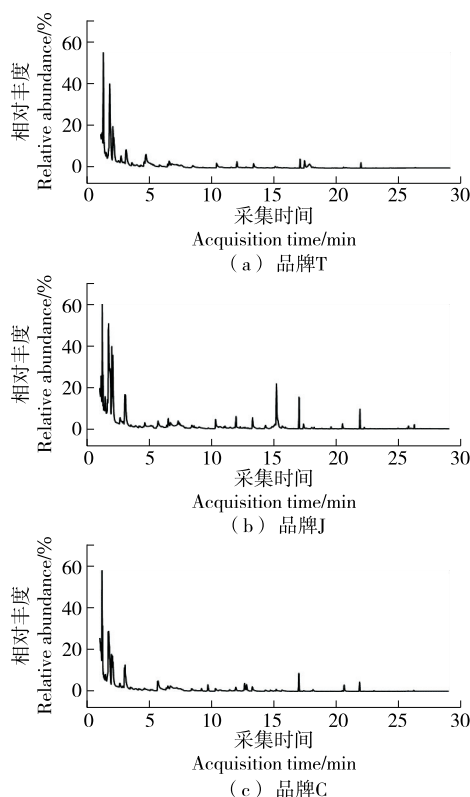


图 4 3 种郫县豆瓣酱的香气成分总离子流色谱(TIC)图
Figure 4 Total ion current chromatography (TIC) of aroma components of three Pixian Doubanjiang

2.2.2 主体风味物质成分 考虑到感官检验时检验员反馈的郫县豆瓣整体气味浓烈^[15-16],将相对含量 $\geq 3\%$ 的化合物列为主要挥发性成分,3 种郫县豆瓣酱共同主要香气和相对含量对比见表 3。

由表 3 可知,对于 3 种品牌而言,乙醇、乙酸乙酯、乙酸、3-甲基丁醛和 2-甲基丁醛是共有的相对含量 $> 3\%$ 的挥发性成分。虽然 3 种品牌中均含有糠醛,但仅品牌 C 的糠醛相对含量 $> 3\%$ 。

其他相对含量 $< 3\%$ 且对风味有加分效果的共同成

表 2 3 种郫县豆瓣酱的香气成分及相对含量

Table 2 Aroma components and related content details of three Pixian Doubanjiang

化合物 名称	保留时 间/min	相对含量/%			化合物 名称	保留时 间/min	相对含量/%		
		品牌 T	品牌 J	品牌 C			品牌 T	品牌 J	品牌 C
二甲醚	1.208	1.12			己醛	4.541		0.14	
甲醇	1.218	2.44		2.83	丁酸乙酯	4.679	2.65	1.20	0.84
乙醇	1.288	15.33	6.29	16.64	2-羟基丙酸乙酯	5.162			0.45
呋喃	1.358		0.47	0.20	乳酸乙酯	5.167		0.14	
硼烷二甲硫醚络合物	1.406		0.55	0.63	2-甲基吡嗪	5.707		2.31	
乙酸甲酯	1.439	0.51	0.48	0.47	糠醛	5.721	1.00	2.31	4.90
2-甲基丙醛	1.523	0.72	1.59	0.94	2-甲基丁酸乙酯	6.426	0.35	0.14	0.85
乙氧基乙酸	1.535	0.42	0.32		异戊酸乙酯	6.548	0.80	0.78	1.71
1-丙醇	1.535			0.25	糠醇	6.716		0.39	
2,3-丁二酮	1.637	0.63	0.40	0.28	乙苯	6.874			0.20
2-丁酮	1.693	0.75	1.23	0.83	乙基硼酸	7.302			0.25
3-甲基呋喃	1.707	0.24	0.81	0.28	甲酰胺	7.326	1.13		1.63
乙酸乙酯	1.780	11.38	10.65	12.00	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	7.465			0.26
正丁基异氰酸乙酸酯	1.879		1.18		2-甲基丁酸	7.552	0.56		
乙酸	1.943	7.10	8.55	7.68	3-甲硫基丙醛	8.431		0.13	
3-甲基丁醛	2.045	5.58	8.49	5.96	2-乙酰基呋喃	8.749		0.19	
2-甲基丁醛	2.126	3.07	6.86	4.46	2,5-二甲基吡嗪	8.987	1.10	2.40	0.90
羟基丙酮	2.169	0.41			苯甲酰基异硫氰酸酯	10.330		0.19	0.26
乙偶姻	2.671	1.08	0.32		5-甲基呋喃醛	10.628		0.13	
丙酮	2.682			0.40	正己酸乙酯	11.947			0.32
丙酸乙酯	2.702	0.75	0.86	0.53	山梨酸甲酯	12.545		1.43	
丁酸甲酯	2.867		0.11		异氰酸苯酯	12.575			0.32
异戊醇	3.078		2.84		桉叶油醇	12.846			1.39
正丁基异氰酸乙酸酯	3.133		2.13	2.55	苯乙醛	13.297	1.15	1.78	1.22
异氰乙酸丁酯	3.136	1.38			2-乙酰基吡咯	14.283		0.51	
二甲基二硫	3.160		0.32		苯硼酸	15.676		0.64	
2-甲基-2-丁烯醛	3.195		1.03		α -甲基苯甲醇	15.667			0.57
苯-D6	3.212			0.25	2-乙基苯酚	17.371		0.56	
2-甲基丙酸乙酯	3.554	0.43	0.23	0.76	苯甲酸乙酯	17.378	0.77		
乙酸异丁酯	3.913		0.22		水杨酸甲酯	18.034		0.23	
3-甲基-2-丁烯醛	4.193		0.39		4-烯丙基苯甲醚	18.164			0.36
(2S,3S)-(+) -2,3-丁二醇	4.274			0.60	苯乙酸乙酯	19.572		0.23	
乙基硼酸	4.292		0.16		4-乙基-2-甲氧基苯酚	20.485		0.59	
异氰乙酸丁酯	4.533	0.88							

分有丙酮(有特殊气味,具辛辣甜味)、乙酸甲酯(无色透明液体,具有芳香味)、2-甲基丙醛(无色有刺激性液体)、2,3-丁二酮(具有酯的气味,经稀释则有黄油香味)等。此外,品牌 T 中检出少量二甲醚(无色气体,有醚类特有的气味),而其他两种品牌中未检出;品牌 T、C 中检出少量甲醇(无色澄清液体,有刺激性气味),而品牌 J 中未检出;

品牌 T、J 中检出少量乙偶姻(既是醇又是酮,用于制作香精和香料的一种化合物),而品牌 C 中未检出。

2.3 感官评价

由表 4 可知,3 种豆瓣酱的各项感官评分不同:从色泽上看,品牌 C 的得分最高,品牌 J 的最低;从香气上看,品牌 J 的得分最高,品牌 C 的最低;从状态上看,品牌 J 的

表 3 3 种郫县豆瓣酱的共同主要香气及相对含量

Table 3 Common main aroma and relative content of three types of Pixian Douban sauce

化合物	品牌 T		品牌 J		品牌 C		气味特征
	保留时间/min	相对含量/%	保留时间/min	相对含量/%	保留时间/min	相对含量/%	
乙醇	1.288	15.33	1.284	6.29	1.288	16.64	无色液体,有酒香
乙酸乙酯	1.780	11.38	1.776	10.65	1.780	12.00	无色,具有水果香味的易燃液体
乙酸	1.890	7.10	1.943	8.55	1.893	7.68	有刺激性气味
3-甲基丁醛	2.047	5.58	2.045	8.49	2.046	5.96	无色液体,有苹果香味
2-甲基丁醛	2.131	3.07	2.126	6.86	2.128	4.46	无色液体,具有苹果气味
糠醛	5.767	1.00	5.721	2.31	5.719	4.90	无色至黄色液体,有杏仁样的气味

表 4 3 种郫县豆瓣的感官评分[†]

Table 4 Sensory evaluation scores of three Pixian Douban brands

品牌	色泽	香气	状态	无杂质	滋味	总分
T	9.12	9.02	8.96	9.00	9.02	9.04
J	9.04	9.24	9.42	9.00	9.21	9.18
C	9.14	8.92	9.02	9.00	8.92	8.99

[†] 单项评审满分为 10 分,总分按加权评分(色泽 25%、香气 25%、状态 10%、无杂质 10%、滋味 30%)计算。

豆瓣因颗粒饱满得分最高,品牌 T 的最低;从无杂质情况上看,3 种品牌均无肉眼可见除原辅料外的其他杂质;从滋味上看,品牌 J 的口感最佳,品牌 T 的次之。按色泽 25%、香气 25%、状态 10%、无杂质 10%、滋味 30% 计算,品牌 J 的总分最高,品牌 T 的次之,品牌 C 的最低,但分数相差较小,可推断商品化的郫县豆瓣酱品质有一定保障,差异较小。

2.4 结合风味成分与感官评价的解析

由于酿造工艺的差异导致不同品牌的郫县豆瓣中挥发性风味物质不同,酯类、醛类、醇类和酸类均为郫县豆瓣中主要的挥发性风味成分^[17-20],结合数据库比对发现,品牌 J 无论是从香气还是滋味上均获得了最高分,在其相对含量>3% 的 5 种特征成分中,乙醇的相对含量较其他两种品牌的低,而 3-甲基丁醛和 2-甲基丁醛的相对含量较其他两种品牌的高,且这两种成分均具有苹果气味,对郫县豆瓣的香气成分有一定贡献,给人以愉悦的感觉,含量增加能够使郫县豆瓣中的果香味增加,因此对香气和滋味的评价为加分。品牌 C 无论是从香气还是滋味上均获得了最低分,且仅品牌 C 中检出了相对含量>3% 的糠醛。由表 3、表 4 可知,糠醛是无色至黄色液体,有杏仁样的气味。品牌 T、J 中检出有少量乙偶姻(既是醇又是酮,用于制作香精和香料的一种化合物),而品牌 C 中未检出乙偶姻,说明缺少乙偶姻的香味成分会影响感官评价的判断,对香味和滋味而言是减分。

3 结论

采用固相微萃取结合气相色谱—质谱技术对商品化的 3 种品牌郫县豆瓣酱进行了挥发性风味物质的鉴定。结果表明,不同品牌的豆瓣酱在香气成分上存在差异,品牌 J 在香气和滋味方面的得分较高,而品牌 C 的得分相对较低。3 种品牌郫县豆瓣酱的总离子流色谱图有明显差异,可以直观地区分不同品牌的豆瓣酱,后续可以运用机器学习等智能方法来批量鉴别品牌或判断豆瓣酱的腌制成熟度,以保证严格统一的品控。

致谢

感谢安捷伦科技(中国)有限公司的技术支持。

参考文献

[1] 国家质量监督检验检疫总局. 中国地理标志产品大典: 精华本三[M]. 北京: 中国质检出版社, 2016: 23-55.
State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. China geographical indication products classic three [M]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2016: 23-55.

[2] 肖雨童. 郫县豆瓣传统制作工艺保护与传承策略研究[J]. 大众文艺, 2022(15): 1-3.
XIAO Y T. Study on protection and inheritance strategy of traditional making technique of Pixian Douban[J]. Public Literature and Art, 2022(15): 1-3.

[3] 杨帆. 火锅专用郫县豆瓣对牛油火锅底料品质影响及企业标准研究[D]. 成都: 西华大学, 2022: 1-60.
YANG F. Study on the influence of Pixian Douban for hot pot on the quality of butter hot pot base and enterprise standard [D]. Chengdu: Xihua University, 2022: 1-60.

[4] 吉礼, 蒲开阳, 秦覃, 等. 农家日晒与阴制郫县豆瓣产品品质对比分析[J]. 食品与发酵科技, 2022, 58(3): 119-123.
JI L, PU K Y, QIN Q, et al. Comparative analysis of the quality of sun-baked and shadier Pixian Douban[J]. Food and Fermentation Technology, 2022, 58(3): 119-123.

[5] 张蕾蕾, 吴剑荣, 张洪涛, 等. 基于 GC-MS 结合化学计量学方法鉴定四川郫县豆瓣酱[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(13): 268-276.

- ZHANG L L, WU J R, ZHANG H T, et al. Identification of Sichuan Pixian Douban based on GC-MS combined with chemometrics[J]. Food and Fermentation Industry, 2022, 48(13): 268-276.
- [6] 陈丽兰, 易宇文, 吴华昌, 等. GC-MS 结合电子鼻分析不同品牌郫县豆瓣对干煸牛肉品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(9): 39-43.
- CHEN L L, YI Y W, WU H C, et al. GC-MS combined with electronic nose analysis of the effects of different brands of Pixian Douban on the quality of dry-fried beef[J]. Chinese Condiments, 2022, 47(9): 39-43.
- [7] 张莞. 郫县豆瓣产业化与县域经济联动发展对策研究[J]. 成都工业学院学报, 2022, 25(1): 75-78, 97.
- ZHANG D. Study on the joint development strategy of Pixian Douban industrialization and county economy [J]. Journal of Chengdu Institute of Technology, 2022, 25(1): 75-78, 97.
- [8] 郑鹏飞, 张丽杰, 王栋, 等. 一种自下而上的合成微生物组理性构建策略, 用于郫县豆瓣发酵剂设计[J]. 微生物学报, 2022, 62(10): 3 913-3 931.
- ZHENG P F, ZHANG L J, WANG D, et al. A bottom-up rational construction strategy of synthetic microbiome for the design of starter culture of Pixian Douban [J]. Chinese Journal of Microbiology, 2022, 62(10): 3 913-3 931.
- [9] 李雄波, 范智义, 杨梅, 等. 不同品种蚕豆发酵郫县豆瓣甜瓣子适宜性评价[J]. 食品科学, 2022, 43(23): 49-56.
- LI X B, FAN Z Y, YANG M, et al. Evaluation of suitability of different varieties of broad beans for fermentation of sweet Pixian Douban[J]. Food Science, 2022, 43(23): 49-56.
- [10] 樊艳. SPME-GC-MS 结合 ROAV 分析腐乳中的主体风味物质[J]. 食品工业科技, 2021, 42(8): 227-234.
- FAN Y. SPME-GC-MS combined with ROAV analysis of main flavor substances in fermented bean curd [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(8): 227-234.
- [11] 李龙, 李洁芝, 李恒, 等. 一种郫县豆瓣颗粒调味品的开发及挥发性风味物质研究[J]. 中国酿造, 2021, 40(6): 196-201.
- LI L, LI J Z, LI H, et al. Development of Pixian Douban granule seasoning and study on volatile flavor substances [J]. China Brewing, 2021, 40(6): 196-201.
- [12] 成都市郫都区地理标志保护产品行业协会. 郫县豆瓣生产企业良好行为规范: T/PGIA 02—2019[S]. 北京: 中国质量标准出版传媒有限公司, 2019: 1-19.
- Chengdu Pidu District Geographical Indication Protection Products Industry Association. Goodcode of conduct for Pixian Douban production enterprises: T/PGIA 02—2019 [S]. Beijing: China Quality Standard Publishing Media Co Ltd, 2019: 1-19.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 地理标志产品 郫县豆瓣: GB/T 20560—2006[S]. 北京: 中国质量标准出版传媒有限公司, 2006: 1-7.
- State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, Standardization Administration. Production of geographical indication: Pixian Douban: GB/T 20560—2006 [S]. Beijing: China Quality Standard Publishing Media Co Ltd, 2006: 1-7.
- [14] 中国轻工业联合会. 绿色设计产品评价技术规范郫县豆瓣: T/CNLIC 0032—2021[S]. 北京: 冶金工业出版社, 2021: 1-21.
- China Light Industry Federation. Technical specification for green-design product assessment Pixian Douban: T/CNLIC 0032—2021 [S]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2021: 1-21.
- [15] 魏依兰, 李娜, 刘佳莉, 等. 郫县豆瓣关键滋味组分的鉴定[J]. 食品工业科技, 2023, 44(21): 358-366.
- WEI Y L, LI N, LIU J L, et al. Identification of key flavor components of Pixian bean [J]. Food Industry Science and Technology, 2023, 44(21): 358-366.
- [16] 钟小廷, 胡涛, 郭川川, 等. 郫县豆瓣香辣品质特征分析[J]. 食品工业, 2023, 44(3): 278-282.
- ZHONG X T, HU T, GUO C C, et al. Analysis of spicy quality characteristics of Pixian Douban[J]. Food Industry, 2023, 44(3): 278-282.
- [17] 陈丽兰, 陈祖明, 袁灿. GC-IMS 结合化学计量法分析不同炒制时间对郫县豆瓣酱挥发性化合物的影响[J/OL]. 食品科学. (2023-01-31) [2023-06-19]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20230131.0850.008.html>.
- CHEN L L, CHEN Z M, YUAN C. Effect of different cooking time on volatile compounds of Pixian Doujiang by GC-IMS combined with chemometry[J/OL]. Food Science. (2023-01-31) [2023-06-19]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20230131.0850.008.html>.
- [18] 徐阳, 沈思怡, 戢得蓉, 等. 基于 GC-MS 分析不同郫县豆瓣对复合调味料挥发性风味的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 264-274.
- XU Y, SHEN S Y, JI D R, et al. Effect of different Pixian Douban on volatile flavor of compound seasoning based on GC-MS[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(15): 264-274.
- [19] 张蕾蕾, 吴剑荣, 张洪涛, 等. 基于 GC-MS 结合化学计量学方法鉴定四川郫县豆瓣酱[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(13): 268-276.
- ZHANG L L, WU J R, ZHANG H T, et al. Discrimination of broad bean paste from Pixian Sichuan and other origins using GC-MS combined with chemometrics[J]. Food and Fermentation Industry, 2022, 48(13): 268-276.
- [20] 孙文佳, 吴茜, 张任虎, 等. 郫县豆瓣工艺技术研究现状与产业发展探讨[J]. 中国酿造, 2022, 41(12): 22-25.
- SUN W J, WU Q, ZHANG R H, et al. Research status and industrial development of Pixian Douban process technology[J]. China Brewing, 2022, 41(12): 22-25.