

# 中国酿造酱油风味轮构建及感官定量描述分析

张海伟<sup>1</sup>, 江飞鸿<sup>1</sup>, 杨 欧<sup>1</sup>, 戴 瑶<sup>1</sup>, 李梅青<sup>1</sup>, 程江华<sup>2</sup>

(1.安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽省农产品加工工程实验室, 安徽 合肥 230036;

2.安徽省农业科学院农产品加工研究所, 安徽 合肥 230001)

**摘 要:** 通过组建酱油感官评价小组对48种中国市售酿造酱油进行感官描述词开发, 构建了中国酿造酱油风味轮, 包括香气与风味两个维度, 共55个描述词。在此基础上, 建立含有不同强度参比样的酿造酱油感官描述词汇表, 利用该词汇表对20种不同等级、不同产地酿造酱油样品进行定量描述分析。结果表明, 酱油典型感官属性特征为豆瓣酱香、咸味、鲜味、中草药香、熟黄豆香等。通过方差分析、主成分分析以及判别分析发现不同等级、不同产地酱油感官特性均存在显著差异。该研究可为中国酿造酱油的感官品质分析提供方法参考。

**关键词:** 中国酿造酱油; 感官评价; 风味轮; 定量描述分析

## Flavor Wheel Development and Sensory Quantitative Descriptive Analysis of Chinese Brewed Soy Sauce

ZHANG Haiwei<sup>1</sup>, JIANG Feihong<sup>1</sup>, YANG Ou<sup>1</sup>, DAI Yao<sup>1</sup>, LI Meiqing<sup>1</sup>, CHENG Jianghua<sup>2</sup>

(1. Anhui Engineering Laboratory for Agro-products Processing, School of Tea and Food Science & Technology,

Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. Agro-products Processing Research Institute,

Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230001, China)

**Abstract:** Based on sensory descriptors developed by a sensory evaluation panel for 48 commercial Chinese brewed soy sauce samples, a flavor wheel of Chinese brewed soy sauce with 55 descriptors in the dimensions of aroma and flavor was developed for the first time. Meanwhile, a lexicon of sensory descriptors for brewed soy sauce containing reference samples with different intensities was established, and 20 brewed soy sauce samples of different grades and from different geographical origins were subjected to sensory evaluation by quantitative descriptive analysis (QDA) using this lexicon. The results showed that the characteristic flavor attributes of soy sauce were soy paste-like, salty, umami, Chinese herbal, and cooked soybean-like aromas. Through analysis of variance (ANOVA), principal component analysis (PCA) and discriminant analysis (DA), it was found that there were significant differences in sensory properties among soy sauce of different grades and from different regions. This study can provide a methodological reference for sensory quality analysis of Chinese brewed soy sauce.

**Keywords:** Chinese brewed soy sauce; sensory evaluation; flavor wheel; quantitative descriptive analysis

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220623-261

中图分类号: TS264.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2023)14-0258-08

引文格式:

张海伟, 江飞鸿, 杨欧, 等. 中国酿造酱油风味轮构建及感官定量描述分析[J]. 食品科学, 2023, 44(14): 258-265.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220623-261. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Haiwei, JIANG Feihong, YANG Ou, et al. Flavor wheel development and sensory quantitative descriptive analysis of Chinese brewed soy sauce[J]. Food Science, 2023, 44(14): 258-265. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220623-261. <http://www.spkx.net.cn>

酱油是我国食用历史悠久的传统调味品之一, 不仅具有明亮棕红色的颜色, 浓郁的酱香、醇香、焦糖香等

香气, 鲜味、咸味、甜味、浓厚味等综合味感, 能改善食物的色、香、味<sup>[1]</sup>, 还富含类黑精、呋喃类化合物、

收稿日期: 2022-06-23

基金项目: 科技部重点专项(SQ2020YFF); 安徽省重大科技专项(201903a06020008);

安徽农业大学研究生质量工程(课程建设类)项目(2021yjskc03)

第一作者简介: 张海伟(1979—)(ORCID: 0000-0001-7069-9038), 女, 副教授, 博士, 研究方向为农产品加工、贮藏与品质分析。E-mail: zhanghaiwei@ahau.edu.cn

异黄酮类化合物、大豆多肽等多种功能性活性物质,具有一定的抗氧化、降血压和提高免疫力等生理功能<sup>[2]</sup>,现已成为世界性的大宗调味品。

我国酿造酱油是以大豆和/或脱脂大豆、小麦和/或麸皮为主要原料,经蒸煮、曲霉菌制曲后与盐水混合成稀醪或固态酱醅,再经微生物(如霉菌、酵母菌、细菌、乳酸菌等)发酵制成<sup>[3]</sup>。根据酱油中的可溶性无盐固形物、全氮和氨基酸态氮含量,将酱油分为4个级别,即特级、一级、二级和三级<sup>[4]</sup>。作为调味品,酱油的风味是决定酱油品质的重要指标,更是影响消费者购买行为的关键要素。近些年来,关于中国酿造酱油中挥发性关键风味物质和滋味化合物的研究有很多<sup>[5-8]</sup>,然而单一的化合物并不能与香气或滋味简单地对应,因为食品的感官特征是多种化合物在人嗅觉和味觉受体上反应的综合感受,因此感官分析不可替代,且在产品质量评价中具有重要的作用。

风味轮是一种可用于描述产品不同风味特征的可视化实用工具,通过对具体感官属性描述词的收集、分类、归纳和整理,形成产品的风味特征<sup>[9]</sup>。风味轮可以让生产者、销售者、消费者等方便地认识、研究和应用产品的风味性质,在产品研发、质量控制、风味营销等方面发挥着重要的作用<sup>[10]</sup>。许多具有特色的嗜好食品已有公认的“风味轮”,如咖啡<sup>[11]</sup>、白酒<sup>[12]</sup>、葡萄酒<sup>[13]</sup>、香辛料<sup>[14]</sup>等。风味轮构建的关键步骤是产生典型或代表性样品的感官属性客观描述词汇表,这些词汇能形成产品感官特性的永久记忆,也是感官描述分析获得准确且具有重现性结果的基本保证<sup>[15]</sup>。

Park等<sup>[16]</sup>对6个产自韩国的发酵酱油进行描述分析,8个评价员共产生了11个香气描述词,10个风味描述词和1个口感词;经过方差与主成分分析(principal component analysis, PCA),确定基本滋味和发酵/化学是描述发酵酱油样品差异的主要感官特征。Chung等<sup>[17]</sup>利用来自韩国和日本的2个描述评价小组,分别对4个韩国酱油和4个日本酱油进行描述分析,结果分别产生了48个和36个感官描述词。Cherdchu等<sup>[18]</sup>报道分别在美国、泰国的2个评价小组,共同对20种酱油样品进行感官描述分析,虽然大部分描述词具有相似的定义和参比样,但还是产生了不相同或互相不理解的词汇。这些跨文化的感官分析研究结果表明,文化背景与对样品的熟悉程度严重影响着评价员的感觉和对某些属性的理解。Imamura<sup>[19]</sup>采用定量描述分析方法对149个酱油样品进行描述词开发,共产生了88个描述词,分为香气、滋味、风味和质构4个范畴,并形成了风味轮。但是这些酱油样品有126个产自日本,只有8个样品来自中国,此酱油风味轮不能涵盖中国酱油的感官特征。

因为跨文化的影响,已建立的酱油风味轮,有些词汇并不能理解,而且风味轮的构建采用的样品也不是以我国酿造酱油样品为主体。国内学者虽然也对酱油的感官品质进行研究,周莉<sup>[20]</sup>采用Napping法对中国传统日晒酱油、广式酱油、日式酱油的香气进行描述分析,确定了煮土豆、酸、奶酪、焦糖、调味品、坚果、烘焙、烟熏等9个香气描述词,魏永义<sup>[21]</sup>、吕传萍<sup>[22]</sup>等通过对酱油定量描述分析得到了色泽、透明度、酯香、酱香、虾香味、腥味等描述词,但是这些感官分析样品数量只有3~13个,不具有代表性。

本研究选择有代表性的不同级别、不同产地、不同品牌的48种酿造酱油样品,绘制中国酿造酱油风味轮,建立酿造酱油主要感官属性词汇表,并在此基础上对不同等级、不同产地市售酿造酱油样品进行定量描述分析,通过方差分析、PCA以及判别分析方法分析不同类别酱油样品的风味特性,为准确地描述和区分不同感官特征的酿造酱油样品提供科学的评价方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 酱油样品

酿造酱油样品均随机从市场购买,且均采用高盐稀态发酵工艺。开发酱油感官描述词所用样品共48个(表1),包括我国酿造酱油的主要品牌,代表了中国酿造酱油的主要特色。感官定量描述分析所使用酱油样品共20种(表2),涵盖了不同等级、不同产地的各类酿造酱油样品。

表1 开发酱油感官描述词所使用酱油样品  
Table 1 Soy sauce samples used for developing sensory descriptors

序号	品牌	产品名称	质量等级	产地
1	海天	即筒裸酱油	特级	佛山
2	海天	特级金标生抽	特级	佛山
3	海天	金标生抽	一级	佛山
4	海天	鲜味生抽	二级	佛山
5	海天	鲜味生抽	三级	佛山
6	李锦记	零添加醇味鲜	特级	广州
7	李锦记	特级头抽	特级	广州
8	李锦记	金标生抽	一级	广州
9	李锦记	薄盐生抽	二级	广州
10	李锦记	锦珍生抽	三级	广州
11	千禾	380天零添加	特级	眉山
12	千禾	180天零添加	特级	眉山
13	千禾	春曲原酿酱油	一级	眉山
14	千禾	零添加酱油	一级	眉山
15	加加	一品鲜	特级	长沙
16	加加	金标生抽	一级	长沙
17	加加	鲜味鲜生抽	三级	长沙
18	珠江桥	特级头抽	特级	中山
19	珠江桥	金标生抽王	一级	中山
20	珠江桥	鲜味生抽	三级	中山

续表1

序号	品牌	产品名称	质量等级	产地
21	欣和	六月鲜轻12克轻盐酱油	特级	烟台
22	欣和	六月鲜原汁酱油	特级	烟台
23	致美斋	天顶头抽	特级	广州
24	致美斋	天顶生抽	特级	广州
25	厨邦	纯酿酱油	特级	中山
26	厨邦	厨邦酱油	特级	中山
27	味事达	味极鲜酱油	特级	开平
28	味事达	金标生抽王	三级	开平
29	巧媳妇	原汁酱油	一级	淄博
30	巧媳妇	金标生抽	二级	淄博
31	太太乐	原味鲜头道酱油	特级	青岛
32	六必居	金狮本酿造酱油	特级	北京
33	鲁花	自然鲜香生抽	特级	烟台
34	VEpiaopiao	挚朴酱油	特级	厦门
35	禾然	有机酱油	特级	烟台
36	程德馨	零添加金典生抽	特级	烟台
37	味美思	味极鲜酱油	特级	兴化
38	伊例家	味极鲜	特级	徐州
39	薛泰丰	原浆特酿	特级	无锡
40	老才臣	一品鲜酱油	特级	北京
41	水塔	味极鲜酱油	特级	佛山
42	玉兔	头道鲜酱油	特级	淄博
43	食圣	黄小鲜纯生酱油	特级	渤海
44	好记	180天有机生抽	特级	延边
45	东古	金标生抽王	一级	江门
46	利民	黄豆酱油	一级	天津
47	四美	金标生抽	一级	扬州
48	紫林	珍鲜生抽	二级	淄博

表2 定量描述分析酱油样品

Table 2 Soy sauce samples used for quantitative descriptive analysis

编码	品牌	产品	质量等级	产地	产地分类
J1	致美斋	天顶头抽	特级	广州	南方
J2	VEpiaopiao	挚朴酱油	特级	厦门	南方
J3	薛泰丰	原浆特酿	特级	无锡	中部
J4	海天	即简裸酱油	特级	佛山	南方
J5	六必居	金狮本酿造酱油	特级	北京	北方
J6	海天	金标生抽	一级	佛山	南方
J7	加加	金标生抽	一级	长沙	中部
J8	巧媳妇	原汁酱油	一级	淄博	北方
J9	千禾	春曲原酿酱油	一级	眉山	中部
J10	珠江桥	金标生抽王	一级	中山	南方
J11	仁昌酱园	母子酱油	二级	绍兴	中部
J12	李锦记	薄盐生抽	二级	广州	南方
J13	六必居	金狮黄豆酱油	二级	北京	北方
J14	巧媳妇	金标生抽	二级	淄博	北方
J15	紫林	珍鲜生抽	二级	淄博	北方
J16	海天	鲜味生抽	三级	佛山	南方
J17	李锦记	锦珍生抽	三级	广州	南方
J18	珠江桥	鲜味生抽	三级	中山	南方
J19	味事达	金标生抽王	三级	开平	南方
J20	加加	鲜味鲜生抽	三级	长沙	中部

## 1.2 方法

### 1.2.1 感官评价小组的建立与培训

按照GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分：优选评价员》<sup>[23]</sup>的要求，

在安徽农业大学食品专业学生中招募（调查问卷）、筛选（基本味觉和嗅觉敏感度测试、差别型检验及气味描述检验等）出20位评价员。对20位评价员进一步培训，包括食品感官基本属性、酱油感官属性、感官分析基本方法、定量描述方法等；每次培训时间1.5~2.0 h，共20次；通过多次测试与考核，选出12位评价员组成酱油感官评价小组。评价小组成员，4男8女，年龄21~25岁，均选修过《食品感官评定与实验》课程。

### 1.2.2 酱油样品制备

评价酱油香气时，量取25 mL酱油放入一次性带盖品评杯（50 mL）中。由于酱油的咸度较高，不适合直接品评，因此评价酱油风味、滋味和口感时，用纯净水将酱油进行2倍稀释，然后放入品评杯中。所有样品均采用三位数随机编码。每次随机呈送2个样品给评价员，样品轮次之间间隔10 min。

### 1.2.3 酱油描述词产生与删减

随机选出18个酱油样品，包括4个等级、9个品牌，先让评价小组成员从香气、风味、基本味道、口感4个方面初步给出酱油描述词，然后根据GB/T 16861—1997《感官分析 通用多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词》<sup>[24]</sup>将得到的描述词进行初筛，再采用5点标度（0-无、1-弱、2-稍弱、3-平均、4-稍强、5-强）对48种酱油样品的描述词（初筛后）进行强度评价，最后按下式计算几何平均（ $M$ ）值对描述词进行排序和进一步删减。

$$M = \sqrt{F \times I}$$

式中： $F$ 为描述词实际被提及的次数占该描述词所有可能被提及总次数的比率； $I$ 为评价小组实际给出的一个描述词的强度和占该描述词最大可能所得强度的比率。

### 1.2.4 酱油风味轮构建方法

将2次删减后的描述词进行分类、分级、汇总，并绘制风味轮，以香气与风味为一级术语，相似归类词汇为二级术语，具体描述词为三级术语。

### 1.2.5 酱油感官品质定量描述分析方法

在已整理好的市售酿造酱油风味轮基础上，通过小组讨论，得到意见统一、具有代表性的高频描述词。评价小组采用一致性方法对所有描述词进行定义，确定其参照物，采用15点线性标度，通过配制不同浓度或采用具有描述词相似特征的市售产品而获得1~3个参比强度，最终得到酱油感官属性词汇表（表3）。样品提前30 min制备，香气评定时，将25 mL酱油样品分别倒入50 mL带盖标准品评杯中，并盖上杯盖；滋味评定时，先将酱油样品用纯净水稀释2倍后，再将样品倒入标准品评杯中。每个样品均采用三位数随机编码，于常温下评定。评价员在独立的感官评价隔间内，根据词汇表对20个酱油样品（表2）进行定量描述分析。为降低评价员



感官疲劳, 要求评价员在评价样品之间间隔2~3 min, 每轮次之间间隔10 min。每个样品重复检测2次。

表3 市售酿造酱油感官描述词汇  
Table 3 Glossary of sensory descriptors for commercially available brewed soy sauce

描述词	定义	参比样	参比标准
豆瓣酱香	豆瓣酱的特征香气	欣和六月香豆瓣酱	15 g/100 mL水=4.0; 2 g=13.0
中草药香	熬制中草药的香气, 类似于酚类化合物的气味	板蓝根颗粒	10 g/100 mL水=7.0
甜香	浓郁的焦糖香气	红糖	10 g/100 mL水=3.0
乙醇香	蒸馏酒的气味	食用酒精	5%=4.0
干果香	干制水果的浓郁香气	干桂圆壳	2 g/200 mL水, 加热15 min=4.0
酸气	一种刺激性酸味, 如白醋的弥散气味	恒顺白醋	20%=5.0; 50%=9.0
烧焦气	烧焦的气味, 可能带有刺激性	烤焦的面包糠	5 g烤至焦黑=9.0
土腥的	由腐烂的植物和潮湿的泥土散发出的湿的、霉的、不新鲜的气味	平菇	2 g=5.0
熟黄豆味	煮熟的黄豆味道	煮熟的黄豆	2 g=6.0
干果味	果干的苦甜味, 略带酸味	桂圆干、葡萄干混合物	5 g/200 mL水=6.0
酒精味	蒸馏酒的风味	食用酒精	1%=2; 2%=5.0
焦糖味	浓郁的焦糖味	红糖	3%=4.0
熏烤味	更长时间更高温下烘烤咖啡、肉、坚果等特征	烘焙研磨咖啡	0.1 g/150 mL=2.0; 0.2 g/150 mL=6.0
醋酸味	醋的强烈刺鼻的尖酸风味	恒顺白醋	2%=5.0
焦糊味	食品过度加热变焦发黑产生的焦苦味	烤焦的面包	5 g烤至焦黄=7.0
苦味	由苦味物质如奎宁产生的基本味感	奎宁	0.002%=4.0; 0.003%=6.0
咸味	咸味物质如氯化钠产生的基本味感	氯化钠	1.0%=7.0; 3.0%=9.5
酸味	由酸性物质如柠檬酸产生的基本味感	柠檬酸	0.015%=1.5; 0.05%=4.0
甜味	由甜味物质如蔗糖产生的基本味感	蔗糖	2.0%=2.0; 5.0%=6.0
鲜味	鲜味物质如谷氨酸钠产生的基本味感	谷氨酸钠	0.20%=3.0; 0.35%=5.0

### 1.3 统计分析

采用感官分析与消费者测试软件 (APPsense) 统计描述词的频次和强度。采用Microsoft Office Excel 2019软件进行数据记录、平均值、变异系数计算等统计分析; 采用SPSS 26.0统计软件对定量描述分析数据进行方差分析, 并采用Duncan进行多重比较检验,  $P < 0.05$ 表示差异显著, 同时进行判别分析并作图; 采用XLSTAT 2019 2.2软件进行PCA及风味轮作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 市售酿造酱油感官描述词的产生与删减

随机提供包括4个等级的18种市售酿造酱油样品给评价员, 评价小组分别从香气、风味、基本味道、口感4个方面, 共产生149个描述词。由于描述词数目太大, 且有些不适宜, 故对这些描述词进行初步整理<sup>[25]</sup>, 删除快感术语, 例如臭味, 香味; 删除定量术语, 如淡焦糖味、淡蒸煮味; 删除用产品名称描述产品的术语, 如酱油味; 合并删除重复描述的术语, 如白豆腐干味和

豆腐干味, 白酒味、米酒味和黄酒味, 巧克力味和可可粉味, 黄豆味与泡水黄豆味等; 删除只有少部分评价员识别到的术语, 如苹果味、茉莉香、茶叶香、蛋黄酱味、豆沙味等。通过初步整理, 得到了43个香气描述词, 28个风味描述词, 5个基本味和5个口感描述词, 共81个描述词。

分别对48种市售酱油样品的81个感官描述词进行强度评价, 并计算每个描述词的M值。根据M值的排序, 筛选出55个描述词, 其M值均大于0.2 (表4)。M值较大的香气描述词有豆瓣酱香、熟黄豆香、烧焦气、甜香等26个描述词汇; 风味描述词有熟黄豆味、干果味、醋酸味、乙醇味等20个风味描述词; 基本味道有咸味、鲜味、酸味、甜味和苦味5个描述词; 口感有辛辣的、涩味、刺痛感和金属味4个描述词。从M值上看, 酱油的风味具有咸、鲜、酸、豆瓣酱香、熟黄豆香/味、烧焦气等特征, 这与我国酱油的加工原料、发酵工艺有关<sup>[26]</sup>。

表4 市售酿造酱油感官描述词的几何平均值M  
Table 4 Geometric mean M of sensory descriptors of commercially available brewed soy sauce

类别	序号	描述词	F	I	M
	1	豆瓣酱香	0.553	0.316	0.418
	2	熟黄豆香	0.536	0.218	0.342
	3	烧焦气	0.502	0.204	0.320
	4	甜香	0.514	0.188	0.311
	5	乙醇香	0.512	0.166	0.291
	6	中草药香	0.484	0.173	0.289
	7	干果香	0.477	0.169	0.284
	8	酸气	0.484	0.164	0.282
	9	土腥的	0.463	0.156	0.269
	10	香料的	0.475	0.141	0.259
	11	坚果香	0.413	0.158	0.256
	12	灰尘的	0.476	0.135	0.253
香气	13	米饭香	0.463	0.137	0.252
	14	陈醋香	0.472	0.129	0.247
	15	豆豉香	0.415	0.129	0.231
	16	烟熏的	0.405	0.131	0.230
	17	熟土豆香	0.381	0.120	0.213
	18	植物油香	0.392	0.115	0.212
	19	蘑菇香	0.399	0.107	0.206
	20	馊气	0.367	0.113	0.203
	21	麦芽香	0.367	0.113	0.203
	22	鱼腥气	0.383	0.107	0.202
	23	酒糟气	0.376	0.109	0.202
	24	发霉的	0.366	0.11	0.201
	25	泡菜香	0.377	0.107	0.201
	26	湿木头气	0.345	0.116	0.200
	27	熟黄豆味	0.524	0.197	0.321
	28	干果味	0.496	0.178	0.297
	29	醋酸味	0.483	0.161	0.279
风味	30	乙醇味	0.477	0.163	0.279
	31	烧焦味	0.486	0.148	0.268
	32	焦糖味	0.470	0.139	0.256
	33	中药味	0.449	0.139	0.250

续表4

类别	序号	描述词	F	I	M
	34	熏烤味	0.459	0.133	0.247
	35	豆腥味	0.459	0.131	0.245
	36	豆豉味	0.443	0.135	0.244
	37	锅巴味	0.434	0.127	0.235
	38	霉味	0.441	0.124	0.233
	39	海腥味	0.461	0.112	0.227
	40	吐司味	0.425	0.105	0.211
	41	香料味	0.414	0.104	0.207
	42	坚果味	0.417	0.103	0.207
	43	发酵味	0.406	0.103	0.205
	44	蚝油味	0.411	0.102	0.205
	45	灰尘味	0.457	0.089	0.201
	46	蘑菇味	0.397	0.102	0.201
	47	咸味	1.000	0.666	0.816
	48	鲜味	1.000	0.481	0.693
	49	酸味	1.000	0.330	0.574
	50	甜味	1.000	0.325	0.570
滋味/ 口感	51	苦味	1.000	0.221	0.470
	52	辛辣的	0.333	0.168	0.236
	53	涩味	0.505	0.096	0.220
	54	刺痛感	0.369	0.113	0.204
	55	金属味	0.381	0.108	0.202

2.2 中国市售酿造酱油风味轮的绘制

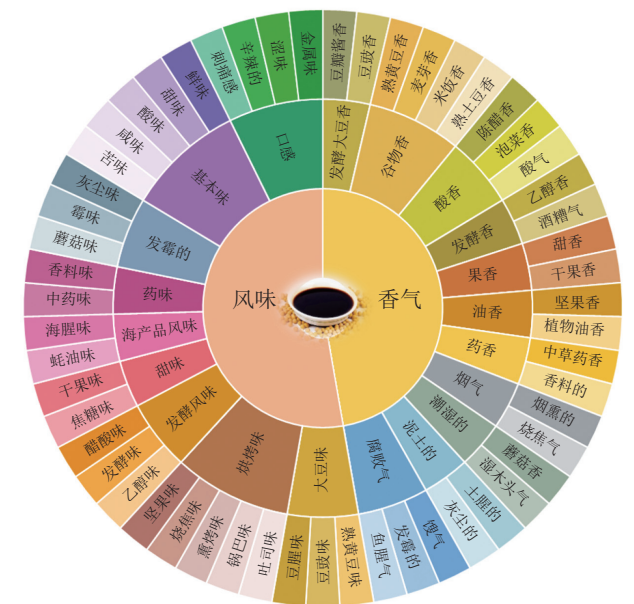


图1 中国市售酿造酱油风味轮

Fig. 1 Flavor wheel of commercial available Chinese brewed soy sauce

通过对市售酿造酱油感官描述词的整理、删减，将确定的55个描述词进行分级、分类，构建市售酱油感官风味轮（图1）。内层分为香气与风味两个维度，风味包括后鼻腔识别到的气味、基本味和口感3类。中层香气包括发酵大豆香、谷物香、酸香、果香、油香、药香、烟香、腐败气、泥土的；风味包括大豆味、烘烤味、发酵味、甜味、海产品味、发霉的等；口感包括收敛感和刺激的。最外层描述词55个。中国酿造酱油风味轮图与国

外构建的酱油风味轮既有相似性又有差异<sup>[19,27]</sup>，如在香气属性上，谷物香、甜香、药香、土味的等为相似属性，但具体描述词不同。本实验中增加了负面描述词：腐败的，包括馊味、霉味及鱼腥味。由于生产原料与生产工艺的不同，中国酿造酱油的豆瓣酱香、豆豉香、中草药香、陈醋香、酒糟气、土腥的等香气特征，豆豉味、锅巴味、熏烤味、香料味等风味为中国酿造酱油的独特风味特征（表4）。

2.3 代表性市售酿造酱油定量描述分析

2.3.1 定量描述分析结果

依据上述研究结果，评价小组对20个不同等级、不同产地、不同品牌的市售代表性酱油进行定量描述分析（quantitative descriptive analysis, QDA），并对结果进行变异系数、方差分析等统计分析。从表5可以看出，豆瓣酱香是市售酿造酱油最强烈的香气特征，平均强度达到9.60，且其在特级酱油（J1、J2、J3、J4、J5）中表现更突出；其次是咸味、鲜味、中草药香、熟黄豆香，平均强度都超过5.0，感受程度中等以上；而土腥的、乙醇味、苦味等强度较低。变异系数可以反映数据的离散程度，数据表明酱油的甜味、焦糖味、苦味、烧焦气、酸气、醋酸味的变异系数较大，均在0.15以上，说明市售酿造酱油在这些感官特性方面差异较大。方差分析结果表明，除了香气特征干果香、中草药香和甜香，风味特征熟黄豆味、乙醇味，酱油样品的其他感官属性都具有显著性差异（ $P<0.05$ ）。酱油的原料、产地、发酵条件、发酵菌种以及发酵时间的不同都会导致酱油风味成分发生变化而影响酱油的感官品质<sup>[28]</sup>。本实验定量描述分析的20个酱油样品包括5个等级、13个品牌及多个产地，故在多个感官属性上都存在显著差异。

2.3.2 市售酿造酱油感官指标PCA

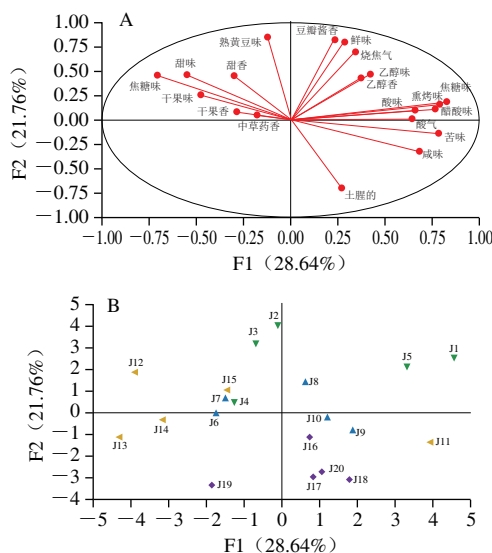


图2 市售酿造酱油样品(A)与感官描述词(B)PCA得分图

Fig. 2 PCA score plots of commercially available brewed soy sauce samples (A) and sensory descriptors (B)

表5 市售酿造酱油感官品质定量描述分析统计结果

Table 5 Statistical analysis of quantitative sensory description of commercially available brewed soy sauce

样品	A豆瓣酱香	A中草药香	A甜香	A乙醇香	A干果香	A酸气	A烧焦气	A土腥的	F熟黄豆味	F干果味	F乙醇味	F焦糖味	F熏烤味	F酯酸味	F烧焦味	T苦味	T咸味	T酸味	T甜味	T鲜味
J1	10.38	4.92	2.98	2.96	2.73	2.85	4.21	2.31	5.65	3.40	2.42	2.46	3.96	3.56	4.10	3.04	9.79	4.13	2.96	6.50
J2	10.50	6.02	3.17	2.92	2.92	2.56	3.67	2.08	6.29	3.67	2.19	2.96	3.73	2.98	3.42	2.58	8.15	3.40	3.58	6.83
J3	10.73	6.06	2.83	3.35	3.27	2.75	3.60	2.06	6.29	3.38	2.15	2.67	3.25	2.96	3.00	2.06	8.29	3.40	2.85	6.46
J4	10.73	5.77	2.81	2.58	3.08	2.38	2.98	2.17	5.54	3.02	1.83	2.17	3.33	2.81	2.77	2.56	8.31	3.29	3.88	6.29
J5	10.71	5.29	2.9	3.04	3.29	3.15	2.81	2.02	5.94	2.98	2.42	2.10	3.90	3.46	3.75	3.02	8.56	3.88	2.44	6.50
J6	9.21	4.98	3.56	2.56	3.10	2.65	2.96	2.54	5.63	3.56	1.94	3.06	3.02	2.96	3.10	2.15	8.44	3.25	2.19	6.23
J7	9.63	6.00	2.75	2.52	2.75	2.46	3.52	2.4	5.75	3.90	2.02	3.00	3.52	2.71	2.65	2.23	8.50	3.31	2.48	6.19
J8	9.60	6.04	2.38	3.25	3.00	2.73	3.48	2.33	5.79	3.92	2.38	2.46	3.48	3.23	3.25	2.13	8.63	3.88	3.00	5.94
J9	9.67	6.42	2.48	2.65	3.15	2.42	3.08	2.21	5.15	2.83	2.25	1.94	3.54	3.54	3.08	2.98	8.56	3.83	1.98	6.18
J10	9.77	5.90	2.29	3.46	3.23	3.25	2.65	2.54	5.83	3.56	2.21	2.10	3.27	3.13	3.17	2.38	8.46	3.67	1.71	6.04
J11	9.08	5.04	2.60	3.44	3.06	3.65	3.27	3.19	5.06	3.81	1.98	2.02	3.46	4.23	3.48	2.67	8.54	5.19	2.25	6.02
J12	9.35	5.54	3.48	2.63	3.00	2.81	2.96	2.00	5.54	4.13	2.27	3.33	2.69	3.19	2.33	1.79	7.58	4.15	4.35	5.82
J13	8.65	5.19	2.92	2.90	3.65	2.48	2.75	2.56	5.50	3.85	1.96	2.81	2.98	2.35	2.69	1.92	7.69	2.75	3.50	5.21
J14	9.20	5.65	2.71	2.60	3.02	2.21	2.83	2.46	5.35	3.98	1.94	3.06	3.27	2.58	3.02	1.96	7.69	3.13	3.29	5.96
J15	9.23	5.96	2.79	3.04	3.08	2.27	3.02	2.10	6.02	3.71	2.31	2.85	3.15	3.21	3.04	2.15	8.38	3.58	3.04	5.52
J16	8.92	5.02	3.21	2.54	2.83	2.83	2.83	2.60	5.56	3.69	2.06	2.31	3.25	3.38	3.40	2.81	9.15	3.56	2.90	5.79
J17	8.72	5.08	2.98	2.23	2.77	2.65	2.71	2.44	4.98	3.31	2.06	2.40	3.48	3.06	3.08	3.17	9.33	3.79	2.58	5.13
J18	8.25	6.10	2.35	2.85	3.04	3.23	2.90	2.73	5.17	3.23	2.00	2.08	3.50	3.54	3.13	2.33	9.60	3.92	2.25	5.33
J19	8.63	6.17	2.29	2.33	2.98	2.04	2.23	2.44	5.27	3.29	2.04	2.17	3.13	2.38	3.00	2.31	9.02	2.88	2.44	5.38
J20	8.98	5.63	2.25	2.65	2.81	2.69	2.75	2.92	5.33	2.90	2.21	2.15	3.65	2.73	3.15	2.65	8.50	3.21	2.02	5.46
平均值	9.60	5.66	2.78	2.80	3.01	2.75	3.16	2.42	5.60	3.48	2.15	2.53	3.40	3.06	3.17	2.45	8.49	3.58	2.79	5.92
变异系数	0.09	0.08	0.13	0.13	0.08	0.15	0.17	0.13	0.07	0.14	0.09	0.20	0.11	0.15	0.13	0.20	0.07	0.15	0.30	0.09
P值	0.000	0.331	0.076	0.001	0.818	0.000	0.001	0.001	0.768	0.002	0.089	0.002	0.050	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

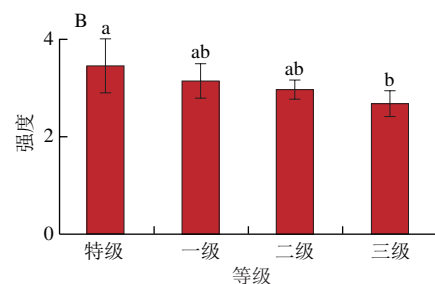
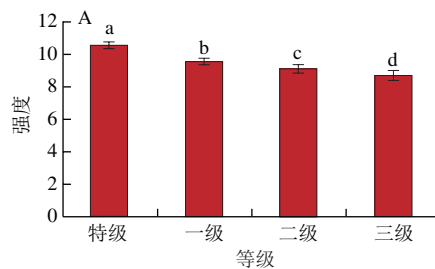
注：描述词前字母A、F与T分别表示香气（aroma）、风味（flavor）和滋味（taste）； $P < 0.05$ 说明不同样品同一属性描述词之间差异显著。

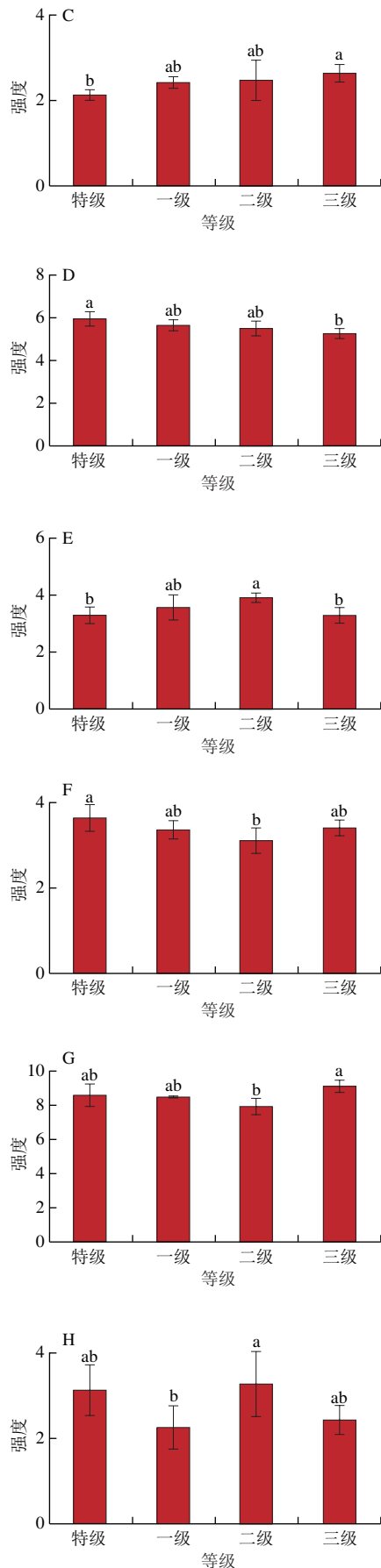
进一步对20个酱油样品QDA数据进行PCA，以检验这些描述语能否有效地表征和区分不同酱油样品的基本感官特征（图2）。结果表明，前2个PC共解释了50.40%的总变异，根据PC1，可以看出大多数的负面感官属性（如土腥的、苦味、酸气以及焦糊味等）位于图2A右侧，而大多数正面感官属性（如焦糖味、甜味以及熟黄豆味等）位于图2A左侧。图2A更多地解释了样品之间的差异，不同等级酱油样品基本能区分开，尤其是特级样品（J1、J2、J3、J5）与三级样品（J16、J17、J18、J19、J20）差异较大，分别位于PC2的正向上半轴和负向下半轴。一级、二级酱油则位于两者之间，说明市售酿造酱油的质量等级与感官属性之间存在较大的相关性，同时也表明这些描述语在区分酱油感官特征上非常有效。从感官数据分析可知特级酱油的鲜味、豆瓣酱香、熟黄豆味以及烧焦气等感官特征较强，而三级酱油咸味、土腥味强度较高。

2.3.3 酱油样品等级与感官属性之间的关系

在PCA中显示了市售酿造酱油的质量等级与感官属性之间存在较强的相关性，因此根据不同等级对市售酿造酱油的感官属性进行多重比较，发现共有9个描述词存在显著性差异（ $P < 0.05$ ），其中豆瓣酱香、烧焦气、熟黄豆味及鲜味的平均强度随着酱油级别的升高而增大，而风味土腥的则相反（图3）。酱油的等级一般是由淋油次数的不同导致，比如首次淋取的称为头抽或头

道油<sup>[29]</sup>。特级、一级酱油往往是头道油、二道油；而二级、三级酱油一般都是复酿后的三道油、甚至四道油。因此虽然样品的原料、产地、工艺、发酵环境可能不尽相同，但仅淋取次数的差异就导致了不同等级酱油之间风味成分、营养物质含量的较大差异，从而影响酱油的感官品质。一般高等级酱油中的4-乙基愈创木酚、4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)-咪喃酮、甲基麦芽酚等风味物质以及鲜味氨基酸、鲜味肽等呈鲜味的物质含量较高<sup>[30]</sup>，所以呈现出较强的豆瓣酱香、烧焦气及鲜味等。





A.豆瓣酱香; B.烧焦气; C.土腥的; D.熟黄豆味; E.干果味; F.熏烤味; G.咸味; H.甜味; I.鲜味。不同字母表示差异显著,  $P < 0.05$ 。

图3 不同质量等级市售酿造酱油感官属性平均强度

Fig. 3 Average intensities of sensory properties of commercially available brewed soy sauce of different quality grades

### 2.3.4 酱油样品产地与感官属性之间的关系

对20种酱油样品的产地进行地理位置划分,大致可分为中部酱油、南方酱油和北方酱油3类(表2)。将酱油样品的QDA数据根据产地进行判别分析(图4),结果表明,3个产地酱油能明显分开,其中北方酱油与其他产地酱油距离较远,说明北方酱油与其他产地酱油差异较大,而南方酱油与中部酱油感官品质较为相似。通过PCA可以看出,北方酱油乙醇香、乙醇味、烧焦气、豆瓣酱香以及酸气等感官属性强度较高,南方酱油甜香、鲜味、甜味以及咸味等感官属性强度较高,而中部酱油则以干果风味、干果香以及熟黄豆味为显著特征(图5)。

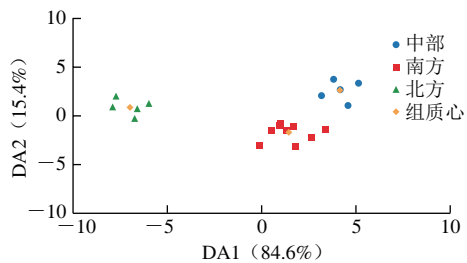


图4 市售酿造酱油感官指标根据产地判别分析得分图

Fig. 4 DA score plot of sensory indexes of commercially available brewed soy sauce from different geographical origins

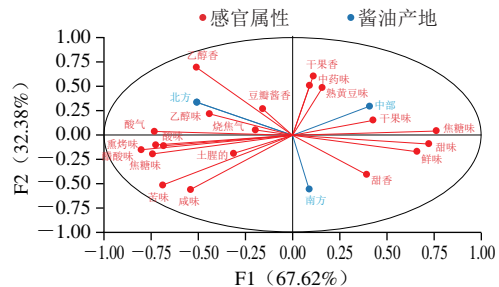


图5 不同产地市售酿造酱油样品与感官属性PCA双标得分图

Fig. 5 PCA bi-plot of sensory properties and geographical origins of commercially available brewed soy sauce

不同产地酱油样品感官差异较大,原因可能与地域环境温度、日照时间和强度、酱油所使用的原料、生产



工艺、菌种等不同有关。从原料选择上,不同淀粉质原料所生产的酱油,其香气也会有有一定差异。赵谋明等<sup>[31]</sup>、欧阳珊<sup>[32]</sup>分别对比了不同淀粉质原料(面粉、麸皮)、焙炒原料(面粉、小麦)对高盐稀态酱油香气的影响,研究发现采用面粉为淀粉基质酿造的酱油中酸类、醛类、醇类、含硫化合物类的比例较高,酸香、麦芽香、土豆香较明显,而采用麸皮酿造的酱油中酮类、酚类、呋喃(酮)类、杂环类化合物为主,焦糖香、焦烤香、烟熏香较强。在发酵阶段,南方酱油采用日晒夜露的方法,其阳光带来的风味特征明显;北方酱油多采用先低温、后常温的日式高盐稀态发酵,同时生产过程中添加酵母菌和乳酸菌,使得其产品的乙醇含量高<sup>[33]</sup>。

### 3 结论

本研究通过组建酱油感官评价小组对市售48种酿造酱油进行感官评定,获得了中国酿造酱油较为全面的感官特征描述词,绘制了中国酿造酱油的风味轮。在此基础上,本研究选用20个高频描述词,对20种不同类别市售酿造酱油进行定量描述分析,发现酱油的豆瓣酱香、咸味、鲜味、中草药香、熟黄豆香等感官属性强度较高,通过PCA及判别分析,这些描述词能很好地区分不同等级、不同产地的酱油样品,同时得到不同类别酱油的感官特征。

本研究构建的中国市售酿造酱油风味轮及特征描述词,能为中国酿造酱油的感官品质研究提供一定的基础数据,为酱油生产企业优化工艺、控制产品质量提供一定的科学指导。此外,本研究并没有包括所有的酿造酱油种类,因此仍需在实践中不断充实、修改和完善。

### 参考文献:

- [1] 冯云子,周婷,吴伟宇,等.酱油风味与功能性成分研究进展[J].食品科学技术学报,2021,39(4):14-28. DOI:10.12301/j.issn.2095-6002.2021.04.002.
- [2] 张怡洁.酱油的风味及其生理活性的研究[D].杭州:浙江工商大学,2012:7-10. DOI:10.7666/d.Y2291995.
- [3] 包启安.酱油科学与酿造技术[M].北京:中国轻工业出版社,2011:17-18.
- [4] 国家国内贸易局.酿造酱油:GB 18186—2000[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [5] WANG S, TAMURA T, KYOUNO N, et al. Effect of volatile compounds on the quality of Japanese fermented soy sauce[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 111: 594-601. DOI:10.1016/j.lwt.2019.05.050.
- [6] QI M, RIHO K, MIHO I, et al. Contribution of 2-methyl-3-furanthiol to the cooked meat-like aroma of fermented soy sauce[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2017, 81(1): 168-172. DOI:10.1080/09168451.2016.1238295.
- [7] LEE S M, KIM S B, KIM Y S. Determination of key volatile compounds related to long-term fermentation of soy sauce[J]. Journal of Food Science, 2019, 84(10): 2758-2776. DOI:10.1111/1750-3841.14771.
- [8] ZHAO G, DING L L, HADIATULLAH H, et al. Characterization of the typical fragrant compounds in traditional Chinese-type soy sauce[J]. Food Chemistry, 2020, 312: 126054. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.126054.
- [9] LAWLESS L J R, CIVILLE G V. Developing lexicons: a review[J]. Journal of Sensory Studies, 2013, 28(4): 270-281. DOI:10.1111/joss.12050.
- [10] 王洪琳.黑糯米酒特征风味物质分析及风味轮构建[D].贵阳:贵州大学,2020:42-54.
- [11] CHAMBERS IV E, SANCHEZ K, PHAN U X T, et al. Development of a "living" lexicon for descriptive sensory analysis of brewed coffee[J]. Journal of Sensory Studies, 2016, 31(6): 465-480. DOI:10.1111/joss.12237.
- [12] 中国轻工业联合会.白酒感官品评术语:GB/T 33405—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13] GONZAGA L S, CAPONE D L, BASTIAN S E P, et al. Sensory typicity of regional Australian Cabernet Sauvignon wines according to expert evaluations and descriptive analysis[J]. Food Research International, 2020, 138: 109760. DOI:10.1016/j.foodres.2020.109760.
- [14] LAWLESS L J R, HOTTENSTEIN A, ELLINGSWORTH J, et al. The McCormick spice wheel: a systematic and visual approach to sensory lexicon development[J]. Journal of Sensory Studies, 2012, 28(1): 37-47. DOI:10.1111/j.1745-459X.2011.00365.x.
- [15] 朱雨萱,问亚琴,许晓青,等.感官词典建立方法及食品中应用研究进展[J].食品工业科技,2022,43(5):396-407. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021020138.
- [16] PARK S, KWAK H S, OH M, et al. Physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of soy sauce fermented in different regional ceramics[J]. Applied Biological Chemistry, 2016, 59(1): 33-41. DOI:10.1007/s13765-015-0133-8.
- [17] CHUNG L, CHUNG, S J. Cross-cultural comparisons among the sensory characteristics of fermented soybean using Korean and Japanese descriptive analysis panels[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(9): 676-688. DOI:10.1111/j.1750-3841.2007.00542.x.
- [18] CHERDCHU P, CHAMBERS I V E, SUWONSICHON T. Sensory lexicon development using trained panelists in Thailand and the U.S.A.: soy sauce[J]. Journal of Sensory Studies, 2013, 28(3): 248-255. DOI:10.1111/joss.12041.
- [19] IMAMURA M. Descriptive terminology for the sensory evaluation of soy sauce[J]. Journal of Sensory Studies, 2016, 31(5): 393-407. DOI:10.1111/joss.12223.
- [20] 周莉.中国传统日晒酱油挥发性风味特征研究[D].无锡:江南大学,2019:19-21.
- [21] 魏永义,韩豪敏,王萍.酱油感官特性定量描述分析研究[J].中国调味品,2017,42(5):133-134. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2007.05.030.
- [22] 吕传萍,李学英,杨宪时,等.南极磷虾海鲜酱油的品质评价[J].食品工业科技,2012,33(11):161-164;178. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.11.057.
- [23] 农业农村部.感官分析选拔、培训和管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员:GB/T 16291.1—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [24] 国家技术监督局.感官分析 通用多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词:GB/T 16861—1997[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [25] 张亚娟.黄大茶的风味属性特征及风味轮的构建[D].合肥:安徽农业大学,2019:24-30.
- [26] 童佳.米曲霉发酵高盐稀态酱油过程中挥发性风味物质及蛋白酶表达规律研究[D].无锡:江南大学,2017:1-3.
- [27] PUJCHAKARN T, SUWONSICHON S, SUWONSICHON T. Development of a sensory lexicon for a specific subcategory of soy sauce: seasoning soy sauce[J]. Journal of Sensory Studies, 2016, 31(6): 443-452. DOI:10.1111/joss.12234.
- [28] 冯云子.高盐稀态酱油关键香气物质的变化规律及形成机理的研究[D].广州:华南理工大学,2015:23-24.
- [29] 何一龙,刘晓艳,白卫东,等.高盐稀态酱油中生物胺的差异性分析[J].食品与发酵工业,2022,48(4):178-184. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.027649.
- [30] 冯云子,黄梓堃,赵谋明.基于UPLC-Q-TOF-MS技术对高盐稀态酱油发酵过程中代谢产物变化的分析[J].食品科学,2021,42(20):107-113. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200803-036.
- [31] 赵谋明,许瑜,苏国万,等.不同淀粉质原料对高盐稀态酱油香气品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(6):130-142. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.018.
- [32] 欧阳珊.淀粉质原料焙炒对酱油品质影响的研究[D].广州:华南理工大学,2013:44-55.
- [33] 鲁肇元,唐娟娟.传统工艺与酱油行业的发展[J].中国酿造,2009(11):5-10.