

钟小廷, 李可, 吕杰, 等. 13 种市售原酿本味酱油品质分析 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(12): 287-293. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080263

ZHONG Xiaoting, LI Ke, LV Jie, et al. Quality Analysis of 13 Kinds of Natural Plain Fermented Soy Sauce[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(12): 287-293. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080263

· 分析检测 ·

## 13 种市售原酿本味酱油品质分析

钟小廷<sup>1</sup>, 李可<sup>2,3,\*</sup>, 吕杰<sup>1</sup>, 张任虎<sup>1</sup>, 吴茜<sup>1</sup>, 周煜栢<sup>1</sup>, 邬应龙<sup>2</sup>

(1.四川新希望味业有限公司, 四川成都 610000;

2.四川农业大学, 四川雅安 625014;

3.四川省农业科学院农产品加工研究所, 四川成都 610000)

**摘要:**采用电子鼻、气相色谱-质谱法(GC-MS)、氨基酸分析仪对市售的13种原酿本味酱油的挥发性物质、氨基酸组成进行解析,同时结合感官评价,对应分析评判不同产品风味物质组成及差异性。结果表明:受原料和发酵工艺的影响,我国酱油产品品质差异较大。由理化指标分析可知,不同产品乙醇和总糖含量变化最为明显。乙醇、氮氧化物及无机硫化物是造成酱油风味差异的主要物质基础。酱油游离氨基酸组成不仅对酱油鲜味特征有显著影响,同时直接或间接与糖、酸、全氮等共同影响酱油鲜、咸、甜、酸等滋味特征。综合比较认为:当样品的氨基酸态氮 $\geq 1.00$  g/100 mL,全氮 $\geq 1.80$  g/100 mL,糖含量 $\geq 6.0$  g/100 mL,糖/酸比值在3.40~5.80,游离氨基酸含量 $\geq 60$  mg/mL时,酱油风味品质最佳。本文研究结果有助于补充和完善酱油风味物质图谱、指导建立酱油品质优劣评判标准,还可以用于追溯评估生产工艺技术条件及指导实际生产。

**关键词:**原酿本味酱油,电子鼻,气相色谱-质谱法(GC-MS),氨基酸

中图分类号:TS207.3

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2021)12-0287-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080263

## Quality Analysis of 13 Kinds of Natural Plain Fermented Soy Sauce

ZHONG Xiaoting<sup>1</sup>, LI Ke<sup>2,3,\*</sup>, LV Jie<sup>1</sup>, ZHANG Renhu<sup>1</sup>, WU Qian<sup>1</sup>, ZHOU Yubai<sup>1</sup>, WU Yinglong<sup>2</sup>

(1.New Hope Flavor Industry Co., Ltd., Chengdu 610000, China,;

2.Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China,;

3.Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** Electronic nose, gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS), amino acid analyzer were employed to investigate the flavor substances and amino acids of thirteen kinds of natural plain fermented soy sauce. Meanwhile, sensory evaluation was combined to analysis the components differences of different products. The results showed that raw materials and fermentation technology were the main factors leading to different flavor and quality of soy sauce. According to the analysis of physical and chemical indexes, the change of ethanol and total sugar content in different products were the most obvious. Ethanol, nitrogen oxides and inorganic sulfides were the main material bases of flavor differences in soy sauce. The free amino acid composition of soy sauce not only had a significant impact on the flavor characteristics of soy sauce, but also directly or indirectly affect the flavor characteristics of soy sauce, such as umami, salty, sweet and sour, together with sugar, acid and total nitrogen. According to the comprehensive analysis, when amino acid nitrogen was greater than 1.00 g/100 mL, total nitrogen  $\geq 1.80$  g/100 mL, the sugar content was higher than 6.0 g/100 mL, the sugar/acid ratio was 3.40~5.80, the free amino acid content was higher than 60 mg/mL, soy sauce flavor quality would be pleasant. The results of this study were helpful to supplement and improve the flavor fingerprint of soy sauce, guide the establishment of quality evaluation standards of soy sauce, and could also be used to evaluate the production process and technical conditions and guide the actual production.

收稿日期: 2020-08-27

基金项目: 四川省科技计划重点研发项目(2019YFG0155)。

作者简介: 钟小廷(1988-),女,硕士,中级工程师,研究方向:食品微生物发酵技术,E-mail: 846713219@qq.com。

\* 通信作者: 李可(1987-),男,博士,助理研究员,研究方向:食品生物技术,E-mail: like2341@126.com。



**Key words:** natural plain fermented soy sauce; electronic nose; gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS); amino acids

酱油主要是以大豆和/或脱脂大豆、小麦和/或小麦粉或麦麸为主要原料,经微生物发酵制成的具有特殊色、香、味的液体调味品。在加工和食用过程中提升或增加食品色香味等质量、满足消费者感官和营养需求,增进人体健康是酱油最基本、最主要的功能属性。因此,酱油的风味是酱油最重要的品质,科学、深入地探究我国酿造酱油风味物质组成是了解酱油产品质量,指导提升酱油品质的基础与关键<sup>[1-4]</sup>。

酱油的风味包括气味和味道两个方面<sup>[5-6]</sup>,酱油的气味主要包括醇、酯、醛、酮、酸及吡嗪等类物质<sup>[7-10]</sup>,赋予酱油酱香、酯香等风味特征;酱油的味道主要由氯化钠、氨基酸、有机酸、糖、醇等构成的咸、鲜、酸、甜、苦等滋味特征<sup>[5, 11-12]</sup>。目前研究普遍认为风味产生是由酱油发酵过程中的微生物代谢活动、酶促反应和非酶促反应等共同作用产生,受原料<sup>[13]</sup>、菌种<sup>[14-16]</sup>、生产工艺条件<sup>[17-18]</sup>及管理技术水平等影响<sup>[19-20]</sup>。因此,酱油风味物质的研究不仅有助于补充和完善酱油风味物质图谱、指导建立酱油品质优劣评判标准,还可以用于追溯评估生产工艺技术条件及指导实际生产。

原酿本味酱油即以非转基因的大豆和(或)非转基因的脱脂大豆(食用豆粕)、小麦和(或)小麦粉和(或)麦麸为主要原料,不添加味精、食品添加剂(食品工业用加工助剂外),经微生物发酵制成的具有特殊色、香、味的液体调味品<sup>[21]</sup>,是在绿色天然化、营养健康化总体发展趋势背景下的主流高端酱油产品,具有零添加的特点,其风味物质组成能够较真实地反应酿造酱油本味。本文以我国市场上主要的13种原酿本味酱油为研究对象,采用电子鼻、GC-MS、氨基酸分析仪等对酱油常规理化指标、挥发性物质及氨基酸组成等风味指标进行解析,并结合感官评定,对比分析评判不同产品风味物质组成及差异性,为了解酱油风味、指导实际生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

13种高盐稀态原酿本味酱油样品均购自于超市,样品具体信息如表1;2.5 μmol/mL氨基酸标准品、缓冲液B1、B2、B3、B4、B5及茚三酮显色液日本日立公司;其他化学试剂均为分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

L-8900氨基酸自动分析仪 日本日立公司; Agilent Intuvo 9000气相色谱仪、5977B质谱仪、DB-WAX毛细管柱(50 m×0.25 mm×0.2 μm) 美国安捷伦科技有限公司; PEN 3电子鼻 德国AIRSENSE公司; 855型机器人全自动样品滴定系统 瑞士万通中国有限公司; FE28-Standard型

表1 13种市售原酿本味酱油信息表  
Table 1 Information table of thirteen kinds of high salt soy sauce

序号	标识氮氮	配料表(按配料表的先后顺序罗列)
S1	≥1.0	水、黄豆、小麦粉、盐
S2	≥0.8	水、脱脂大豆、小麦、盐、酵母抽提物
S3	≥1.0	水、大豆、小麦粉、盐、白砂糖
S4	≥1.0	水、脱脂大豆、小麦、盐、口蘑
S5	≥1.1	水、脱脂大豆、黄豆、小麦粉、盐、白砂糖
S6	≥1.2	水、非转基因黄豆、小麦、盐
S7	≥0.8	水、脱脂大豆、食用盐、小麦、玉米发酵酱(食用玉米淀粉、水、食用盐)、白砂糖
S8	≥1.0	水、非转基因脱脂大豆、小麦、盐
S9	≥1.2	水、非转基因黄豆、小麦、盐
S10	≥0.9	水、脱脂大豆、盐、小麦、酵母抽提物
S11	≥1.1	水、非转基因黑豆、盐、小麦
S12	≥1.0	水、非转基因黄豆、小麦、盐、白砂糖、酵母抽提物
S13	≥0.8	水、脱脂青仁黑豆、小麦粉、盐、白砂糖

pH计 瑞士梅特勒; 722N型分光光度计 天津特鲁斯科技有限公司; FA2004B型电子天平 盛美达生物科技(海丰)有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 感官和常规理化指标 感官、总酸、氨基酸态氮、氯化钠、全氮参照 GB 18186-2000 进行测定; 总糖参照 GB 5009.8-2016 第二法进行测定; 乙醇采用分光光度法测定<sup>[22]</sup>。

1.2.2 电子鼻样品准备及测定方法 准确吸取5g样品于40 mL样品瓶中,室温下静置30 min后,采用顶空抽样的方法用电子鼻进行检测。电子鼻参数设置:样品准备时间5 s,自动调零时间为5 s,样品测定检测1 s,测定时间120 s,清洗时间150 s,内部空气流速300 mL/min,进样流量300 mL/min。电子鼻不同传感器对应物质种类见表2。

表2 电子鼻不同传感器对应物质种类  
Table 2 Corresponding aroma types of different sensors of electronic nose

阵列序号	传感器	性能描述
1	W1W	对无机硫化物灵敏
2	W1S	对甲基类灵敏
3	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
4	W3S	对长链烷烃灵敏
5	W2W	芳香成分、对有机硫化物灵敏
6	W1C	芳香成分苯类
7	W6S	主要对氢化物有选择性
8	W5C	短链烷烃芳香成分
9	W3C	氨类,对芳香成分灵敏
10	W5S	对氮氧化物灵敏



1.2.3 挥发性风味物质检测方法 样品准备: 准确吸取 5 mL 样品于 20 mL 顶空固相微萃取瓶中, 40 °C 平衡 20 min, 50  $\mu\text{m}$  CAR/DVB/PDMS 萃取头萃取 30 min。

GC 条件: 柱子型号 DB-5MS UI(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$ ), 载气为高纯氮气, 载气流速为 1 mL/min, 进样口温度 250 °C, 不分流进样, 解吸时间 5 min。升温程序: 40 °C 保持 3 min, 以 10 °C/min 速率上升至 180 °C, 以 4 °C/min 升温至 220 °C 保持 5 min, 以 4 °C/min 速率升温至 240 °C 保持 3 min, 最后以 10 °C/min 速率升温至 250 °C 保持 5 min。

MS 条件: 接口温度 280 °C, EI 离子源, 电离能量 70 eV, 离子源温度 230 °C, 质量扫描范围  $m/z$  35~500  $u$ 。

1.2.4 氨基酸样品前处理及测定方法 参照范霞等<sup>[9]</sup>的方法进行氨基酸样品前处理和测定。

样品前处理: 吸取酱油样品 2.00 mL, 用 1 mL 10% 的碘基水杨酸沉淀蛋白, 最后用水定容至 25.00 mL 的容量瓶中。取 5 mL 摇匀的酱油溶液, 在转速为 10000 r/min 的条件下, 离心 10 min。然后吸取 1 mL, 用水稀释至 25.00 mL 的容量瓶中, 最后吸取 1 mL 经过膜过滤的溶液进样。

L-8900 氨基酸自动分析仪测定条件: 日立钠离子交接树脂 4.6 mm $\times$ 60 mm; 泵 1 流速 0.4 mL/min, 泵 2 流速 0.35 mL/min, 进样体积 20  $\mu\text{L}$ ; 柱温 57 °C, 反应温度 135 °C; 检测波长 570 和 440 nm。

### 1.3 数据分析

每个样品做 3 个平行, 结果取平均值。描述性统计值以  $\bar{x}\pm s$  表示, 采用 Hemi 软件进行热图和聚类分析。电子鼻测定结果采用自带软件对传感器采集数据进行 PCA 分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 常规理化指标分析

原酿本味酱油的理化指标在一定程度上和范围内反映了酱油的发酵水平, 例如总酸、氨基酸态氮和全

氮。总酸含量的高低反映了生产过程中微生物的控制水平, 氨基酸态氮和全氮含量则反映了菌种性能、发酵工艺的水平<sup>[23-25]</sup>。

由表 3 可知, 13 个酱油样品基本理化指标除氨基酸态氮含量与全氮含量变化趋势较为一致外, 其它各指标之间无规律性。13 个酱油产品中总酸含量在 1.56~2.22 g/100 mL 之间, 氨基酸态氮含量在 0.82~1.25 g/100 mL 之间, 全氮含量在 1.53~2.00 g/100 mL 之间, 无盐固形物含量在 17.88~21.54 g/100 mL, 铵盐含量在 0.19~0.30 g/100 mL(对应氨基酸态氮的百分占比为 18.4%~25.5%) 均达到 GB18186-2000 国家一级酱油标准和 T/CNFIA 114-2019 团体标准要求。总糖和乙醇含量差异较大, 总糖含量在 4.75~12.20 g/100 mL 之间, 乙醇含量在 0.65%~4.10%。

### 2.2 电子鼻分析

根据电子鼻测定的酱油气味信息, 建立酱油 PCA 识别模式, 解析 13 种酱油风味变化特征。由图 1 可知 PC1 和 PC2 贡献率分别为 98.87% 和 0.63%, 合计贡献率为 99.50%。所以这两个成分能够较好地代表样品风味的主要信息特征。

由图 1A 中可知, 13 个酱油样品风味变化较大, 根据不同酱油在 PC1 轴上的分布, 可大致分为三个区域即三种不同风味类型。S1 和 S3 位于最左侧, 两者 95% 置信区间略有重叠, 但与其它 11 个样品之间均能完全区分开。说明 S1 和 S3 样品风味较为接近, 但与其它样品风味差异较大。S4、S5、S7、S9、S10、S11、S12 等 7 个样品分布于中间位置, 其中 S4 与 S7、S9、S12 之间风味差异较大, 能被电子鼻区分, S5、S10、S11 与 S4、S7、S12、S9 均有交叉, 三者风味介于 S4 和 S7、S9、S12 之间。S2、S6、S8、S13 四个样品位于 PC1 的最右侧, 其中 S6、S2 两个样品风味特征最为相似, S13 与 S2、S6 及 S8 之间均由重叠, 风味介于二者之间, 而 S8 与 S2、S6 差异较大, 分布无重叠。由此可以看出, 受原料、发酵菌种、发酵工艺等的影响, 我国酱油产品风味存在着较大的

表 3 13 种原酿本味酱油的常规理化指标(g/100 mL)

Table 3 Routine indexes of thirteen kinds of natural plain fermented soy sauce (g/100 mL)

序号	总酸	氨基酸态氮	氯化钠	全氮	总糖	乙醇(%)	无盐固形物	铵盐
S1	1.98 $\pm$ 0.02	1.04 $\pm$ 0.02	17.61 $\pm$ 0.08	1.59 $\pm$ 0.02	5.25 $\pm$ 0.08	0.65 $\pm$ 0.03	18.89	0.23
S2	1.65 $\pm$ 0.02	1.09 $\pm$ 0.01	18.06 $\pm$ 0.10	1.72 $\pm$ 0.01	9.26 $\pm$ 0.19	2.94 $\pm$ 0.02	19.25	0.20
S3	1.65 $\pm$ 0.01	1.17 $\pm$ 0.02	16.85 $\pm$ 0.06	1.85 $\pm$ 0.02	9.13 $\pm$ 0.22	0.96 $\pm$ 0.04	20.13	0.28
S4	2.22 $\pm$ 0.02	1.04 $\pm$ 0.02	17.61 $\pm$ 0.05	1.81 $\pm$ 0.02	9.50 $\pm$ 0.16	1.28 $\pm$ 0.02	19.41	0.22
S5	1.56 $\pm$ 0.02	1.13 $\pm$ 0.01	16.55 $\pm$ 0.10	1.72 $\pm$ 0.01	12.20 $\pm$ 0.11	1.90 $\pm$ 0.02	19.75	0.25
S6	1.75 $\pm$ 0.01	1.23 $\pm$ 0.02	16.70 $\pm$ 0.10	1.96 $\pm$ 0.02	6.40 $\pm$ 0.09	2.82 $\pm$ 0.01	21.54	0.30
S7	1.65 $\pm$ 0.01	1.20 $\pm$ 0.01	15.80 $\pm$ 0.06	1.95 $\pm$ 0.02	5.26 $\pm$ 0.11	1.63 $\pm$ 0.03	21.22	0.29
S8	1.98 $\pm$ 0.02	1.06 $\pm$ 0.01	15.35 $\pm$ 0.09	1.81 $\pm$ 0.02	5.95 $\pm$ 0.12	3.89 $\pm$ 0.04	19.69	0.27
S9	1.80 $\pm$ 0.02	1.25 $\pm$ 0.01	16.55 $\pm$ 0.08	1.99 $\pm$ 0.01	6.20 $\pm$ 0.25	2.73 $\pm$ 0.02	21.54	0.30
S10	1.70 $\pm$ 0.02	0.98 $\pm$ 0.02	17.01 $\pm$ 0.10	1.78 $\pm$ 0.01	4.75 $\pm$ 0.18	2.10 $\pm$ 0.01	19.88	0.20
S11	1.94 $\pm$ 0.01	1.18 $\pm$ 0.02	15.05 $\pm$ 0.05	2.00 $\pm$ 0.02	6.25 $\pm$ 0.22	2.13 $\pm$ 0.03	20.89	0.28
S12	1.75 $\pm$ 0.02	1.08 $\pm$ 0.01	16.10 $\pm$ 0.06	1.92 $\pm$ 0.02	10.20 $\pm$ 0.23	2.74 $\pm$ 0.01	20.14	0.24
S13	1.80 $\pm$ 0.02	0.82 $\pm$ 0.02	17.46 $\pm$ 0.04	1.53 $\pm$ 0.02	7.25 $\pm$ 0.19	4.10 $\pm$ 0.02	17.88	0.19

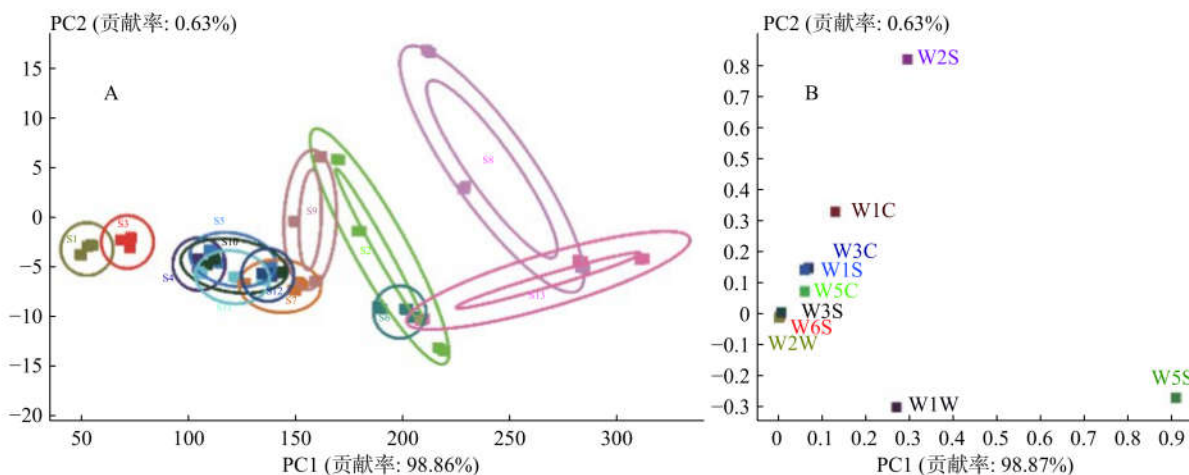


图1 13个酱油样品电子鼻 PCA图及载荷图

Fig.1 PCA analysis of electronic nose and load analysis of thirteen kinds of soy sauce

差异性。

PCA 分析结果显示 PC1 的贡献率为 98.87%，而对 PC1 影响较大的因子由载荷分析图 1B 可知，W5S、W2S、W1W 三个传感器所捕获的信息与 PC1 相关性较高，这三个传感器所对应的物质类型分别为对氮化合物、醇类及无机硫化物。对主成分 2 贡献率较大的是 W2S 和 W1C，这两个传感器对应的分别为醇类和苯类芳香化合物。综合以上分析可知，乙醇等醇类物质、无机硫化物等是区分不同酱油产品之间的关键物质。

### 2.3 酱油中挥发性风味物质分析

采用 GC-MS 对酱油挥发性物质进行进一步解

析，并通过 HEMI 软件绘制热图，根据欧氏距离相似度，按照 Maximum-linkage 法进行聚类分析，以明确影响酱油风味的物质基础，结果如图 2。

由图 2 可知，13 个样品聚类结果为在第一和第二分类水平上，同一产品能够聚集在同一分支，而第三分类水平上，样品之间即存在一定交叉，因此这 13 种样品大致聚为 3 类。S8 与 S13 聚为第一类，从物质结构上看，与其他样品相比较，该类样品特点为乙醇含量高。与之相对应的第二类产品包括 1 个样品 S1，该样品特点为与其他样品相比较乙醇含量最低，同时通过比较 S1 与 S8、S13 之间物质组成发现，相较于 S8 和 S13，S1 样品特点还表现为呋喃甲

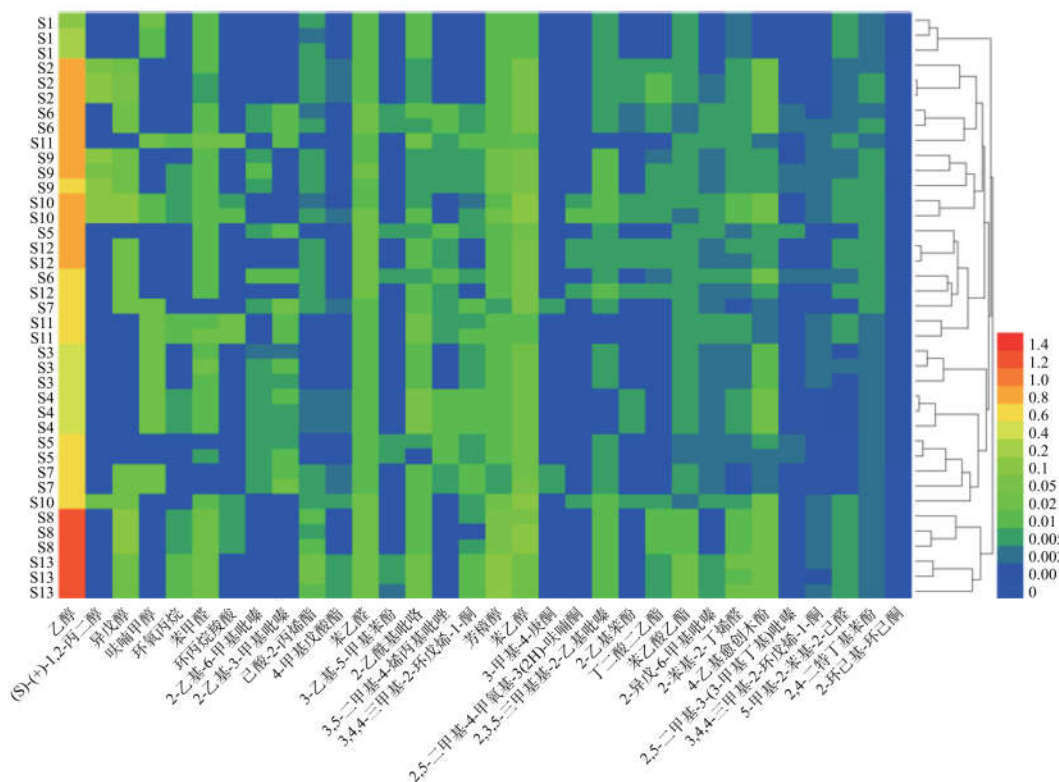


图2 13个酱油样品挥发性风味物质组成及聚类分析

Fig.2 Composition and cluster analysis of volatile flavor substances of thirteen kinds of soy sauce



醇含量高,异戊醇、环氧丙烷、4-甲基戊酸烯丙酯、2,3,5-三甲基-2-乙基吡嗪、丁二酸二乙酯、4-乙基愈创木酚、2-苯基-2-丁烯醛等物质含量低,其中 4-乙基愈创木酚等为酱油重要的特征风味物质<sup>[26]</sup>。S2、S3、S4、S5、S6、S7、S9、S10、S11、S12 等 10 个样品聚为一支,该支样品乙醇含量在第一类和第三类之间,且与第一、第二类有显著差异,而其他各指标无显著差异。由此可知,乙醇是影响酱油风味差异性的主要物质,其次为酱油特征风味物质如 4-乙基愈创木酚等,这两种物质的生成均主要受酵母菌种及发酵过程的影响<sup>[27-29]</sup>。因此,筛选和应用发酵性能优良的耐盐酵母是提升酱油风味品质的关键<sup>[30-32]</sup>。

结合电子鼻分析结果可知,基于物质组成的分类结果与电子鼻分析结果较为一致,两种分析结果均表明乙醇是影响酱油风味差异的主要因素。基于物质的结果与电子鼻结果略有差异,这种差异主要是由于酱油的风味形成依赖与物质的组成和含量。一方面是由于乙醇含量较高,本身具有较强的气味,同时乙醇挥发过程中也会使酱油中风味物质带出,从而间接影响酱油的风味特征。

#### 2.4 酱油中游离氨基酸含量和组成分析

由表 4 可知,13 种酱油中游离氨基酸总量以 S4 样品含量最高为 87.98,以 S13 最低 37.29,分布范围较广,多数分布在 55%~75% 之间。通过分析氨基酸组成可知,谷氨酸为不同产品中变化最为显著游离氨基酸。S4 样品游离氨基酸组成较其他 12 个

样品差异最大,谷氨酸和脯氨酸均显著高于其它 12 个样品,天冬氨酸等其它 13 种游离氨基酸含量均低于其它 12 个样品。结合表 1 原料信息表可知,S4 氨基酸组成受原料影响较大。同样,S7 样品受玉米发酵酱添加的影响,谷氨酸的含量也较高,仅次于 S4,且明显高于其它 11 个样品。S5、S6 和 S9 为同一厂家不同系列产品,三者谷氨酸含量较为接近,其余 8 个样品谷氨酸含量均低于 15 mg/mL,S13 谷氨酸含量最低为 5.37 mg/mL。

一般认为酿造酱油谷氨酸在 18%~25% 之间<sup>[9]</sup>,通过分析可知,S4、S5、S6、S7、S9 谷氨酸相对百分含量占比在 31%~45% 之间,而 S3、S8、S10、S12、S13 谷氨酸相对百分含量在 14%~17% 之间,这些样品谷氨酸含量与传统酿造酱油有一定差异,与原料配比、发酵工艺及酵母抽提物的添加(原料中添加酵母抽提物的酱油为非添加酱油)等有关。通过分析可知,由于谷氨酸含量较大且呈味阈值低,谷氨酸对酱油鲜味具有非常重要的贡献,鲜味 TAV 值与谷氨酸含量较为一致,S4 鲜味 TAV 值最高为 135.85,S13 鲜味 TAV 值最低为 21.94。通过分析鲜、甜、苦 TAV 值相对百分比可知,S4 样品甜味和苦味 TAV 最低,S5、S6、S7、S9 四个样品甜味和苦味 TAV 略高于 S4,其余 8 个样品甜味和苦味 TAV 值均比较高。

#### 2.5 感官品评分析

原酿本味类产品不添加味精和食品添加剂(食品

表 4 13 种酱油的游离氨基酸含量及呈味氨基酸 TAV(mg/mL)  
Table 4 Contents of free amino acids and TAV of 13 kinds of soy sauce (mg/mL)

呈味	氨基酸名称	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
鲜味	天冬氨酸	3.75±0.36	5.03±0.55	3.08±0.28	2.35±0.25	4.53±0.42	5.83±0.58	4.51±0.45	5.99±0.68	5.70±0.60	4.87±0.44	4.62±0.48	6.92±0.75	4.04±0.40
	谷氨酸	8.98±0.87	13.45±0.92	8.67±0.63	40.05±0.98	21.39±0.78	22.45±0.70	32.16±0.91	9.34±0.89	23.25±0.99	7.53±0.29	14.18±0.86	9.53±0.62	5.37±0.76
	TAV总和	33.68	49.86	31.98	135.85	75.83	80.66	111.71	37.12	83.20	29.97	51.89	38.69	21.94
	TAV占比(%)	44.80	54.15	43.20	84.21	67.65	62.65	74.19	45.79	62.93	39.20	57.44	40.69	41.53
甜	丙氨酸	3.26±0.26	2.94±0.20	3.57±0.26	2.12±0.22	2.19±0.21	3.27±0.28	2.60±0.28	3.24±0.30	3.65±0.37	2.91±0.20	3.18±0.23	3.54±0.32	1.84±0.15
	甘氨酸	2.28±0.21	2.61±0.20	2.9±0.25	1.31±0.14	1.83±0.15	1.78±0.16	1.82±0.18	2.00±0.20	1.52±0.17	2.04±0.19	1.97±0.18	3.14±0.33	1.21±0.14
	苏氨酸	2.52±0.18	2.70±0.25	2.77±0.27	1.65±0.19	2.34±0.30	3.01±0.28	2.48±0.28	2.96±0.21	2.97±0.29	2.67±0.20	2.62±0.29	3.50±0.33	2.14±0.22
	丝氨酸	3.14±0.31	3.25±0.30	3.37±0.39	2.04±0.27	2.76±0.29	3.55±0.34	2.88±0.21	3.63±0.35	3.57±0.38	3.19±0.35	3.19±0.34	4.04±0.41	2.50±0.23
	TAV总和	10.30	10.48	11.32	6.63	8.55	11.12	9.15	11.28	11.32	10.12	10.27	13.00	7.47
	TAV占比(%)	13.60	11.51	18.23	3.90	7.04	9.15	5.96	13.11	8.65	14.82	9.73	17.31	25.41
苦	异亮氨酸	3.42±0.33	3.56±0.26	3.73±0.40	2.22±0.21	3.26±0.33	4.02±0.41	3.33±0.38	3.96±0.37	4.13±0.46	3.66±0.30	3.56±0.31	4.17±0.43	2.58±0.28
	亮氨酸	5.06±0.52	5.22±0.56	5.58±0.48	3.37±0.32	4.70±0.48	5.70±0.61	4.84±0.59	5.82±0.53	5.95±0.52	5.36±0.59	5.15±0.42	5.43±0.38	3.86±0.32
	苯丙氨酸	3.08±0.28	3.19±0.30	2.95±0.28	1.99±0.18	2.83±0.21	3.44±0.32	2.89±0.21	3.34±0.36	3.59±0.25	3.23±0.31	3.01±0.25	3.82±0.36	2.33±0.19
	组氨酸	1.74±0.11	1.64±0.15	1.21±0.11	0.83±0.03	1.28±0.05	1.55±0.08	1.62±0.10	1.24±0.11	1.52±0.15	1.69±0.12	1.03±0.11	2.11±0.16	1.08±0.15
	精氨酸	0.75±0.06	0.74±0.07	0.96±0.10	0.46±0.05	1.08±0.11	2.65±0.23	0.58±0.07	0.91±0.10	2.40±0.22	2.72±0.26	0.67±0.09	3.15±0.31	0.75±0.09
	甲硫氨酸	0.86±0.06	0.89±0.07	0.92±0.10	0.52±0.06	0.59±0.08	0.78±0.09	0.81±0.05	0.99±0.12	0.97±0.10	0.93±0.09	0.82±0.11	0.99±0.10	0.69±0.05
不呈味	缬氨酸	3.30±0.26	3.54±0.32	3.73±0.33	2.23±0.26	3.18±0.32	4.01±0.39	3.32±0.25	4.07±0.33	4.14±0.41	3.56±0.30	3.58±0.36	4.60±0.44	2.69±0.22
	TAV总和	31.20	31.74	30.72	18.83	27.72	36.96	29.72	32.67	37.69	36.37	28.18	43.39	23.41
	TAV占比(%)	41.50	34.47	41.50	11.67	24.73	28.71	19.74	40.29	28.51	47.57	31.20	45.64	44.32
	脯氨酸	3.26±0.26	3.50±0.33	3.29±0.41	23.97±0.98	3.22±0.33	3.79±0.29	4.81±0.45	3.78±0.29	3.76±0.33	3.14±0.29	3.70±0.36	3.71±0.52	2.73±0.33
赖氨酸	3.66±0.41	3.29±0.33	3.87±0.42	2.10±0.25	3.17±0.25	3.74±0.330	3.33±0.29	3.50±0.35	3.91±0.36	3.10±0.29	3.09±0.41	4.39±0.50	2.51±0.32	
酪氨酸	0.54±0.06	0.63±0.08	0.46±0.06	0.78±0.10	0.43±0.050	0.66±0.06	0.49±0.08	0.58±0.05	0.31±0.06	0.67±0.08	0.95±0.10	0.81±0.09	0.99±0.11	
	相对百分含量(%)	15.04	13.21	14.92	30.53	11.60	11.65	11.91	14.19	11.19	13.46	13.99	13.95	16.69
	总量	49.59	56.15	51.07	87.98	58.77	70.21	72.45	55.34	71.34	51.26	55.31	63.82	37.29



工业用加工助剂除外), 所以其香气、口味主要依赖于其自身的发酵工艺和发酵水平, 也就是原油质量在口味和香气上的贡献是最大的。

通过感官品评结果表 5 可知, 13 种酱油风味品质存在较大差异, 大致可分为五组。S1 和 S3 样品风味较差, 主要为酯香、醇香等香气较弱的物质, 该结果与电子鼻结果较为一致(图 1), 且乙醇含量较低(表 3)。其余 11 个样品可分为 4 种类型, 其中 S4、S7、S10 三个样品酱香突出, S2、S11、S12 兼具酯香和酱香风味, S5、S6、S9 三个样品酯香突出且兼具醇香, 而 8 和 13 主要以醇香突出。结合电子鼻和电子舌结果可知, 13 个酱油样品感官评价结果与电子舌和挥发性风味物质分析结果较为一致(图 1 和图 2)。

表 5 13 种原味本酿酱油感官品评表

Table 5 Sensory evaluation form of thirteen kinds of natural plain fermented soy sauce

序号	香气	滋味
S1	无酯香、醇香, 香气较弱	口感单薄、咸酸苦涩、鲜甜味差
S2	酯香、酱香浓郁	口感醇厚, 鲜、咸适口, 略有苦味
S3	香气一般	味鲜、醇厚、鲜、咸适口
S4	酱香浓郁	口感浓厚、鲜味好
S5	酯香、醇香较浓郁	味鲜美, 略甜
S6	酯香、醇香浓郁	口感浓厚、鲜、咸、甜适口
S7	酱香较浓郁	口感较浓厚、鲜甜适口
S8	醇香、酯香浓郁	口感醇厚、鲜甜味一般、略苦
S9	酯香、醇香浓郁	口感浓厚、鲜、咸、甜适口
S10	酱香较浓郁	口感较浓厚、鲜甜适中
S11	酱香浓郁, 酯香、醇香较淡	口感浓厚, 鲜味弱, 口感咸、涩、甜味突出, 鲜甜持久协调
S12	酱香、酯香浓郁	甜味突出, 鲜甜持久协调
S13	醇香浓郁	口感浓厚, 略鲜甜、咸味和酸味较明显

通过表 5 中滋味感官评价结果可知, S2~S12 等 11 个样品滋味均比较好, S1 和 S13 样品滋味品质较差, 主要特征为咸酸味较明显, 鲜甜味差。由这两个样品氨基酸组成(表 4)和常规理化指标(表 3)可知, S1 和 S13 样品中鲜味和甜味氨基酸含量均低于其他样品, 且 S1 样品糖/酸值也最小。同时, 虽然 S1 和 S13 样品含盐含量与其它样品较为接近, 但由于鲜、甜味氨基酸含量少, 咸味也就相对较为突出。结合其余 12 个样品理化指标和氨基酸组成可知, 当样品氨基酸态氮  $\geq 1.00$  g/100 mL, 全氮  $\geq 1.80$  g/100 mL, 糖含量  $\geq 6.20$  g/100 mL, 糖/酸比值在 3.40~5.80, 游离氨基酸含量  $\geq 60$  mg/mL, 酱油风味品质最佳(不考虑氨基酸与其他物质之间的相互作用)。

### 3 结论

本研究系统比较了国内主要的原酿酱油非挥发性和挥发性风味物质, 并进行感官评价。结果表明我国酱油风味存在着较大差异, 受原料和发酵工艺等的影响, 品质参差不齐。综上可知, 各项理化指标之间无显著相关性, 不同产品乙醇和总糖含量变化最为明

显。乙醇、氮氧化合物及无机硫化物是造成酱油风味差异的主要物质基础。酱油游离氨基酸组成不仅对酱油鲜味特征有显著影响, 同时直接或间接与糖、酸、全氮等共同影响酱油鲜、咸、甜、酸等滋味特征。综合比较认为: 当样品的氨基酸态氮  $\geq 1.00$  g/100 mL, 全氮  $\geq 1.80$  g/100 mL, 糖含量  $\geq 6.0$  g/100 mL, 糖/酸比值在 3.40~5.80, 游离氨基酸含量  $\geq 60$  mg/mL, 时, 酱油风味品质最佳。但是对于额外添加的酵母抽提、口蘑等物质对酱油品质(口感、风味)的影响需要进一步研究其作用机理。

### 参考文献

- [1] Wang S, Tamura T, Kyouno N, et al. Effect of volatile compounds on the quality of Japanese fermented soy sauce[J]. *LWT*, 2019, 111: 594-601.
- [2] Wang X J, Guo M Y, Song H L, et al. Characterization of key aroma compounds in traditional Chinese soy sauce through the molecular sensory science technique[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 128: 109413.
- [3] Zhao G Z, Ding L L, Hadiatullah H, et al. Characterization of the typical fragrant compounds in traditional Chinese-type soy sauce[J]. *Food Chemistry*, 2020; 312.
- [4] Gao L H, Liu T, An X J, et al. Analysis of volatile flavor compounds influencing Chinese-type soy sauces using GC-MS combined with HS-SPME and discrimination with electronic nose[J]. *Journal of Food Science & Technology*, 2017, 54(1): 130-143.
- [5] 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.
- [6] 冯杰. 埃切假丝酵母产香机理及其对酱油风味的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [7] 刘非, 杜丽平, 肖冬光. 酱油挥发性成分固相萃取条件的优化[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(7): 71-75.
- [8] 李琴, 杜凤刚. 发酵过程添加生香酵母改善酱油风味的探讨[J]. *中国酿造*, 2003(6): 27-28.
- [9] 范霞, 陈荣顺. 五种市售酿造酱油风味物质及氨基酸含量分析[J]. *中国调味品*, 2019, 44(10): 144-148.
- [10] 曹小红, 张艳, 鲁梅芳, 等. 耐盐酵母添加对高盐稀态酱醪风味成分的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2007, 33(3): 57-59.
- [11] 陈嘉辉. 酱油中呈味肽的分离鉴定及呈味特性的对比分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- [12] 葛金鑫, 李永凯, 曾斌. 酱油的风味物质[J]. *中国酿造*, 2019, 38(10): 16-20.
- [13] Liang R, Huang J, Wu X M, et al. Effect of raw material and starters on the metabolite constituents and microbial community diversity of fermented soy sauce[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(13): 5687-5695.
- [14] 吕爱梅, 蒋雪微, 彭东, 等. 酱油酿造用耐盐产乙醇风味酵母的选育及其在应用[J]. *食品科学*, 2020, 41(20): 119-126.
- [15] 杜雯, 王中伟, 孟凡冰, 等. 酱油酿造用产香酵母的选育研究进展[J]. *中国调味品*, 2019, 44(11): 179-182.
- [16] 朱莉, 许长华. 酱油关键风味物质及其功能与发酵工艺研

- 究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 287-292.
- [17] 王夫杰, 鲁绯. 我国酱油研究现状与发展趋势[J]. 中国酿造, 2010(12): 3-7.
- [18] 刘贞诚. 传统酿造酱油风味成分的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [19] 陈彬, 鲁绯, 王夫杰, 等. 耐盐酵母菌对发酵酱油风味作用及其应用的研究进展[J]. 中国酿造, 2010(6): 1-3.
- [20] Ding C F, Meng M, Jiang Y Y, et al. Improvement of the quality of soy sauce by reducing enzyme activity in *Aspergillus oryzae*[J]. *Food Chemistry*, 2019, 292: 81-89.
- [21] 中国食品工业协会. T/CNFA 114-2019, 原味本酿酱油[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [22] 谭万云, 吴蓉蓉. 酱油中乙醇含量的检测方法[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(6): 72-74.
- [23] Lin W M, Song J J, Hu W F, et al. Relationship between extracellular cellulase, pectinase and xylanase activity of isolated *Aspergillus oryzae* strains grown on koji and the umami-tasting amino acid content of soy sauce[J]. *Food Biotechnology*, 2016, 30(4): 278-291.
- [24] 尹文颖. 不同固形物浓度对高盐稀态酱油发酵影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.
- [25] 贾爱娟. 提高高盐稀态法酿造酱油原料蛋白质利用率及氨基酸出品率的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [26] 包启安. 酱油科学与酿造技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
- [27] 闫美. 高耐盐酱油酵母的选育及其在酱油酿造中的应用[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2014.
- [28] 刘滢, 朱新贵, 李学伟. 酱油增香用耐盐酵母的分离及生长特性分析[J]. 中国酿造, 2012, 31(10): 109-112.
- [29] 宋茜. 耐盐产酯酵母的选育及用于酱油酿造的初步研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- [30] Harada R, Yuzuki M, Ito K, et al. Influence of yeast and lactic acid bacterium on the constituent profile of soy sauce during fermentation[J]. *Journal of Bioence & Bioengineering*, 2017, 123(2): 203-208.
- [31] Song Y R, Jeong D Y, Baik S H. Monitoring of yeast communities and volatile flavor changes during traditional korean soy sauce fermentation[J]. *Journal of Food Science*, 2015, 80(9): 2005-2014.
- [32] Li Y C, Du W, Meng F B, et al. Tartary buckwheat protein hydrolysates enhance the salt tolerance of the soy sauce fermentation yeast *Zygosaccharomyces rouxii*[J]. *Food Chemistry*, 2020, 342(1): 128382.