

不同工艺市售酱油理化特征、感官属性及消费者选择偏好分析

李雄波^{1,2}, 符怡³, 蒋四强^{1,2}, 黄学明³, 李婷^{1,2}, 陈霞³, 范智义^{1,2}, 陈相杰^{1,2}, 李恒^{1,2,4}, 邓维琴^{1,2*}

(1.四川省食品发酵工业研究设计院有限公司, 四川 成都 611130; 2.食品微生物四川省重点实验室, 四川 成都 611130;
3.合江县先市酿造食品有限公司, 四川 泸州 646204; 4.四川振兴产业技术研究院有限公司, 四川 成都 610023)

摘要:该研究以市售广式酱油、日式酱油和四川传统酱油作为研究对象,对3种酱油的感官品质、理化指标、游离氨基酸及有机酸进行了分析,并通过偏最小二乘-回归(PLSR)分析其与消费者接受度的关系。结果表明,广式酱油具有明显的调味品味、焦糖味和坚果/烘焙味;日式酱油醇味、花香和果香突出;四川传统酱油的酱香、豉香和烟熏味明显。基于香气和滋味主成分分析可以有效区分不同工艺酱油。广式酱油的氨基酸态氮、可溶性无盐固形物、总游离氨基酸、鲜味氨基酸、谷氨酸(分别为1.25 g/100 mL、25.01 g/100 mL、84.79 g/L、48.19 g/L、43.40 g/L)高于日式和四川传统酱油,日式酱油的颜色参数(L^* 值、 a^* 值、 b^* 值)均高于广式酱油和四川传统酱油;广式酱油、日式酱油和四川传统酱油的乳酸、乙酸、甲酸、琥珀酸平均含量分别为2.88 g/L、3.73 g/L、4.01 g/L;1.31 g/L、1.38 g/L、1.85 g/L;1.81 g/L、1.40 g/L、1.66 g/L;1.68 g/L、1.60 g/L、1.22 g/L。PLSR分析结果表明,理化特征、感官属性和游离氨基酸是影响消费者接受度的主要驱动因素。

关键词:市售酱油;理化特征;感官属性;游离氨基酸;消费者接受度

中图分类号:TS264.2

文章编号:0254-5071(2025)10-0213-07

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2025.10.030

引文格式:李雄波,符怡,蒋四强,等.不同工艺市售酱油理化特征、感官属性及消费者选择偏好分析[J].中国酿造,2025,44(10):213-219.

Analysis of physicochemical characteristics, sensory attributes and consumer choice preference of commercially available soy sauce with different processes

LI Xiongbo^{1,2}, FU Yi³, JIANG Siqiang^{1,2}, HUANG Xueming³, LI Ting^{1,2}, CHEN Xia³, FAN Zhiyi^{1,2}, CHEN Xiangjie^{1,2},
LI Heng^{1,2,4}, DENG Weiqin^{1,2*}

(1.Sichuan Food and Fermentation Industry Research & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 611130, China; 2.Food Microbiology Key Laboratory of Sichuan Provincial, Chengdu 611130, China; 3.Hejiang Xianshi Food Brewing Co., Ltd., Luzhou 646204, China;
4.Sichuan Zhenxing Industrial Technology Research Institute Co., Ltd, Chengdu 610023, China)

Abstract: Using commercially available Cantonese soy sauce, Japanese soy sauce, and traditional Sichuan soy sauce as research subjects, the sensory quality, physicochemical indicators, free amino acids, and organic acids of the 3 types of soy sauce were analyzed. Furthermore, the relationship between these factors and consumer acceptance was analyzed using partial least squares-regression (PLSR) analysis. The results showed that Cantonese soy sauce had distinct flavoring taste, caramel taste and nut/roasted taste, Japanese soy sauce had prominent ethanol taste, floral and fruity aromas, traditional Sichuan soy sauce had distinct soy sauce aroma, Douchi aroma, and smoky taste. Soy sauce with different processes could be effectively distinguished based on principal components analysis of aroma and taste. The contents of amino acid nitrogen, soluble salt-free solid, total free amino acid and umami amino acid (1.25 g/100 mL, 25.01 g/100 mL, 84.79 g/L and 48.19 g/L, 43.40 g/L, respectively) of Cantonese soy sauce were higher than those of Japanese and traditional Sichuan soy sauce. The color parameters (L^* value, a^* value, b^* value) of Japanese soy sauce were all higher than those of Cantonese soy sauce and traditional Sichuan soy sauce. The average contents of lactic acid, acetic acid, formic acid and succinic acid in Cantonese soy sauce, Japanese soy sauce and traditional Sichuan soy sauce were 2.88 g/L, 3.73 g/L and 4.01 g/L; 1.31 g/L, 1.38 g/L, 1.85 g/L; 1.81 g/L, 1.40 g/L, 1.66 g/L; 1.68 g/L, 1.60 g/L, 1.22 g/L, respectively. The PLSR analysis results showed that physicochemical characteristics, sensory attributes and free amino acids were the main driving factors affecting consumer acceptance.

Key words: commercially available soy sauce; physicochemical characteristics; sensory attributes; free amino acid; consumer acceptance

酱油是东亚国家日常烹饪中不可或缺的传统发酵调味品^[1-2],富含异黄酮^[3]和活性多肽^[4-5]等营养成分,由于独

特的风味使其消费量在世界范围内不断扩大。目前,高盐稀态发酵工艺酿造的酱油风味更佳,已成为酱油酿造的主

收稿日期:2025-01-09

修回日期:2025-04-30

基金项目:中央引导地方科技发展专项项目(2024ZYD0252);四川省自然科学基金面上项目(25NSFSC0026);国家现代农业产业技术体系四川蔬菜创新团队(SCCXTD-2024-5)

作者简介:李雄波(1993-),男,工程师,硕士,研究方向为传统发酵食品研究与开发。

*通讯作者:邓维琴(1990-),女,高级工程师,硕士,研究方向为传统发酵食品研究与开发。

要生产工艺。根据发酵原料配比、发酵菌种、工艺条件及发酵容器等不同,可细分为日式工艺、广式工艺和传统日晒发酵工艺^[6,7]。其中,传统日晒发酵工艺以四川传统酱油最具代表性^[8]。

不同发酵工艺导致酱油品质存在一定差异,影响消费者的接受度^[6]。研究结果表明,广式酱油和日式酱油在感官风味、理化指标方面存在显著差异^[9-10]。其中,日式酱油醇香、酯香和甜味更加突出;而广式酱油酱香、豉香更浓郁^[6,11]。赵佳豪等^[12]研究表明,广式酱油中氨基酸态氮明显高于日式酱油。冯云子等^[13]研究表明,日式酱油的还原糖、甜味氨基酸以及总酸含量高于广式酱油。BYEON Y S等^[14]研究结果表明,消费者接受度与氨基酸、有机酸,以及“甜味”和“鲜味”等感官属性呈正相关,而与“苦味”和强烈的“发酵味”等则呈负相关。然而,目前鲜见关于四川传统酱油与日式酱油、广式酱油理化指标和感官品质差异的研究报道。

本研究以市售广式酱油、日式酱油和四川传统酱油为研究对象,对其感官品质、理化指标、游离氨基酸及有机酸进行了分析,并通过偏最小二乘-回归(partial least squares regression,PLSR)分析了品质指标与消费者接受度的关系。旨在明确消费者酱油选择偏好的驱动因素,为企业产品质量改进、提升市场接受度提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 酱油样品

广式酱油(编号G1~G18)、日式酱油(编号R1~R16)、四川传统酱油(编号C1~C16),所有酱油均为特级酱油;产地来自于中国广东、山东、四川和日本千叶县、兵库县等地。

1.1.2 试剂

18种氨基酸混合标准品(纯度>99%)、乙腈(色谱纯):美国Sigma-Aldrich公司;正己烷、三乙胺(均为色谱纯):天津市科密欧化学试剂有限公司;异硫氰酸苯酯(色谱纯):

上海易恩化学技术有限公司;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

S210-K型pH计:美国梅特勒托利多集团;CR-20型色差仪:日本柯尼卡美能达公司;Agilent 1260 Infinity II高效液相色谱(high performance liquid chromatography,HPLC)仪:美国安捷伦科技有限公司;TGL-20bR型冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂;Ultimate Amino Acid色谱柱(4.6×250 mm,5 μm):月旭科技(上海)股份有限公司;Atlantis® T3色谱柱(4.6×250 mm,5 μm):美国Waters公司。

1.3 方法

1.3.1 指标测定

pH测定:采用pH计;总酸含量测定:采用GB 12456—2021《食品中总酸的测定》中pH计点位滴定法;氨基酸态氮含量测定:采用GB 5009.235—2016《食品中氨基酸态氮的测定》中酸度计法;还原糖含量测定:采用3,5-二硝基水杨酸法^[15];可溶性无盐固形物测定:采用GB/T 18186—2000《酿造酱油》的加热干燥法;氯化钠含量测定:采用GB 5009.44—2016《食品中氯化物的测定》中银量法;乙醇含量测定:采用分光光度法^[16];密度测定:采用称量法;氨基酸、有机酸含量测定:采用高效液相色谱(HPLC)法^[17];美拉德反应产物测定:参考KIM J S等^[15]的方法,以波长420 nm处的吸光度值作为美拉德反应产物的评价指标。颜色参数(L*值、a*值、b*值)测定:采用色差仪。

1.3.2 定量描述分析

选择7名(男4名,女3名)经过感官培训的专业人员组成评价小组,确定酱油的12种香气特征描述词和5种滋味特征描述词^[9,13,18],并对所有的描述词进行定义,确定其参照物和建立强度标度(见表1)。样品制备参照项目组前期报道方法进行^[18]。感官评价训练及测定过程采用定量描述分析(quantitative distriminant analysis,QDA)方法,要求评价小组成员采用5分制对酱油样品的风味轮廓进行打分,其中强度描述为没有感觉(0)、弱(1)、稍弱(2)、平均(3)、稍强(4)和强(5)。

表1 酱油感官特征定量描述词及参比标准
Table 1 Glossary for quantitative description and reference standards of sensory characteristics of soy sauce

感官属性	定义	参照物	参比标准
咸味	咸味物质如氯化钠产生的基本味感	食盐	含量1.0%定义为1.0分;5.0%定义为4.0分
鲜味	鲜味物质如谷氨酸钠产生的基本味感	谷氨酸钠	含量0.01%定义为1.0分;0.05%定义为3.0分
滋味	酸味	柠檬酸	含量0.02%定义为1.0分;0.15%定义为4.0分
	甜味	蔗糖	含量1.0%定义为1.0分;3.5%定义为4.0分
	苦味	L-异亮氨酸	含量2.0 mg/mL定义为4.0分
	酱香	甜面酱	六必居甜面酱定义为5.0分
香气	豉香	豆豉	太和坊毛霉豆豉定义为5.0分
	烟熏味	4-乙基愈创木酚	含量10.0 μg/mL定义为3.0分
	焦糖味	5-羟甲基糠醛	含量0.1 mg/mL定义为4.0分

续表

感官属性	定义	参照物	参比标准
奶酪/酸味	一种与丁酸类似的刺激性气味	丁酸	含量0.05%定义为5.0
花香	一种类似玫瑰花的香气,略带甜香、蜂蜜气味	乙酸苯乙酯	含量10.0 μg/mL定义为4.0
麦芽香	一种麦芽所独有的味道,略带麦香和甜香	2-甲基丁醛	含量5.0 μg/mL定义为4.0
熟土豆香	一种煮熟土豆的气味	3-甲硫基丙醛	含量2.0 μg/mL定义为5.0
果香	新鲜水果特有的浓郁香气	2-甲基丁酸乙酯	含量20.0 μg/mL定义为4.0
坚果/烘焙味	一种坚果的香味略带烘焙气味	2,6-二甲基吡嗪	含量0.25 mg/mL定义为4.0
调味品味	一种类似葫芦巴内酯的气味	葫芦巴内酯	含量2.0 μg/mL定义为4.0

1.3.3 接受性检验

参照BYEON Y S等^[14]报道的方法对酱油接受度进行评估。基于酱油消费频率,招募25名普通酱油消费者组成评价小组,采用9点标度法评估每个酱油样本的色泽、香气、滋味和总体可接受性,其标准为非常不喜欢(0)、很不喜欢(1)、不喜欢(2)、稍不喜欢(3)、一般(4)、稍喜欢(5)、喜欢(6)、很喜欢(7)、非常喜欢(8)。

1.3.4 数据处理

描述性统计值以“平均值”表示(n=3);使用SPSS 23.0软件对数据进行单因素方差分析,采用Bonferroni检验进行显著性分析($P<0.05$);采用Simca进行偏最小二乘-回归(PLSR)分析;采用Origin 9.0软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同工艺市售酱油的感官评价分析

采用QDA法对三种工艺市售酱油进行感官评定,结果见图1。由图1A可知,四川传统酱油的酱香、豉香和烟熏味突出,其平均强度分别达到4.22、3.83、4.29;而广式酱油的调味品味、焦糖味和坚果/烘焙味平均强度最高,分别为4.11、4.40、3.88;日式酱油则花香、果香和醇味突出,其平均强度分别达到3.97、3.73、3.24。广式酱油与日式酱油的香气特征与前人研究结果一致^[13]。由图1B可知,广式酱油和日式酱油中咸味和鲜味是最强烈的滋味特征,其平均强度分别为4.13、3.81和4.39、3.91;其次是甜味和酸味,而苦味强度较弱。相比之下,四川传统酱油的滋味特征以咸味为主,平均强度达4.54;而鲜味和甜味相对较弱,平均强度分别为2.91、1.95;且苦味强度较高。不同工艺酱油由于其原料配比、发酵条件、发酵菌种及产地等不同导致产品风味成分差异,进而影响酱油的感官品质^[6]。

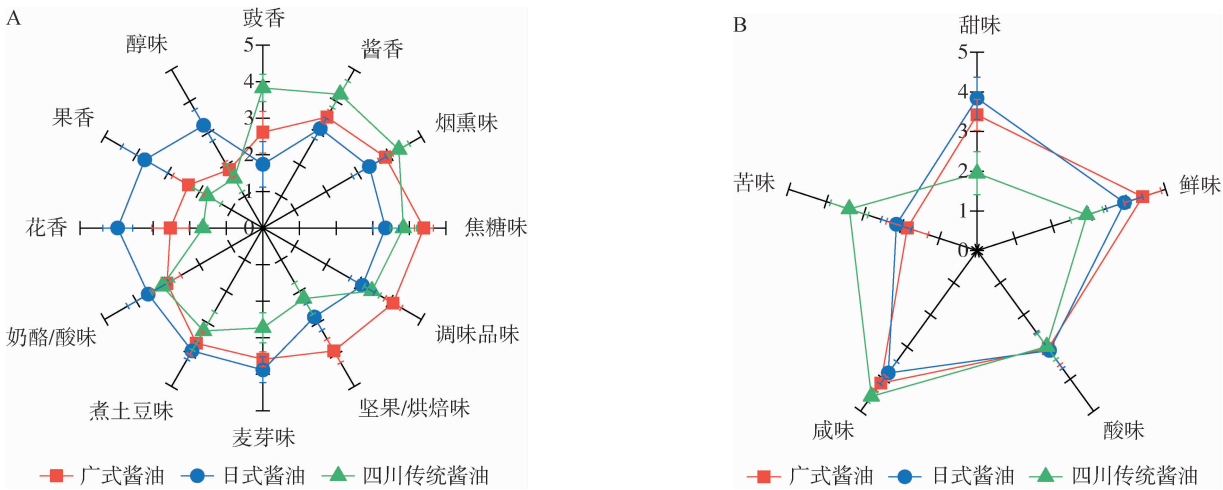
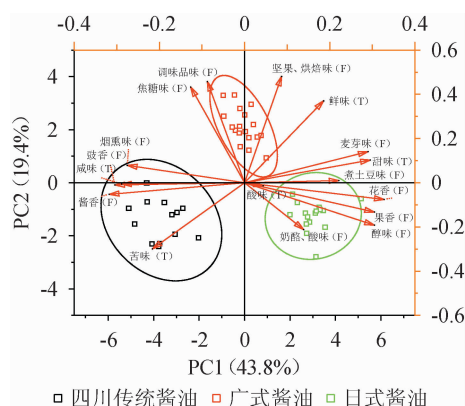


图1 不同工艺市售酱油的香气(A)和滋味(B)评价雷达图

Fig. 1 Radar map of aroma (A) and taste (B) evaluation of commercially available soy sauce with different processes

为了确定三种工艺市售酱油间感官差异性,对QDA数据进行主成分分析结果见图2。由图2可知,特征值>1的前4个主成分的累计方差贡献率为77.95%,能够较好地反映原始数据的主要变异成分。由图2可知,广式酱油样品主要聚集在第一、二象限,而日式酱油样品主要聚集在第三象限;四川传统酱油样品则聚集在第四象限。由此表明,不同工艺

的市售酱油样品能够完全区分开,表明三种工艺市售酱油的感官属性具有明显的类间差异。其中,广式酱油与鲜味、调味品味、焦糖味和坚果/烘焙味联系紧密;日式酱油与花香、果香、醇味、麦芽味、煮土豆味、甜味和奶酪/酸味关联性较强;而四川传统酱油则与酱香、豉香、烟熏味、咸味和苦味关联密切。



F代表香气;T代表滋味。下同。

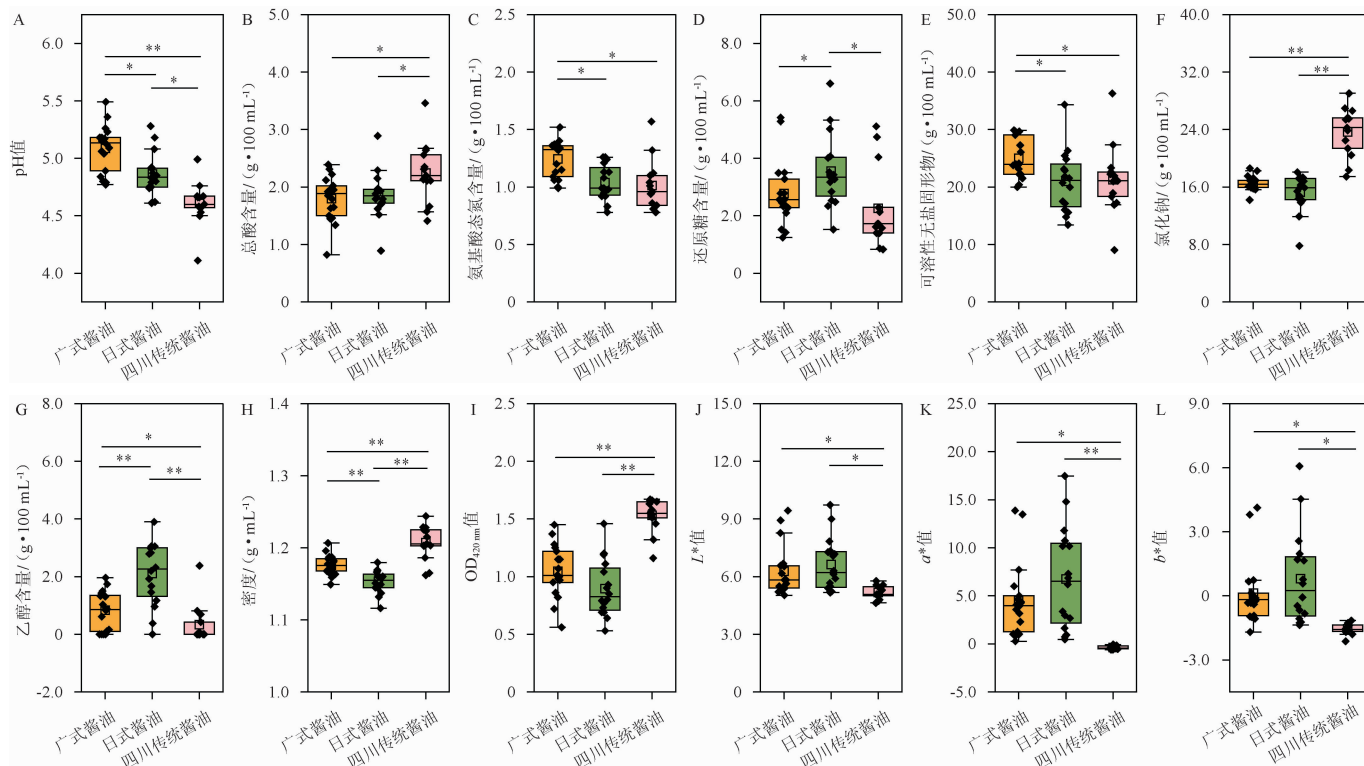
图2 不同工艺市售酱油香气和滋味的主成分分析结果

Fig. 2 Principal component analysis of aroma and taste of commercially available soy sauce with different processes

2.2 不同工艺市售酱油的基础理化指标分析

对三种工艺市售酱油的理化指标进行分析,结果见图3。由图3可知,广式酱油的pH值(5.09)、氨基酸态氮含量(1.25 g/100 mL)和可溶性无盐固形物含量(25.01 g/100 mL)显著高于日式酱油和四川传统酱油($P<0.01$, $P<0.05$)。其中,氨基酸态氮和可溶性无盐固形物是衡量酱油等级的关键指标^[9],因此广式酱油的鲜味更明显。日式酱油具有较高的还原糖和乙醇含量,分别为3.55 g/100 mL、2.11 g/100 mL,显著高于广式酱油和四川传统酱油中的还原糖含量(2.77 g/100 mL、

226 g/100 mL) ($P < 0.05$), 极显著高于其乙醇含量 (0.84 g/100 mL、0.33 g/100 mL) ($P < 0.01$)。因此, 日式酱油的甜味和醇味属性强度更突出, 这与人研究结果较为一致^[13, 20]。日式酱油发酵的淀粉质原料占比为40%或50%, 而广式酱油和四川传统酱油的淀粉质原料占比为20%~30%^[20], 因此更多的淀粉原料在淀粉酶的作用下下降解形成更多的葡萄糖、双糖等还原糖。此外, 日式酱油在发酵过程中人工接入鲁氏接合酵母 (*Zygosaccharomyces rouxii*) 等酵母菌, 甚至发酵后期可能添加米酒、食用酒精等, 而广式酱油和四川传统酱油在发酵过程中则无此工序^[7, 21-22], 因此其乙醇含量更高。然而, 四川传统酱油的总酸含量 (2.24 g/100 mL) 显著高于日式酱油和广式酱油 ($P < 0.05$), 氯化钠含量 (23.64 g/100 mL) 密度 (1.21 g/mL) 及美拉德反应产物 ($OD_{420\text{ nm}}$ 值 1.53) 极显著高于日式酱油和广式酱油 ($P < 0.01$)。其原因可能是四川传统酱油在长达1~3年的“日晒夜露”发酵过程中, 美拉德反应及微生物代谢的非挥发性酸类化合物大量积累, 以及长期“晒露”发酵过程中的水分流失导致^[23-24]。相反地, 四川传统酱油色泽指标 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值中, 除 a^* 值极显著低于日式酱油外 ($P < 0.01$), 其他则显著低于日式酱油和广式酱油 ($P < 0.05$), 因此四川传统酱油的色泽更深、更黑。总而言之, 相对日式酱油和四川传统酱油, 广式酱油在关键理化指标氨基酸态氮和可溶性无盐固形物上具有明显优势; 日式酱油则具有高还原糖、高乙醇含量的理化特征; 而四川传统酱油则表现出高盐高酸、色泽深、密度大的特点。



“*”代表差异显著($P<0.05$);“**”代表差异极显著($P<0.01$)。

图3 不同工艺市售酱油的理化指标检测结果

Fig. 3 Detection results of physicochemical indexes of commercially available soy sauce with different processes

2.3 不同工艺市售酱油中游离氨基酸含量及组成分析

游离氨基酸是决定酱油品质的关键因素,其含量及组成不仅对酱油鲜味特征有显著影响,同时直接或间接地与糖、醇、酸等共同影响酱油的风味特征^[4,19]。不同工艺市售酱油中总游离氨基酸含量及组成分析见图4。由图4A可知,广式酱油的总游离氨基酸含量(84.79 g/L)显著高于日式酱油(68.35 g/L)和四川传统酱油(64.71 g/L)($P<0.05$),这

与氨基酸态氮结果一致。由图4B可知,三种工艺市售酱油的游离氨基酸组成较为相似,其中,谷氨酸含量差异最显著。谷氨酸在广式酱油中含量最高,达43.40 g/L,而日式酱油和四川传统酱油中平均含量相对较低,分别为15.62 g/L、21.34 g/L。广式酱油的谷氨酸平均含量约分别为日式酱油和四川传统酱油的2.8倍和2.0倍。

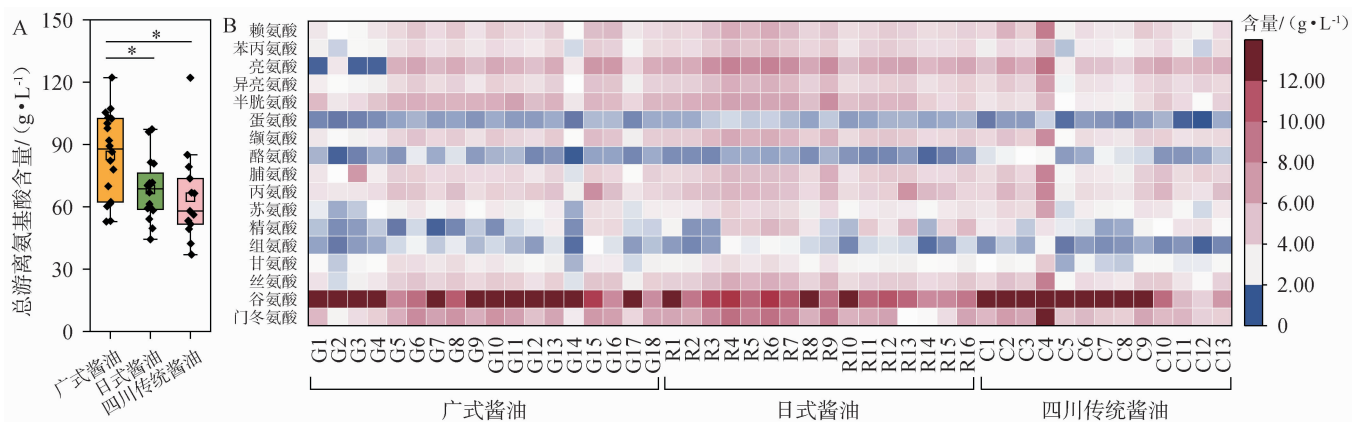


图4 不同工艺市售酱油中总游离氨基酸含量(A)及组成(B)分析

Fig. 4 Analysis of total free amino acid content (A) and composition (B) in commercially available soy sauce with different processes

参照CHEN Z Y等^[25]将游离氨基酸按照呈味特征分为鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和无味氨基酸。不同工艺市售酱油中各类呈味氨基酸含量及占比见图5。由图5A可知,广式酱油中鲜味氨基酸含量为48.19 g/L,极显著高于日式酱油(21.13 g/L)($P<0.01$),显著高于四川传统酱油(26.33 g/L)($P<0.05$),这主要与绝大部分广式酱油样品中谷氨酸含量较高有关。日式酱油中甜味和苦味氨基酸含量相对较高,其甜味氨基酸含量显著高于广式酱油($P<0.05$),苦味氨基酸含量显著高于广式酱油和四川传统酱油($P<0.05$),广式酱油和日式酱油的无味氨基酸含量极显著高于四川传统酱油($P<0.01$)。由图5B可知,日式酱油和四川传

统酱油中鲜味氨基酸的占比为28.76%和39.05%,分别极显著和显著低于广式酱油的52.56%($P<0.01$, $P<0.05$)。日式酱油和四川传统酱油中甜味氨基酸占比均显著高于广式酱油($P<0.05$),日式酱油和四川传统酱油的苦味氨基酸占比分别极显著和显著高于广式酱油($P<0.01$, $P<0.05$)。但是,四川传统酱油和日式酱油的苦味氨基酸的占比差异不显著($P>0.05$),这主要是由于部分苦味氨基酸的阈值较高,且苦味受到糖、盐和酸等抑制的原因^[26-27]。日式酱油的无味氨基酸显著和极显著高于广式酱油和四川传统酱油($P<0.05$, $P<0.01$)。

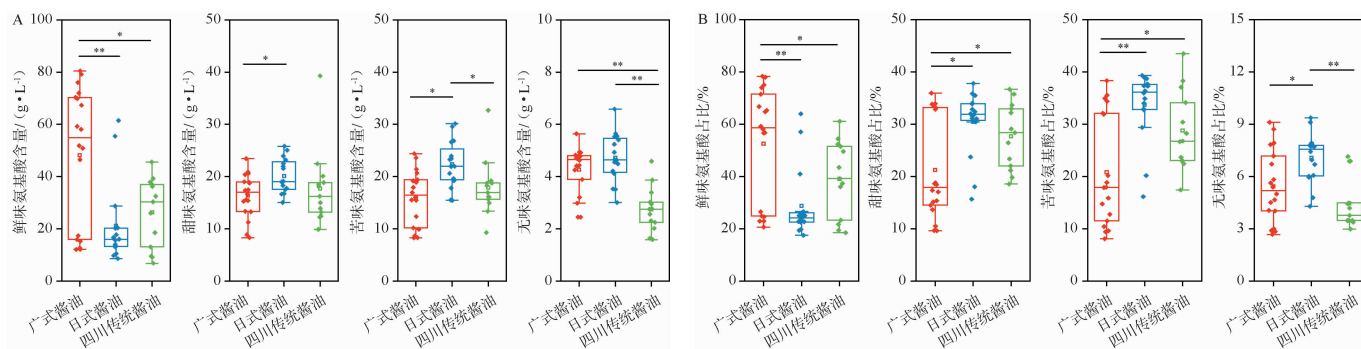


图5 不同工艺市售酱油中各类呈味氨基酸含量(A)及占比(B)分析

Fig. 5 Analysis of the content (A) and proportion (B) of various flavor amino acids in commercially available soy sauce with different processes

2.4 不同工艺市售酱油中有机酸组成分析

有机酸有助于发酵食品的风味,特别是发酵食品的酸味^[28]。在酱油的发酵过程中,淀粉质原料在酶的作用下水解

成小分子糖,这些糖类随后被微生物利用,代谢形成有机酸及其他风味成分。然而,有机酸的含量会因发酵工艺、原料配比和发酵成熟度而有所不同^[29]。不同工艺市售酱油中

的有机酸含量测定结果见图6。由图6可知,乳酸是三种工艺市售酱油样品中最丰富的有机酸。其中,四川传统酱油的乳酸平均含量最高(4.01 g/L),其次是日式酱油(3.73 g/L),而广式酱油最低(2.88 g/L)。然而,三种工艺市售酱油样品中乙酸、琥珀酸和甲酸含量相对较低。四川传统酱油、日式酱油和广式酱油中乙酸平均含量仅分别为1.85 g/L、1.38 g/L和1.31 g/L;琥珀酸平均含量分别为1.22 g/L、1.60 g/L和1.68 g/L;甲酸平均含量分别为1.66 g/L、1.40 g/L和1.81 g/L。BYEON Y S等^[14]研究表明,传统韩国酱油中乳酸和乙酸最为丰富,而柠檬酸、酒石酸、苹果酸、琥珀酸和甲酸含量相对较低,与本研究结果存在一定差异,主要可能是由于发酵工艺和条件存在差异导致。四川传统酱油“日晒夜露”发酵过程中乳酸菌种类和含量均相对较高^[30],加之发酵时间长,因此能够积累更多的乳酸。日式酱油在发酵初期会人工接种嗜盐四联球菌进行乳酸发酵,以提高乳酸含量和改善产品风味^[22]。相比之下,广式酱油未接种耐盐乳酸菌,加之发酵时间短,因此乳酸积累相对较弱。乳酸作为乳酸菌的主要代谢物,其酸味柔和,有助于丰富产品的风味。

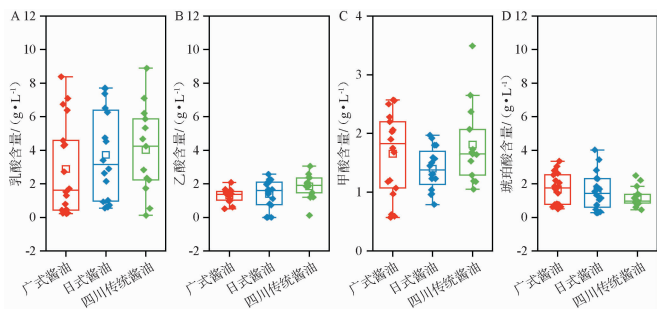


图6 不同工艺市售酱油中4种有机酸含量测定结果
Fig. 6 Detection results of 4 organic acid contents in commercially available soy sauce with different processes

2.5 不同工艺酱油理化指标、感官属性强度对消费者感官接受度的影响

偏最小二乘-回归(PLSR)分析适用于处理因变量和自变量之间存在多重共线性问题的情况^[31]。本研究以3种工艺市售酱油中的理化指标及感官属性得分为自变量(X),以消费者的接受度(包括总体可接受性、色泽、香气和滋味)为因变量(Y)进行偏最小二乘回归分析,结果见图7。由图7可知,第一主成分(t1)的解释变量为18.8%,预测变量为68.4%;第二主成分(t2)的解释变量为36.3%,预测变量为8.2%。说明该预测模型的可靠性较好。消费者对不同工艺酱油的感官接受度存在较大差异。其中,消费者对绝大多数日式酱油样品的总体接受度和色泽接受度较高;并对广式酱油样品的滋味接受度和四川传统酱油样品的香气接受度较高。消费者的总体接受度主要与滋味接受度和色泽接受度密切相关,这表明酱油的色泽和滋味是决定

消费者总体接受度的关键因素,这与现有研究结果一致^[32]。其中,消费者总体接受度主要与甜味、鲜味、花香、果香、麦芽香等感官属性和氨基酸态氮、pH值、L*值、a*值、b*值等理化指标呈较强的正相关性。此外,总体接受度还与绝大部分游离氨基酸密切相关。研究表明,苏氨酸、丝氨酸、脯氨酸、谷氨酸、天冬氨酸和赖氨酸等是影响消费者对酱油接受度的关键因素之一^[15]。然而,总体接受度与酱油中的氯化钠浓度、密度、美拉德反应产物、咸味、酱香、豉香、烟熏味和苦味等呈较强负相关性。此外,香气接受度还与酱香、豉香和烟熏味等风味属性呈较强的正相关性,说明在香气方面消费者更能接受酱油具有酱香、豉香和烟熏味的风味特征。整体而言,理化特征、感官属性和游离氨基酸是影响消费者接受度的主要因素。

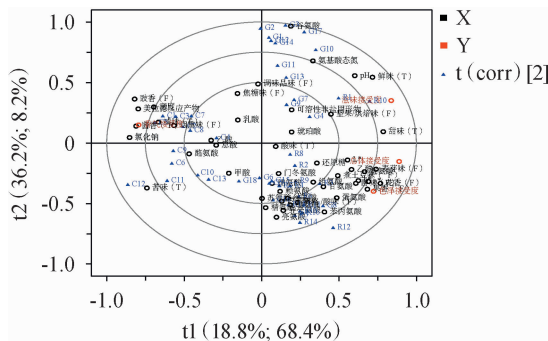


图7 不同工艺市售酱油的理化及感官特性的偏最小二乘回归分析
Fig. 7 Partial least squares regression analysis of physicochemical and sensory properties of commercially available soy sauce with different processes

3 结论

该文研究了市售广式酱油、日式酱油和四川传统酱油的理化特征、感官属性及其与消费者接受度的关系。结果表明,不同工艺酱油在理化指标、游离氨基酸及感官属性方面差异明显。其中,广式酱油的pH值、氨基酸态氮、可溶性无盐固形物、总游离氨基酸及鲜味氨基酸显著均高于其他两种样品($P<0.05$),尤其是谷氨酸含量分别是日式酱油和四川传统酱油的2.8倍和2.0倍。日式酱油则以高还原糖和乙醇含量为特点,醇味、花香、果香突出。四川传统酱油高盐高酸,色泽深、密度大,具有独特的酱香、豉香和烟熏味,但鲜味和甜味较弱。PLSR分析显示,消费者接受度与甜味、鲜味、花香、果香、麦芽香等感官属性及氨基酸态氮、pH值等理化指标呈正相关,而与氯化钠浓度、咸味和苦味等呈负相关。此外,香气接受度与酱香、豉香和烟熏味等风味属性呈强正相关。研究结果表明,理化特征、感官属性和游离氨基酸是影响消费者接受度的主要驱动因素。本研究有利于提升产品市场竞争力,促进行业标准化,推动行业技术创新。

参考文献:

- [1] UDDIN J, YASMIN S, KAMAL G M, et al. Changes in metabolite profiles of Chinese soy sauce at different time durations of fermentation studied by ¹H-NMR-based metabolomics[J]. **Metabolites**, 2024, 14(5): 285.
- [2] ZHAO G, FENG Y, HADIATULLAH H, et al. Chemical characteristics of three kinds of Japanese soy sauce based on electronic senses and GC-MS analyses[J]. **Front Microbiol**, 2021, 11: 579808.
- [3] HUANG Z, ZHAO M, CUI C, et al. A new sight on soy isoflavones during the whole soy sauce fermentation process by UPLC-MS/MS[J]. **LWT-Food Sci Technol**, 2021, 152: 112249.
- [4] ZHU X, SUN-WATERHOUSE D, CHEN J, et al. Comparative study on the novel umami-active peptides of the whole soybeans and the defatted soybeans fermented soy sauce[J]. **J Sci Food Agr**, 2021, 101(1): 158-166.
- [5] JU Y, SUN L, ZHANG X, et al. Fractionation, identification and umami characteristics of flavor peptides in natural brewed soy sauce[J]. **Food Chem**, 2023, 425: 136501.
- [6] 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.
- [7] TAN G, WANG Y, HU M, et al. Comparative evaluation of the microbial diversity and metabolite profiles of Japanese-style and Cantonese-style soy sauce fermentation[J]. **Front Microbiol**, 2022, 13: 976206.
- [8] 邓岳, 杨阳, 梁丽静, 等. 传统工艺酿造酱油微生物多样性与风味研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 104-108.
- [9] 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.
- [10] 王泽亮, 符怡, 李恒, 等. 四川传统酿造酱油风味品质特点解析[J]. 中国调味品, 2024, 49(3): 169-174, 192.
- [11] 朱新贵, 李学伟, 曾小波. 典型广式酱油与日式酱油的风味物质差异研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(7): 30-35.
- [12] 赵佳豪, 周韬, 刘爽, 等. 中日两国酱油香味与滋味差异[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(17): 232-236.
- [13] 冯云子, 崔春, 高献礼, 等. 中式酱油与日式酱油非挥发性成分的比较[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(7): 62-66.
- [14] BYEON Y S, HEO J A, PARK K, et al. Consumer preference of traditional Korean soy sauce (Ganjang) and its relationship with sensory attributes and physicochemical properties[J]. **Foods**, 2023, 12(12): 2361.
- [15] KIM J S, LEE Y S. A study of chemical characteristics of soy sauce and mixed soy sauce: chemical characteristics of soy sauce[J]. **Eur Food Res Technol**, 2008, 227: 933-944.
- [16] 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.
- [17] 陈杰, 赵莹, 韩舜羽, 等. 17种市售广式酱油中风味物质的检测分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(12): 165-170.
- [18] 李雄波, 符怡, 王相甫, 等. 四川日晒酱油感官风味轮构建及应用[J]. 食品与发酵科技, 2024, 60(6): 92-99.
- [19] TIAN W, ZHAO S, WANG Q, et al. Influence of spatial and temporal diversity and succession of microbial communities on physicochemical properties and flavor substances of soy sauce[J]. **Food Chem**, 2025, 463: 141041.
- [20] 罗龙娟, 高献礼, 冯云子, 等. 中式酱油和日式酱油香气物质的对比研究[J]. 中国酿造, 2011(5): 150-155.
- [21] QI Q, HUANG J, ZHOU R, et al. Characterizing microbial community and metabolites of Cantonese soy sauce[J]. **Food Biosci**, 2021, 40: 100872.
- [22] ITO K, MASUYAMA A. Koji molds for Japanese soy sauce brewing: characteristics and key enzymes[J]. **J Fungi**, 2021, 7(8): 658.
- [23] ZHAO S, NIU C, SUO J, et al. Unraveling the mystery of 'bask in day-time and dewed at night' technique in Doubanjiang (broad bean paste) fermentation[J]. **LWT-Food Sci Technol**, 2021, 149: 111723.
- [24] 姚建华, 于巍, 李佳剑, 等. 陈化时间对“黄滩酱油”理化特性的影响[J]. 中国酿造, 2025, 44(3): 178-185.
- [25] CHEN Z Y, FENG Y Z, CUI C, et al. Effects of koji-making with mixed strains on physicochemical and sensory properties of Chinese-type soy sauce[J]. **J Sci Food Agr**, 2015, 95(10): 2145-2154.
- [26] 刘妙. 四季酱油滋味感官品质的季节差异及其物质基础研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2023.
- [27] ZHOU T, FENG Y, CHEN Y, et al. Quantitative studies, taste recombination, and omission experiments on the key taste compounds in Chinese and Japanese soy sauce[J]. **Food Chem**, 2023, 403: 134215.
- [28] SHARMA R, GARG P, KUMAR P, et al. Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods[J]. **Fermentation**, 2020, 6(4): 106.
- [29] CHUN B H, HAN D M, KIM H M, et al. Metabolic features of ganjang (a Korean traditional soy sauce) fermentation revealed by genome-centered metatranscriptomics[J]. **Msystems**, 2021, 6(4): e0044121.
- [30] 邓岳, 梁丽静, 迟原龙, 等. 传统自然发酵酱油细菌群落结构特征分析[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 89-92, 97.
- [31] XIANG Q, XIA Y X, SONG J H, et al. Characterization of the key non-volatile metabolites in Cheddar cheese by partial least squares regression (PLSR), reconstitution, and omission[J]. **Food Chem**, 2023, 403: 134034.
- [32] WONGTHAHAN P, SAE-EAW A, PRINYAWIWATKUL W. Sensory lexicon and relationships among brown colour, saltiness perception and sensory liking evaluated by regular users and culinary chefs: A case of soy sauces[J]. **Int J Food Sci Technol**, 2020, 55(7): 2841-2850.