

李俊杰, 李浪, 张正彪, 等. 原料不同预处理对昭通豆酱风味品质影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(4): 312–322. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060112

LI Junjie, LI Lang, ZHANG Zhengbiao, et al. Effect of Different Pretreatment of Raw Materials on Flavor Quality of Zhaotong Soybean Paste[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(4): 312–322. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060112

· 分析检测 ·

原料不同预处理对昭通豆酱风味品质影响

李俊杰^{1,2,3}, 李浪^{1,2,3}, 张正彪¹, 张帮磊^{1,2,3}, 亢凯杰^{1,2,3}, 叶坪¹, 余平莲^{1,2,3,*}

(1.昭通学院化学化工学院, 云南昭通 657000;

2.云南省高原特色功能食品研究重点实验室, 云南昭通 657000;

3.云南食品安全昭通研究院, 云南昭通 657000)

摘要:为探讨原料(大豆)不同预处理工艺对昭通豆酱风味的影响, 对 115 ℃ 分别蒸煮 10 min (S-10)、15 min (S-15)、20 min (S-20)、25 min (S-25), 180 ℃ 分别翻炒 5 min (F-5)、10 min (F-10) 6 种不同的原料预处理工艺制作的昭通豆酱中氨基酸和挥发性物质含量进行分析。结果表明: 不同的原料预处理工艺制备昭通豆酱的感官评分、氨基酸和挥发性成分存在明显差异, F-10 处理的昭通豆酱评分最高, 为 89 分, 氨基酸总量最高为 S-15 处理组, 为 29.314 mg/g, 其中必需氨基酸含量 14.196 mg/g, 呈味氨基酸含量 15.082 mg/g; 其次为 F-10 处理组, 氨基酸总量为 28.570 mg/g, 其中必需氨基酸含量 13.047 mg/g, 呈味氨基酸含量 17.949 mg/g, 而且 F-10 处理组中鲜味氨基酸含量为 15.067 mg/g, 明显高于其它处理组。不同预处理的昭通豆酱在挥发性成分含量与分布之间也表现出较大的差异性, 昭通豆酱中挥发性物质主要以烯烃类、醇类和酯类化合物组成, 蒸煮组中醇类化合物相对含量较高, 最高为 S-10 组 17.29%, 炒制组中酯类化合物相对含量较高, 且产生了酚类化合物, 酯类物质相对含量最高是 F-10 组为 12.74%, 比其它组高了 3.72%~6.91%。所有样品中共检出 12 种共有成分, 其中茴香脑对风味贡献最大, 其相对含量占 50% 以上, 其次是 (+) 蒎烯、 γ -松油烯、桉叶油醇、正十五烷、芳樟醇、乙酸芳樟酯、乙酸松油酯、 α -松油醇、4-甲氧基苯乙烯、茴香脑、苯乙醇和对异丙基苯甲醇, 这些物质主要呈现出香料香、甘草香、果香和花香, 共同作用形成了昭通豆酱共有的基础香味成分。该文对不同原料预处理的昭通豆酱风味品质进行了对比, 为改进地方豆酱行业发展以及推广当地高原特色农产品提供参考。

关键词:昭通豆酱, 预处理, 氨基酸, 挥发性成分, 品质

中图分类号: TS264

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)04-0312-11

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060112

本文网刊:



Effect of Different Pretreatment of Raw Materials on Flavor Quality of Zhaotong Soybean Paste

LI Junjie^{1,2,3}, LI Lang^{1,2,3}, ZHANG Zhengbiao¹, ZHANG Banglei^{1,2,3},

KANG Kaijie^{1,2,3}, YE Ping¹, YU Pinglian^{1,2,3,*}

(1.School of Chemistry and Chemical Engineering, Zhaotong University, Zhaotong 657000, China;

2.Key Laboratory for Plateau Characteristic Functional Food Research of Universities in

Yunnan Province, Zhaotong 657000, China;

3.Yunnan Food Safety Zhaotong Research Institute, Zhaotong University, Zhaotong 657000, China)

Abstract: In order to explore the effect of different pretreatment processes of raw materials (soybean) on the flavor of Zhaotong soybean paste, the amino acids and volatile compounds of Zhaotong soybean paste were analyzed by steaming at 115 ℃ for 10 min (S-10), 15 min (S-15), 20 min (S-20) and 25 min (S-25), and frying at 180 ℃ for 5 min (F-5) and 10 min (F-10). The results showed that there were significant differences in amino acids and volatile components of Zhaotong

收稿日期: 2021-06-15

基金项目: 云南省昭通学院 (2018xj06)。

作者简介: 李俊杰 (1990-), 男, 博士研究生, 助理讲师, 研究方向: 食品发酵、食品微生物, E-mail: 405673287@qq.com。

* 通信作者: 余平莲 (1989-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 食品加工, E-mail: yupinglian99@qq.com。

soybean paste pretreated with different raw materials. The score of Zhaotong soybean paste treated with F-10 was the highest, 89 points, and the total amount of amino acids was the highest in the S-15 treatment group, 29.314 mg/g, included 14.196 mg/g of essential amino acids and 15.082 mg/g of flavor amino acids. The second was the F-10 treatment group, the total amount of amino acids was 28.570 mg/g, of which the content of essential amino acids was 13.047 mg/g and the content of flavor amino acids was 17.949 mg/g, and the content of fresh amino acids in the F-10 treatment group was 15.067 mg/g, which was significantly higher than that in other treatment groups. Different pretreated Zhaotong soybean paste also showed great differences in the content and distribution of volatile components. The volatile components in Zhaotong sauce were mainly composed of olefins, alcohols and esters. The relative content of alcohols in cooking group was higher, up to 17.29% in S-10 group. The relative content of esters in frying group was higher, and phenols were produced. The highest relative content of esters was 12.74% in F-10 group, which was 3.72%~6.91% higher than that in other groups. A total of 12 common components were detected in all samples, of which anethole contributed the most to the flavor, accounting for more than 50%, followed by (+) terpene diene γ -terpinene, eucalyptus oleanol, n-pentadecane, linalool, linalyl acetate, terpinyl acetate α -terpineol, 4-methoxystyrene, anethole, phenylethanol and p-isopropyl benzyl alcohol. These substances mainly present fragrance, licorice, fruit and flower fragrance, which form the common basic flavor components of Zhaotong soybean paste. This paper compared the flavor quality of Zhaotong soybean paste pretreated with different raw materials, so as to provide reference for improving the development of local soybean sauce industry and popularizing local plateau characteristic agricultural products.

Key words: Zhaotong soybean paste; pretreatment; amino acid; volatile components; quality

传统昭通豆酱是昭通本地特有的大豆酱,主要原料是黄豆、辣椒、花椒等,因产于昭通而得名“昭通酱”,有色泽棕红、鲜艳油润、酱香浓郁、酯香宜人、味鲜醇厚、麻辣咸香、入口回甜的特点,为云南昭通一带历史悠久的高原特色传统名产,堪称云南“酱类之冠”。昭通豆酱(以下简称“昭通酱”)是经过两次发酵周期制成,第一次发酵主要是黄豆在自然条件下进行发酵,俗称为制曲,以真菌发酵为主。第二次发酵是在一次发酵的基础上经过刷霉、粉碎、加料、搅拌等步骤进行发酵,以酶水解和细菌发酵为主,因此传统昭通酱加工至少半年才能制成。

豆酱之所以有特殊的酱香,与样品中多种挥发性成分有关,即使这些有机物含量极微,但对豆酱风味的影响非常关键^[1-3]。Kim 等^[4]优化并验证了高效液相色谱-二极管阵列检测(HPLC-DAD)的样品衍生方法,分析出豆制品中 21 种游离氨基酸,还证实了非传统工艺的豆酱中谷氨酸、组氨酸和肌氨酸的组成比例较高。Yang 等^[5]证实了豆酱生产过程中食盐显著提高了氨基酸的含量以及挥发性风味物质种类。目前国内对豆酱挥发性成分的检测方法主要以顶空固相微萃取技术(HS-SPME)为主,并且这种方法有成本低、灵敏度高且重现性好的优点^[6-9]。李治华等^[10]利用该技术对不同发酵阶段的郫县豆瓣酱挥发性成分进行分析,共鉴定出 36 种化合物,且不同发酵时间挥发性成分有明显区别;刘燕等^[11]对豆瓣酱用不同方式进行干燥,发现不同的干燥方式对样品中挥发性成分影响明显;罗静等^[12]对郫县豆瓣酱后发酵过程中的挥发性呈香物质进行了研究,发现挥发性呈香物质在初熟期的变化程度远大于其在老熟期,后发酵 3 a 后,其变化已非常缓慢。

昭通酱作为云南地方特色食品,有其特殊的风味特征,但目前国内对昭通酱的研究文献甚少,但有

研究学者已证明豆酱的品质和风味很大可能受原材料预处理方式以及发酵过程的影响^[13-15]。我国各地区豆酱原料预处理阶段大多数采用浸泡后常压蒸煮的方式,但存在生产周期长、成本高、能耗和排污压力大等劣势^[16-18]。目前,除丁祖志等^[19]、雷丹等^[1]对原料不同预处理后豆酱理化指标进行了对比,尤新新等^[20]对豆瓣原料的生、熟处理后酿造性能进行对比外,国内外对于原料的不同预处理方式对豆酱风味成分的研究报道较少。因此,本研究主要在传统昭通酱的制作工艺基础上,对采用 6 种不同的原料预处理方法所制成的昭通酱进行品质和风味对比研究,以期对昭通酱的工业化发展提供一定的理论依据。

1 材料与方法

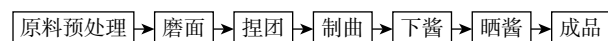
1.1 材料与仪器

大豆、辣椒、花椒 当地超市。

6890-MS 5973N 型气相色谱-质谱联用仪 美国 Agilent 公司;固相微萃取装置及 50/30 μm Carboxen/SPM 萃取头、色谱柱 HP-88 石英毛细管柱(100 m $\times$ 0.25 mm, 0.20 μm) 美国 J&WSci.公司。

1.2 实验方法

1.2.1 昭通酱的工艺流程和操作要点 参考文献[21-22]中方法进行。



操作要点: 根据豆粒的直径大小将豆子分开煮熟或者炒熟。预处理后的黄豆去除豆壳,用粉碎机磨成豆粉。每 10 kg 的豆粉需加水约 7.5 kg,搅拌均匀并揉捏成约 200 g 的球形酱团。将捏好的酱团放入竹篮并盖上稻草进行发酵,28 d 左右即可下酱。把发酵好的酱团刷去表皮上的菌丝,进行捻碎,每 10 kg 酱团中加辣椒面 3.5 kg、花椒面 2 kg、兑清水 15 kg、

表 1 昭通酱感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of Zhaotong soybean paste

感官指标	感官评分(分)		
色泽(20分)	酱体红棕色, 色泽均匀(15~20)	酱体棕色, 不均匀(11~14)	浅棕色或其它颜色, 不协调(0~10)
香气(30分)	酱香浓郁, 无异香(26~30)	酱香稍淡, 无异香(21~25)	酱香异常且不协调(10~20)
体态(20分)	料液均匀, 稀稠适当(15~20)	料液均匀度、稀稠度一般(11~14)	料液均匀度、稀稠度差(0~10)
口感(30分)	鲜甜味适中, 无苦涩味, 口感协调(26~30)	鲜甜味稍弱、略有苦涩味或异味, 轻微不协调(21~25)	鲜甜味弱, 有苦涩味或异味, 不协调(10~20)

搅拌均匀。露天场地经日晒夜露, 雨天需加盖, 期间定期进行翻酱, 将稀的昭通酱晒制成干的酱团(从捏团开始隔天翻酱 1 次, 6 个月后出成品)。

不同预处理工艺的设置: 115 ℃ 隔水蒸 10 min (S-10); 115 ℃ 隔水蒸 15 min (S-15); 115 ℃ 隔水蒸 20 min (S-20); 115 ℃ 隔水蒸 25 min (S-25); 180 ℃ 翻炒 5 min (F-5), 180 ℃ 翻炒 10 min (F-10), 其中蒸煮组蒸煮前先用温水泡豆 6 h。

1.2.2 感官评价 根据黄豆酱(酿造豆酱)的标准 SB/T 10309-1999^[23] 执行, 对发酵成熟后的昭通酱色泽(20 分)、香气(30 分)、体态(20 分)、口感(30 分)进行评分, 由评定小组 20 名 18~50 岁男女比例 1:1 的人员组成, 经过专业培训后按照评分标准进行品评, 满分 100 分, 具体评分标准及分值范围见表 1。

1.2.3 氨基酸测定方法 结合 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》^[24] 和武俊瑞等^[25] 的方法略作改进, 增加了半胱氨酸的检测, 氨基酸的测定依托湖南省农科院湖南省食品测试中心完成。

1.2.4 昭通酱挥发性物质测定方法 参考文献 [26~27] 进行并略作修改。采用 HS-SPME 方法萃取样品中挥发性化学物质, 将灰色 50/30 μm Carboxen /SPME 萃取头在 GC 进样口温度为 250 ℃ 的条件下老化 1 h, 备用; 将不同工艺条件下的昭通酱样品约 4 g 于 25 mL 顶空进样瓶中, 再加入 4 mL 超纯水, 用密封垫和盖帽进行密封; 然后在 70 ℃ 磁力搅拌 600 RPM 条件下平衡 30 min, 将已活化的萃取头穿过密封垫插入顶空进样瓶内后推出纤维头, 露出纤维头距离样品液面约 10~15 mm, 顶空吸附 40 min, 插入 GC 进样口解析 5 min。

气相色谱条件: HP-5MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 载气: 高纯氦气(99.999%), 流速 1.0 mL/min; 进样口温度: 250 ℃; 不分流进样; 升温程序: 柱温 40 ℃, 保持 3 min, 以 4 ℃/min 升至 150 ℃, 以 10 ℃/min 升至 250 ℃, 保持 2 min。

质谱条件: 离子源 EI, 温度 230 ℃; 发射电流 150 μA; 倍增器电压 1037V; 萃取头接口温度 250 ℃; 电子能量 70 eV; 质量扫描范围 33~500 amu。

定性分析: 采用 NIST2014 s 标准质谱库检索, 相似度在 80% 以上作为有效峰面积进行分析处理, 根据保留时间确定不同昭通酱样品挥发性成分, 用峰面积归一化法进行相对含量分析。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件、Origin2018、IBM SPSS statistics 26 等软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同预处理工艺对昭通酱感官评分的影响

豆酱生产过程中由于原料预处理和发酵工艺不同, 目前市面上的豆酱的风味感官品质有着很大差异^[28]。人工感官评定及智能传感技术对豆酱的风味评估具有重要意义^[29]。由表 2 可知 F-10 组昭通酱总体评分最高, 达 89 分, 蒸煮组中 S-15 组的昭通酱各指标和总体评分最高, 但随着蒸煮时间的延长或缩短均会导致评分值降低, S-10 组可能因为蒸煮时间过短, 大豆并未完全熟透而产生一定的豆腥味导致评分偏低; 炒制组中, 相比 F-10 组, F-5 组的酱体香味较淡。从感官上 6 组不同原料预处理方法对昭通酱的色泽的评分影响不大, F-10 组香味和口感分值较高, 而色泽分值较低, 可能是因为高温炒制时间长导

表 2 不同预处理昭通酱的感官评分结果

Table 2 Sensory evaluation of Zhaotong soybean paste with different pretreatments

感官指标	不同预处理工艺感官评分(分)					
	S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10
色泽	酱体红棕色, 色泽均匀(18)	酱体红棕色, 色泽均匀(18)	酱体红棕色, 稍偏暗, 色泽均匀(18)	酱体棕褐色, 色泽均匀(18)	酱体浅棕色, 色泽均匀(17)	酱体浅棕色, 色泽欠均匀(16)
香气	酱香偏淡, 无异香(22)	酱香浓郁, 无异香(25)	酱香浓郁, 无异香(25)	酱香比较浓郁, 持久, 无异香(26)	酱香偏淡, 无异香(22)	酱香浓郁, 香味协调, 持久且无异香(27)
体态	料液均匀, 稀稠适当(18)	料液均匀, 稀稠适当(18)	料液均匀, 稠度较稀(15)	料液均匀, 稠度稀(14)	料液均匀, 稀稠适当(18)	料液均匀, 稀稠适当(18)
口感	鲜甜味一般, 微弱土腥味, 口感不协调(23)	鲜甜味适中, 无苦涩味, 口感较协调(26)	鲜甜味一般, 无苦涩味, 口感较协调(24)	鲜甜味一般, 微弱土腥味, 口感不协调(23)	鲜甜味差, 微弱土腥味, 口感不协调(22)	鲜甜味协调, 无苦涩味, 口感协调(28)
总分	81	87	82	81	79	89

致颜色变深的缘故。蒸煮时间对昭通酱的体态和口感影响较大, 蒸煮时间越长, 酱体后期越粘稠, 而且还会引起口感的不适。从总体评分来看, F-10(炒制)组昭通酱产品无论在色泽、香气、滋味和体态各方面较好, 总体得分最高。

2.2 不同预处理工艺对昭通酱氨基酸含量的影响

不同原料预处理的昭通酱氨基酸含量如表 3 可知, 昭通酱中共检测出 17 种氨基酸, 各蒸煮组昭通酱氨基酸主要由赖氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、酪氨酸、天冬氨酸、丝氨酸和谷氨酸组成, 其结果与田甜等^[30]对东北豆酱的研究中的氨基酸含量基本相符, 与炒制组昭通酱相比, F-10 组中亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和谷氨酸含量相对较高, 而蛋氨酸、酪氨酸和丙氨酸相对较低; S-15 组的 TAA(氨基酸总量)和 EAA(必需氨基酸)含量最高, 分别为 29.314 和 14.196 mg/g; 从 EAA/TAA 值看, S-10 组最高, 达 50.84%, F-10 组最低, 为 45.67%, 但 F-10 组中 DAA(呈味氨基酸)值最高, 为 17.949 mg/g, 根据 FAO/WHO(1973)理想蛋白质模式规定, EAA/TAA 在 40% 左右为优质蛋白, 通过表 3 可知, 各组

昭通酱的 EAA/TAA 均超过了 40%, 说明豆酱中的蛋白质组成比例比较理想。昭通酱中氨基酸的贡献可以促进生成特殊的风味物质, 提高产品的品质, 特别是豆酱中的 DAA 含量, 还能提高豆酱的鲜、甜滋味。Tseng 等^[31]对氨基酸的风味特征分为鲜味、甜味、苦味和无味 4 种, 由表 3 可知, 不同原料预处理的昭通酱中这 4 类氨基酸含量有细微的区别, 各组昭通酱中氨基酸主要以鲜味氨基酸最多, 苦味氨基酸和甜味氨基酸含量相当, 其次为无味氨基酸, 其结果与谢思等^[32-33]对传统豆酱发酵过程氨基酸主要以苦味氨基酸为主, 含量依次以苦味、鲜味、甜味和无味降低的研究结果有一定的差异。各蒸煮组昭通酱中这 4 类氨基酸比例相差较小, 而炒制组之间却表现出较大的差异性。蒸煮组中 S-15 组各方面均比其它 3 组更优, 炒制组中 F-10 组远比 F-5 组的含量高, F-10 组中鲜味氨基酸、DAA、EAA 均优于其它组, 说明高温炒制的豆酱中鲜味氨基酸可能更容易被释放。

2.3 不同预处理工艺对昭通酱挥发性成分的影响

由表 4 可知, 昭通酱中挥发性物质主要以烯烃

表 3 不同预处理对昭通酱氨基酸的影响
Table 3 Effect of different pretreatments on amino acids in Zhaotong soybean paste

种类	氨基酸含量(mg/g)						呈味特征
	S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10	
赖氨酸	4.035±0.012 ^a	5.122±0.014 ^b	3.905±0.011 ^{ac}	3.888±0.018 ^c	3.689±0.018 ^c	3.618±0.021 ^c	无味
苯丙氨酸 [#]	3.332±0.030 ^a	3.443±0.021 ^a	3.291±0.024 ^a	3.113±0.030 ^{ab}	3.178±0.033 ^{ab}	5.432±0.027 ^c	鲜味
亮氨酸	1.178±0.005 ^a	1.134±0.005 ^{ab}	1.112±0.003 ^b	0.943±0.010 ^c	0.901±0.008 ^c	1.854±0.009 ^d	苦味
异亮氨酸	0.020±0.001 ^a	0.024±0.002 ^a	0.025±0.002 ^a	0.023±0.001 ^a	0.015±0.001 ^b	0.012±0.000 ^b	苦味
蛋氨酸	2.912±0.003 ^b	3.354±0.005 ^a	2.906±0.006 ^b	2.918±0.008 ^b	2.921±0.009 ^b	0.052±0.008 ^c	苦味
缬氨酸	0.696±0.001 ^a	0.854±0.001 ^b	0.643±0.002 ^a	0.623±0.000 ^a	0.623±0.003 ^a	1.865±0.002 ^c	苦味
苏氨酸	0.254±0.004 ^a	0.265±0.004 ^a	0.234±0.004 ^a	0.234±0.003 ^a	0.232±0.004 ^a	0.214±0.004 ^a	甜味
半胱氨酸	0.121±0.002 ^a	0.446±0.002 ^b	0.113±0.002 ^a	0.117±0.003 ^a	0.116±0.003 ^a	0.006±0.002 ^c	无味
酪氨酸 [#]	2.653±0.015 ^a	2.887±0.011 ^a	2.684±0.007 ^a	2.689±0.009 ^a	2.693±0.008 ^a	1.976±0.008 ^b	苦味
天冬氨酸 [#]	3.426±0.005 ^a	3.543±0.009 ^a	3.324±0.011 ^a	3.433±0.008 ^a	3.443±0.010 ^a	4.536±0.008 ^b	鲜味
丝氨酸	2.372±0.006 ^a	2.472±0.007 ^a	2.143±0.010 ^b	2.165±0.011 ^b	2.156±0.008 ^b	2.4372±0.004 ^a	甜味
甘氨酸 [#]	0.011±0.002 ^a	0.544±0.002 ^b	0.654±0.001 ^b	0.764±0.001 ^b	0.324±0.001 ^c	1.901±0.002 ^d	甜味
谷氨酸 [#]	2.032±0.010 ^a	2.233±0.008 ^a	1.653±0.009 ^b	1.663±0.007 ^b	1.355±0.005 ^c	3.123±0.006 ^d	鲜味
丙氨酸 [#]	1.056±0.001 ^a	2.432±0.002 ^b	2.654±0.002 ^b	2.344±0.005 ^b	2.457±0.000 ^b	0.981±0.001 ^c	甜味
组氨酸	0.320±0.001 ^a	0.435±0.002 ^b	0.467±0.002 ^b	0.476±0.002 ^c	0.487±0.001 ^c	0.423±0.000 ^c	苦味
精氨酸	0.008±0.000 ^a	0.103±0.001 ^b	0.112±0.001 ^b	0.003±0.000 ^c	0.001±0.000 ^c	0.14±0.000 ^e	苦味
脯氨酸	0.016±0.000 ^a	0.023±0.000 ^b	0.022±0.001 ^b	0.023±0.001 ^b	0.021±0.000 ^b	ND	无味
EAA	12.427	14.196	12.116	11.742	11.559	13.047	
NEAA	9.241	11.785	11.029	10.871	10.244	13.541	
SAA	2.774	3.333	2.797	2.806	2.809	1.982	
DAA	12.510	15.082	14.260	14.006	13.450	17.949	
TAA	24.442	29.314	25.942	25.419	24.612	28.570	
EAA/TAA	0.5084	0.4843	0.4670	0.4619	0.4696	0.4567	
甜味氨基酸	3.693	5.713	5.685	5.507	5.169	5.533	
鲜味氨基酸	8.79	9.219	8.268	8.209	7.976	13.091	
苦味氨基酸	7.787	8.791	7.949	7.675	7.641	6.322	
无味氨基酸	4.172	5.591	4.040	4.028	3.826	3.624	

注: ND表示未检测出; #为呈味氨基酸(DAA); 1~7行为必需氨基酸(EAA), 8~9行为条件必需氨基酸(SAA), 10~17为非必需氨基酸(NEAA); TAA为氨基酸总量。

类、醇类和酯类化合物组成,从种类上看,F-10 组最丰富,蒸煮组(S-10、S-15、S-20、S-25)中醇类化合物相对含量较高,最高为 S-10 组,为 17.29%,比其它蒸煮组提高了 5.98%~7.06%;炒制组(F-5、F-10)中酯类化合物相对含量较高,且产生了酚类化合物,酯类物质相对含量最高的是 F-10 组,为 12.74%,比其它组高了 3.72%~6.91%。如表 5 所示,各组昭通酱共检出 111 种挥发性成分,其中蒸煮组共检出 85 种,炒制组共检出 65 种,111 种挥发性成分中有烯烃类 44 种,醇类 22 种,酯类 20 种,醚类 5 种,醛类 5 种,酮类 4 种,酚类 3 种,其它 8 种,其种类与 Lin 等^[34]和 Li 等^[35]的研究基本相似。从图 1 和表 5 可知,左侧条状图代表样本挥发性物质种类数量,上侧柱状图以及下侧的连线代表各组昭通酱之间挥发性物质的交集情况,结果显示各组昭通酱中共有的成分共 12 种,分别为 (+)萜二烯、 γ -松油烯、桉叶油醇、正十五烷、芳樟醇、乙酸芳樟酯、乙酸松油酯、 α -松油醇、4-甲氧基苯乙烯、茴香脑、苯乙醇和对异丙基苯甲醇,分别占其

总挥发性物质相对含量 78.79%~84.88%,主要由茴香脑、芳樟醇、乙酸芳樟酯、4-甲氧基苯乙烯和苯乙醇组成,其中茴香脑在各组样品中占主导地位,其相对含量分别占比在 57.63%~69.16% 之间。茴香脑呈茴香、辛香料、甘草的香味,芳樟醇呈香柠檬香味,乙酸芳樟酯有似橙叶、生梨甜果清香气,又有似薰衣草的花香气,苯乙醇可提供玫瑰花样香气,因此食用香料香、甘草香、果香和花香共同形成了昭通酱共有的基础香味成分。An 等^[36]对东北传统发酵豆酱中 10 种具有代表性的挥发性风味成分,包括 2 种醇类、3 种酯类、1 种酸类、1 种酚类、3 种醛、酮类物质;Liu 等^[37]对郫县蚕豆酱中 66 种与微生物相关的主要风味物质的皮尔逊相关系数进行了分析,基于线性判别分析(LDA)鉴定核心挥发性风味物质,这些物质主要呈现香料香、甘草香、果香、草香、花香和芳香气味;Lu 等^[38]采用气相色谱-嗅觉/质谱(GC-O/MS)系统分析了柱候酱,共检测出 100 种香气化合物,通过气味强度和气味活性值(OAV)分析,确定 24 种化合物为重要香气化合物,主要为异戊酸乙酯、异丁酸乙酯、亚麻酸和桉树醇。其中异戊酸乙酯、异丁酸乙酯、4-甲基缬草乙酯、2-甲基丁酸乙酯、亚麻酸、D-柠檬烯对其甜味和芳香风味影响最大;蒸煮组(S-10、S-15、S-20、S-25)所特有的挥发性成分 47 种,其中 3-甲基-1-丁醇,呈苹果、白兰地香气和辛辣味,1-辛烯-3-醇呈泥土香味,3-甲基丁醛有似苹果或桃子香味,2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮有柑橘、茶、烟草香,苯乙烯带有芳香气味,苯乙醛呈有洋水仙的香气,4 组蒸煮组中有气味特征的挥发性物质占比分别 84.19%、86.57%、86.25% 和 86.64%,但综合上述氨基酸和感官结果,S-25 组氨基酸组成及含量远差于其它组,而 S-15 组各方面均优于其它蒸煮

表 4 各组昭通酱中挥发性物质种类分析
Table 4 Analysis of volatile compounds in Zhaotong soybean paste

种类	挥发性物质相对含量(%)					
	S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10
酯类	6.72	9.02	5.83	5.87	7.68	12.74
醇类	17.29	11.99	13.82	15.81	10.23	11.31
烯烃类	74.81	75.62	76.91	73.15	78.31	69.33
醛类	0.16	1.55	2.04	4.54	0.59	1.36
醚类	0.45	0.35	0.63	ND	1.82	1.44
酮类	0.10	0.58	0.40	0.26	ND	1.48
酚类	ND	ND	ND	ND	0.76	1.35
其它	0.47	0.89	0.37	0.37	0.61	0.99

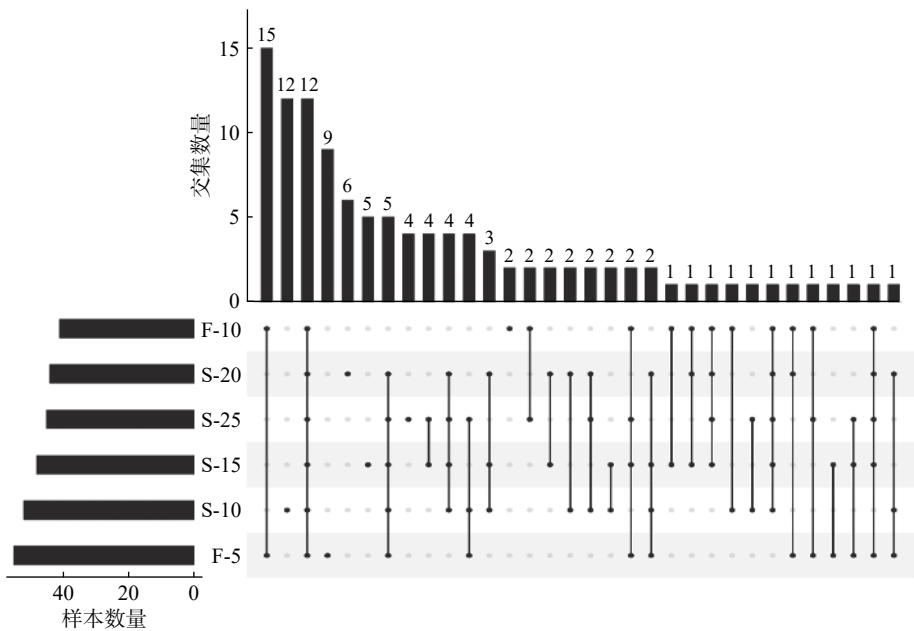


图 1 各组昭通酱中挥发性物质的维恩图

Fig.1 Venn diagram of volatile compounds in Zhaotong soybean paste

表 5 不同预处理昭通酱挥发性物质相对含量

Table 5 Relative content of volatile compounds in Zhaotong soybean paste with different pretreatments

CAS	分子式	名称	相对含量(%)						气味特征
			S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10	
酯类									
115-95-7	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	乙酸芳樟酯	5.32	6.12	4.73	3.97	3.32	1.55	似橙叶、生梨、薰衣草花清香
80-26-2	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	乙酸松油酯	0.93	1.14	0.85	0.76	0.76	0.53	木香花香味
628-97-7	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	棕榈酸乙酯	ND	0.18	ND	0.13	0.34	1.28	呈微蜡香、果爵和奶油香气
544-35-4	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	(Z,Z)-9,12-十八烷二烯酸乙酯	ND	0.66	ND	0.27	1.37	4.92	DNC
105-87-3	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	乙酸香叶酯	ND	0.12	ND	0.25	0.11	ND	玫瑰油与薰衣草油混合后香气、苹果香
4192-77-2	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	反式-肉桂酸乙酯	ND	0.39	ND	0.09	ND	ND	DNC
112-63-0	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	亚油酸甲酯	0.25	0.15	ND	ND	ND	ND	DNC
111-62-6	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	油酸乙酯	ND	0.15	ND	ND	0.4	ND	呈鲜花香气
101-97-3	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	苯乙酸乙酯	ND	0.11	ND	ND	ND	ND	有浓烈而甜的蜂蜜香气
16409-44-2	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	反-3,7-二甲基-2,6-辛二烯乙酸酯	0.22	ND	0.03	ND	ND	ND	DNC
2462-85-3	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	十八碳-9,12-二烯酸甲酯	ND	ND	0.09	ND	0.34	0.64	DNC
7619-08-1	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	亚油酸乙酯	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	DNC
105-54-4	C ₆ H ₁₂ O ₂	丁酸乙酯	ND	ND	ND	0.24	0.11	0.72	菠萝芳香气味
65611-32-7	C ₁₁ H ₁₉ Cl ₃ O ₂	三氯乙酸壬酯	ND	ND	ND	0.16	ND	ND	DNC
7452-79-1	C ₇ H ₁₄ O ₂	2-甲基丁酸乙酯	ND	ND	ND	ND	0.26	0.32	苹果皮、菠萝皮和未成熟李子皮香气
119-36-8	C ₈ H ₈ O ₃	水杨酸甲酯	ND	ND	ND	ND	0.16	0.31	冬青叶香味
124-06-1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	肉豆蔻酸乙酯	ND	ND	ND	ND	0.11	0.2	椰子和鸢尾似香气和蜂蜡甜味
103-36-6	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	肉桂酸乙酯	ND	ND	ND	ND	0.21	0.38	肉桂和草莓香气和蜂蜜甜香味
1191-41-9	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	亚麻酸乙酯	ND	ND	ND	ND	0.19	0.48	DNC
6114-18-7	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	反油酸乙酯	ND	ND	ND	ND	ND	1.41	花香、果香以及油脂气息
醇类									
470-82-6	C ₁₀ H ₁₈ O	桉叶油醇	1.75	0.63	0.91	2.29	1.8	1.54	樟脑气息和清凉的草药味道
78-70-6	C ₁₀ H ₁₈ O	芳樟醇	6.44	4.64	4.77	6.45	4.23	5.26	类似佛手(香柠檬)香味
98-55-5	C ₁₀ H ₁₈ O	α -松油醇	1.27	1.3	1.36	1.26	0.91	1.3	丁香香气
60-12-8	C ₈ H ₁₀ O	苯乙醇	2.12	0.61	2.19	0.67	0.2	0.35	玫瑰花样香气
536-60-7	C ₁₀ H ₁₄ O	对异丙基苯甲醇	0.46	0.33	0.49	0.38	0.24	0.23	DNC
118-71-8	C ₆ H ₆ O ₃	麦芽醇	0.34	0.32	0.59	0.26	0.2	ND	焦香奶油糖香气、草莓香味
17699-16-0	C ₁₀ H ₁₈ O	(2R,5R)-2-甲基-5-丙烷-2-基双环[3.1.0]己烷-2-醇	0.32	0.4	0.37	0.22	ND	0.46	DNC
18679-48-6	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	1,3,3-三甲基-2-氧杂双环[2.2.2]辛烷-6-醇	0.2	0.18	0.27	0.14	ND	ND	DNC
123-51-3	C ₅ H ₁₂ O	3-甲基-1-丁醇	0.37	0.16	0.58	0.52	ND	ND	苹果白兰地香气和辛辣味
3391-86-4	C ₈ H ₁₆ O	1-辛烯-3-醇	0.35	1.19	0.2	0.54	ND	ND	泥土香味
562-74-3	C ₁₀ H ₁₈ O	4-萜烯醇	2.26	2.17	1.73	ND	1.7	ND	胡椒香、泥土香和陈腐的木材气
40716-66-3	C ₁₅ H ₂₆ O	反式-橙花叔醇	0.17	0.06	0.21	ND	ND	ND	DNC
7299-41-4	C ₁₀ H ₁₈ O	反式 β -松油醇	ND	ND	0.15	ND	ND	ND	DNC
34995-77-2	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	(E)-呋喃芳樟醇氧化物	0.26	ND	ND	0.32	ND	ND	DNC
20126-76-5	C ₁₀ H ₁₈ O	(-)-4-萜品醇	ND	ND	ND	2.76	ND	1.74	DNC
589-98-0	C ₈ H ₁₈ O	3-辛醇	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	玫瑰和橙子香气,有辛辣的脂肪气
5989-33-3	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	顺- α,α -5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
100-51-6	C ₇ H ₈ O	苯甲醇	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	稍有芳香气味
515-00-4	C ₁₀ H ₁₆ O	6,6-二甲基二环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醇	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	有檀木香和清凉薄荷香
7299-40-3	C ₁₀ H ₁₈ O	1 β -甲基-4 α -(1-甲基乙烯基)环己醇	0.51	ND	ND	ND	ND	0.43	DNC
107-18-6	C ₃ H ₆ O	丙烯醇	ND	ND	ND	ND	0.76	ND	DNC
27644-04-8	C ₁₀ H ₁₈ O	3,3,6-三甲基庚-1,5-二烯-4-醇	ND	ND	ND	ND	0.19	ND	DNC
烷烯类									
5989-27-5	C ₁₀ H ₁₆	(+)萜二烯	1.46	0.59	0.65	1.78	1.34	0.7	呈橙子香气
99-85-4	C ₁₀ H ₁₆	γ -松油烯	0.99	0.67	0.53	1.57	1.06	0.41	柑橘和柠檬香气
637-69-4	C ₉ H ₁₀ O	4-甲氧基苯乙烯	2.71	0.66	1.83	0.87	1.08	1.09	DNC

续表 5

CAS	分子式	名称	相对含量(%)						气味特征
			S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10	
629-62-9	C ₁₅ H ₃₂	正十五烷	2.12	3.07	2.09	2.13	0.78	0.42	DNC
123-35-3	C ₁₀ H ₁₆	月桂烯	0.65	0.35	0.65	1.37	0.47	ND	有甜橘味和香脂气
13474-59-4	C ₁₅ H ₂₄	(1S,5S,6R)-2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯-1-基)双环[3.1.1]庚-2-烯	0.42	0.49	0.5	0.7	0.25	ND	DNC
87-44-5	C ₁₅ H ₂₄	1-石竹烯	1.06	1.34	0.92	0.98	0.52	ND	丁香似香味
30021-74-0	C ₁₅ H ₂₄	γ -依兰油烯	0.9	0.79	1.12	0.51	0.31	ND	DNC
104-46-1	C ₁₀ H ₁₂ O	茴香脑	57.63	62.96	63.18	57.75	69.16	65.41	茴香、辛香料、甘草的香气
515-13-9	C ₁₅ H ₂₄	β -榄香烯	0.68	0.71	0.63	0.64	ND	ND	DNC
112-40-3	C ₁₂ H ₂₆	十二烷	ND	0.15	0.5	0.33	ND	0.32	DNC
3338-55-4	C ₁₀ H ₁₆	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	0.27	0.22	0.17	ND	0.2	ND	DNC
488-97-1	C ₁₀ H ₁₆	1,3,3-三甲基三环[2.2.1.0 ^{2,6}]庚烷	ND	0.27	0.45	ND	ND	ND	DNC
99-87-6	C ₁₀ H ₁₄	4-异丙基甲苯	ND	0.15	0.03	ND	ND	ND	DNC
629-50-5	C ₁₃ H ₂₈	正十三烷	ND	0.07	0.11	ND	ND	0.29	DNC
10219-75-7	C ₁₅ H ₂₄	佛术烯	ND	0.54	ND	0.53	ND	ND	DNC
3856-25-5	C ₁₅ H ₂₄	(-)- α -蒎烯	0.24	0.2	ND	ND	ND	ND	DNC
25246-27-9	C ₁₅ H ₂₄	香树烯	ND	1.77	ND	ND	ND	ND	DNC
18252-44-3	C ₁₅ H ₂₄	(1R, 2S, 6S, 7S, 8S)-8-异丙基-1-甲基-3-亚甲基三环[4.4.0.0 ^{2,7}]癸烷	ND	0.5	ND	ND	ND	ND	DNC
473-13-2	C ₁₅ H ₂₄	α -芹子烯	ND	0.12	ND	ND	ND	ND	DNC
100-42-5	C ₈ H ₈	苯乙烯	0.31	ND	0.37	0.26	ND	ND	有芳香气味
18252-46-5	C ₁₅ H ₂₄	(1R, 5R, 6R)-2,6-二甲基-6-(4-甲基戊-3-烯-1-基)双环[3.1.1]庚-2-烯	0.14	ND	0.54	ND	ND	ND	DNC
23986-74-5	C ₁₅ H ₂₄	(1E, 6E, 8S)-1-甲基-5-亚甲基-8-(1-甲基乙基)-1,6-环癸二烯	0.43	ND	0.51	ND	0.23	ND	DNC
489-40-7	C ₁₅ H ₂₄	(-)- α -古芸烯	ND	ND	1.86	ND	ND	ND	DNC
129940-62-1	C ₁₈ H ₃₆ N ₂ O ₇	3,10-二羟基-5,8,13,18,23-五氧杂-1,12-二氮杂二环(10.8.5)戊烷	ND	ND	0.27	ND	ND	ND	DNC
99-86-5	C ₁₀ H ₁₆	α -蒎品烯	0.15	ND	ND	0.49	0.27	ND	具有柑橘和柠檬似香气
3387-41-5	C ₁₀ H ₁₆	桉烯	0.92	ND	ND	0.86	0.84	ND	DNC
586-62-9	C ₁₀ H ₁₆	蒎品油烯	0.24	ND	ND	0.3	0.2	ND	松木香气、柑橘甜味
527-84-4	C ₁₀ H ₁₄	邻异丙基甲苯	0.37	ND	ND	0.55	0.24	ND	DNC
13877-91-3	C ₁₀ H ₁₆	3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯	ND	ND	ND	0.46	ND	ND	DNC
3691-12-1	C ₁₅ H ₂₄	α -愈创木烯	ND	ND	ND	1.07	ND	ND	DNC
18172-67-3	C ₁₀ H ₁₆	(-)- β -蒎烯	0.34	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
1560-84-5	C ₂₁ H ₄₄	2-甲基二十烷	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
39029-41-9	C ₁₅ H ₂₄	γ -杜松烯	0.48	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
20071-49-2	C ₁₅ H ₂₄	(+)- γ -马莲	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
489-39-4	C ₁₅ H ₂₄	(+)-香橙烯	1.88	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
19898-87-4	C ₁₀ H ₁₈ O	1-甲醇, 4-(1-甲基乙基)-, (1R, 4S)2-环己烯	0.24	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
6380-23-0	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	3,4-二甲氧基苯乙烯	ND	ND	ND	ND	0.14	0.21	DNC
4630-07-3	C ₁₅ H ₂₄	巴伦西亚橘烯	ND	ND	ND	ND	0.21	ND	柑橘似香气
4180-23-8	C ₁₀ H ₁₂ O	茴香烯	ND	ND	ND	ND	0.53	ND	茴香似香气, 有甜味
629-59-4	C ₁₄ H ₃₀	正十四烷	ND	ND	ND	ND	0.07	ND	DNC
80-56-8	C ₁₀ H ₁₆	α -蒎烯	ND	ND	ND	ND	0.13	ND	松蒎特有的气味
1184-60-7	C ₃ H ₅ F	2-氟丙烯	ND	ND	ND	ND	0.28	ND	DNC
499-97-8	C ₁₀ H ₁₆	1-亚甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.48	DNC
醛类									
100-52-7	C ₇ H ₆ O	苯甲醛	ND	1.33	0.19	3.11	0.59	1.18	似苦杏仁的香味
590-86-3	C ₅ H ₁₀ O	3-甲基丁醛	ND	0.22	ND	0.27	ND	ND	似苹果或桃子香气
124-19-6	C ₉ H ₁₈ O	壬醛	ND	ND	ND	0.11	ND	0.18	油脂气味和甜橙气息
122-78-1	C ₈ H ₈ O	苯乙醛	0.16	ND	1.32	1.05	ND	ND	有洋水仙的香气
110-62-3	C ₅ H ₁₀ O	正戊醛	ND	ND	0.53	ND	ND	ND	特殊香味
醚类									
151-10-0	C ₈ H ₁₀ O ₂	间苯二甲醚	0.45	0.35	0.63	ND	ND	ND	DNC

续表 5

CAS	分子式	名称	相对含量(%)						气味特征
			S-10	S-15	S-20	S-25	F-5	F-10	
1515-95-3	C ₉ H ₁₂ O	4-乙基苯甲醚	ND	ND	ND	ND	0.56	0.61	DNC
140-67-0	C ₁₀ H ₁₂ O	4-烯丙基苯甲醚	ND	ND	ND	ND	1	0.5	呈大茴香似香气
91-16-7	C ₈ H ₁₀ O ₂	邻苯二甲醚	ND	ND	ND	ND	0.21	0.33	DNC
150-78-7	C ₈ H ₁₀ O ₂	对苯二甲醚	ND	ND	ND	ND	0.05	ND	甜苜蓿似香气和酚味、硬壳果香
酮类									
1125-21-9	C ₉ H ₁₂ O ₂	2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮	ND	0.27	ND	0.26	ND	ND	柑橘、茶、烟草香
590-90-9	C ₄ H ₈ O ₂	4-羟基-2-丁酮	ND	0.31	ND	ND	ND	1.48	DNC
1073-11-6	C ₇ H ₁₀ O ₂	5-乙基-5-甲基四氢呋喃-2-酮	ND	ND	0.4	ND	ND	ND	DNC
471-15-8	C ₁₀ H ₁₆ O	(一)-宁酮	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
酚类									
90-05-1	C ₇ H ₈ O ₂	邻甲氧基苯酚	ND	ND	ND	ND	0.19	0.31	有特殊芳香气味
2785-89-9	C ₉ H ₁₂ O ₂	4-乙基-2-甲氧基苯酚	ND	ND	ND	ND	0.31	0.52	香辛料和草药似香气
123-07-9	C ₈ H ₁₀ O	4-乙基苯酚	ND	ND	ND	ND	0.26	0.52	木-酚气息, 轻微香甜香气
其它									
78259-41-3	C ₁₄ H ₁₈ O	茴香貳	0.26	0.2	0.37	ND	ND	ND	DNC
4289-95-6	C ₁₀ H ₁₁ NO ₃	N-甲酰-DL-苯丙氨酸	ND	0.69	ND	ND	ND	ND	DNC
6628-79-1	C ₆ H ₁₀ O ₃	3-甲基-4-氧代戊酸	ND	ND	ND	0.37	ND	ND	DNC
109-99-9	C ₄ H ₈ O	四氢呋喃	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	DNC
123-32-0	C ₆ H ₈ N ₂	2,5-二甲基吡嗪	ND	ND	ND	ND	0.25	0.32	炒花生香气和巧克力、奶油风味
14667-55-1	C ₇ H ₁₀ N ₂	2,3,5-三甲基吡嗪	ND	ND	ND	ND	0.13	0.5	可可、巧克力和炒果仁等型香
1124-11-4	C ₈ H ₁₂ N ₂	2,3,5,6-四甲基吡嗪	ND	ND	ND	ND	0.05	0.17	牛肉和猪脂的香气、发酵大豆味、牛奶巧克力风味
53185-52-7	C ₆ H ₁₃ NO ₂	N,N-二甲基-3-甲氧基丙酰胺	ND	ND	ND	ND	0.18	ND	DNC

注: ND表示未检测出; DNC表示未确定。

组, 因此得出 S-15 组品质要优于其它蒸煮组。炒制组(F-5、F-10)所特有的挥发性成分 26 种, 其中苯甲醛有类似苦杏仁的香味, 棕榈酸乙酯呈蜡香、果爵和奶油香气, 乙酸香叶酯呈玫瑰油与薰衣草油混合香气或苹果香味, 2-甲基丁酸乙酯呈苹果皮、菠萝皮和未成熟李子皮香气, 2,5-二甲基吡嗪和 2,3,5-三甲基吡嗪呈炒花生香气和巧克力、炒果仁、奶油风味, 2,3,5,6-四甲基吡嗪有牛肉和猪脂香气和发酵大豆味, 4-烯丙基苯甲醚有大茴香似香气, 水杨酸甲酯有冬青叶香味, 邻甲氧基苯酚呈特殊芳香气味, 肉豆蔻酸乙酯呈椰子、鸢尾似香气和蜂蜡味, 4-乙基-2-甲氧基苯酚呈香辛料和草药似香气, 4-乙基苯酚有木-酚气息和香甜香气, 肉桂酸乙酯呈肉桂和草莓香气和甜的蜂蜜香, 巴伦西亚橘烯有柑橘似香气, 茴香烯呈茴香似香气, 对苯二甲醚有苜蓿似香气和酚味以及硬壳果香味, α -蒎烯有松萏特有的气味, 反油酸乙酯有花香、果香以及油脂气息。由此可知, 炒制组昭通酱中带有特殊香味的物质要明显多于蒸煮组, 结合表 2 感官评分结果, F-10 组昭通酱中口感得分 28 分, 香味得分 27 分, 明显高于其它组的得分, 说明炒制组昭通酱中的香味更丰富, 口感更佳。

2.4 不同预处理工艺昭通酱的相关性及 PCA 分析

不同预处理对昭通酱挥发性风味差异和组间样本差异如图 2 所示, 采用 PCA 多元变量统计分析, 图 2a 可知, 各组昭通酱挥发性物质的特征变量 99.76% 的累计差异被描述, 包含 99.53% 的 PCA1 和 0.23%

的 PCA2。可明显看出蒸煮组与炒制组的差异相当明显, 蒸煮组中蒸煮 15 min(S-15)与蒸煮 20 min(S-20)之间的差异较小。图 2b 可知各组昭通酱氨基酸的特征变量 66.91% 的累计差异被描述, 包含 44.23% 的 PCA1 和 22.68% 的 PCA2, 炒制组(F-10)表现出明显的差异性。

食品中各类挥发性风味物质与其呈味特征有着非常关键的联系^[39], Wang 等^[40] 优化增味挥发性成分进行了提取, 并 46 种挥发性化合物进行了鉴定, 结果表明大多数挥发性化合物的强度, 特别是醛类和酯类, 与增味感官呈正相关。各挥发性物质种类的相关性聚类情况如图 3 所示, 酚类与无味氨基酸、苦味氨基酸呈显著($P<0.05$)负相关性, 烷烯类与酮类物质、鲜味氨基酸呈负相关性; 醇类与醚类、酚类呈负相关性; 酮类与甜味氨基酸、鲜味氨基酸、EAA 呈正相关性, 与 DAA、NEAA 呈显著($P<0.05$)正相关性, DAA 与 NEAA 呈极显著($P<0.01$)正相关性, 其它类与酯类呈极显著($P<0.01$)正相关性, 此结果与表 2、表 4 和表 5 的变化基本相符。

3 结论

对不同预处理工艺的昭通酱的感官评分、氨基酸含量和挥发性成分进行研究, 并采用 PCA 多元变量统计分析。其结果表明, 不同原料预处理的昭通酱的感官评分、氨基酸和挥发性成分存在明显差异, 大豆原料经过 180℃ 翻炒 10 min(F-10)处理的昭通酱评分最高, 为 89 分, 115℃ 隔水蒸 15 min 处理组(S-

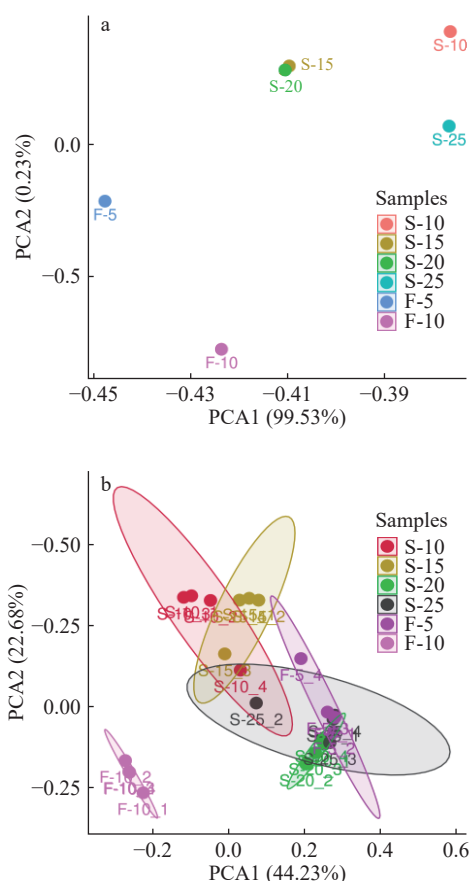


图2 各组昭通酱的PCA分析

Fig.2 PCA analysis of Zhaotong soybean paste

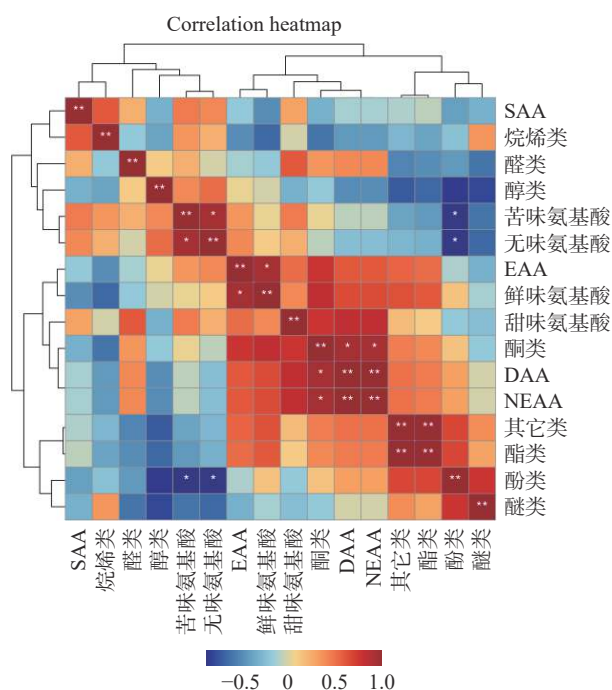


图3 各组昭通酱的相关性聚类分析

Fig.3 Correlation cluster analysis of Zhaotong soybean paste
注: 红色代表正相关, 蓝色代表负相关; *表示显著性($P < 0.05$), **表示极显著性($P < 0.01$)。

15)次之,为87分。蒸煮处理组与炒制组样品中氨基酸的含量存在明显差异,蒸煮处理的昭通酱中氨基

酸主要由赖氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、酪氨酸、天冬氨酸、丝氨酸和谷氨酸组成,而炒制处理的昭通酱中亮氨酸、缬氨酸、甘氨酸的含量相对较高,蛋氨酸、酪氨酸和丙氨酸相对较低。氨基酸总量最高为S-15处理组,为29.314 mg/g,其中EAA含量14.196 mg/g, DAA含量15.082 mg/g;其次为F-10处理组,为28.570 mg/g,与S-15处理组接近,其中EAA含量13.047 mg/g, DAA含量17.949 mg/g,而且F-10处理组中鲜味氨基酸含量为15.067 mg/g,明显高于其它处理组,而各蒸煮组昭通酱中鲜味、甜味、苦味和无味4类氨基酸含量的差异较小。说明原料蒸煮处理和炒制处理对昭通酱中总氨基酸的影响较小,而对各氨基酸含量的影响较明显,尤其是DAA和鲜味的氨基酸的含量,由结果可知炒制处理能使得昭通豆酱产生更多具有鲜味的氨基酸,丰富了昭通酱的风味。不同预处理的昭通酱在挥发性成分含量与分布之间也表现出较大的差异性,昭通酱中挥发性物质主要以烯烃类、醇类和酯类化合物组成,蒸煮组中醇类化合物相对含量较高,最高为S-10组17.29%,比其它蒸煮组提高了5.98%~7.06%,炒制组中酯类化合物相对含量较高,且产生了酚类化合物,酯类物质相对含量最高是F-10组为12.74%,比其它组高了3.72%~6.91%。结果共检出12种各昭通酱中共有的成分,其中带有茴香、辛香料、甘草香味的茴香脑物质占主导地位,其相对含量分别占比在57.63%~69.16%之间,12种共有成分其主要呈现出香料香、甘草香、果香和花香,共同作用形成了昭通酱共有的基础香味成分。炒制组昭通酱中带有特殊香味的物质要明显多于蒸煮组,结合图1感官评分结果,F-10组昭通酱中口感得分28分,香味得分27分,明显高于其它组的得分,说明炒制组昭通酱中的香味更丰富,口感更佳。结合感官评分、氨基酸含量以及挥发性成分3个指标的相关性及PCA分析可知蒸煮组与炒制组存在一定差异性,且炒制组(F-10)与其它组表现出明显的差异性。酚类与无味氨基酸、苦味氨基酸呈显著负相关性,烷烯类与酮类物质、鲜味氨基酸呈负相关性;醇类与醚类、酚类呈负相关性;酮类与甜味氨基酸、鲜味氨基酸、EAA呈正相关性,与DAA、NEAA呈显著正相关性。

我国作为制作豆酱的发源地,地方豆酱的酿造工艺各具特色,该研究分析表明不同的原料预处理的昭通酱无论感官、氨基酸含量以及挥发性成分之间都均表现出一定得差异性,从而也说明原料的预处理对豆酱风味品质有一定得影响,至于何种预处理方式为最佳处理方式,还需要结合最终产品整体品质,以及当地消费者口味习惯才能进一步确定,本文比较这些预处理方式对昭通酱品质的影响对改进地方豆酱规模化生产以及推广当地高原特色农产品具有重要意义。

参考文献

[1] 雷丹,吴敏,唐洁,等.不同原料预处理工艺对豆瓣酱品质的

- 影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 301–308. [LEI D, WU M, TANG J, et al. Effect of different pretreatment of raw material on the quality of bean paste[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(7): 301–308.]
- [2] SANG S, JAH B, YK C, et al. Salt contents and aging period effects on the physicochemical properties and sensory quality of Korean traditional fermented soybean paste (doenjang)[J]. Food Bioscience, 2020; 36.
- [3] MI JI KI, HAN S K, et al. Effects of salinity on bacterial communities, Maillard reactions, isoflavone composition, antioxidation and antiproliferation in Korean fermented soybean paste (doenjang)[J]. Food Chemistry, 2018, 245(Apr.15): 402–409.
- [4] KIM D B, NAM T G, LEE S, et al. Quantification of 21 free amino acids in traditional and nontraditional soybean pastes[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021; 1–11.
- [5] YANG Y, TERM C N, SHAN W, et al. Physicochemical, flavor and microbial dynamic changes during low-salt doubanjiang (broad bean paste) fermentation[J]. Food Chemistry, 2021(4): 128454.
- [6] BAJER T, HILL M, VENTURA K, et al. Authentication of fruit spirits using HS-SPME/GC-FID and OPLS methods[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1):18965.
- [7] MATTHEW T Bingman, CLAIRE E Stellick, JORDANNE P P, et al. Monitoring cider aroma development throughout the fermentation process by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analysis [J]. Beverages, 2020, 6(2): 40–54.
- [8] CAI W, TANG F, Guo Z, et al. Effects of pretreatment methods and leaching methods on jujube wine quality detected by electronic senses and HS-SPME-GC-MS[J]. Food Chemistry, 2020, 330: 127330.
- [9] BOUTOU S, CHATONNET P. Rapid headspace solid-phase microextraction/gas chromatographic/mass spectrometric assay for the quantitative determination of some of the main odorants causing off-flavours in wine[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1141(1): 1–9.
- [10] 李治华, 黄驰, 王自鹏, 等. 不同后熟发酵时间郫县豆瓣酱挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(16): 180–184. [LI Z H, HUANG Ci, WANG Z P, et al. Analysis of volatile components of pixian broad-bean sauce with different post-ripening fermentation times[J]. Food Science, 2014, 35(16): 180–184.]
- [11] 刘燕, 王雪梅, 陶璇, 等. 不同干燥方法对郫县豆瓣挥发性风味成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(9): 110–116. [LIU Y, WANG X M, TAO X, et al. Effect of different drying methods on volatile components in Pixian Douban[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(9): 110–116.]
- [12] 罗静, 赵红宇, 徐炜楠, 等. 郫县豆瓣后发酵过程中挥发性呈香物质测定及主成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(18): 209–216. [LUO J, ZHAO H Y, XU W Z, et al. Analysis of volatile compounds in pixian soybean paste during post-fermentation by SPME-GC-MS combined with PCA[J]. Food Science, 2018, 39(18): 209–216.]
- [13] QI X, CHENG L, LI X, et al. Effect of cooking methods on solubility and nutrition quality of brown rice powder[J]. Food Chemistry, 2018, 274(Feb.15): 444–451.
- [14] SA D W, LU Q, WANG Z, et al. The potential and effects of saline-alkali alfalfa microbiota under salt stress on the fermentation quality and microbial[J]. BMC Microbiology, 2021, 21(1): 149–149.
- [15] SHELEPINA N V. The development of a pectin extraction technology for pea hulls to expand the raw material base for the production of functional foods in Russia[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 720(1).
- [16] BUZIGI E, PILLAY K, SIWELA M. Effect of cooking locally available common bean (Obwelu) on iron and zinc retention, and pumpkin (Sweet cream) on provitamin A carotenoid retention in rural Uganda[J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(11): 5916–5925.
- [17] IGOR S L, CAROLINE Lt CRISTIAN S B, et al. Rice and common bean blends: Effect of cooking on in vitro starch digestibility and phenolics profile[J]. Food Chemistry, 2021, 340: 127908–127908.
- [18] 赵建新, 顾小红, 刘杨岷, 等. 传统豆酱挥发性风味化合物的研究[J]. 食品科学, 2006(12): 684–687. [ZHAO J X, GU X H, LIU Y M, et al. Study on the volatile flavor compounds of the traditional chinese soybean paste[J]. Food Science, 2006(12): 684–687.]
- [19] 丁祖志, 刘金霞, 蒋立胜, 等. 原料预处理工艺对豆瓣酱品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(5): 687–693. [DING Z Z, LIU J X, JIANG L S, et al. Effect of the pretreatment of raw materials to the quality of bean paste[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2011, 30(5): 687–693.]
- [20] 尤新新, 朱新贵, 曾小波. 蚕豆酿造酱油的制曲工艺研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(10): 73–78, 83. [YOU X X, ZHU X G, ZHENG X B, et al. Research on koji-making technology of broad bean brewed soy sauce[J]. China Condiment, 2016, 41(10): 73–78, 83.]
- [21] 杨旭东, 何军, 周莹. 黄世忠-传承百年酱香味道[J]. 致富天地, 2021(5): 35–37. [YANG X D, HE J, ZHOU Y. Huang Shizhong-Inheriting the flavor of soy sauce for a century[J]. Rich World, 2021(5): 35–37.]
- [22] 李俊杰, 杨奎, 亢凯杰, 等. 昭通酱的不同加工工艺对亚硝酸盐含量的影响研究[J]. 食品安全导刊, 2021(19): 143–145. [LI J J, YANG K, KANG K J, et al. Study on the influence of different processing technology on nitrite content of Zhaotong soybean paste[J]. Introduction to Food Safety, 2021(19): 143–145.]
- [23] 国家国内贸易局, 北京市食品酿造研究所. SB/T 10309-1999 中华人民共和国行业标准 黄豆酱[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999. [State Administration of Domestic Trade, Beijing Food Brewing Research Institute. SB/T 10309-1999 Industrial Standard of The People's Republic of China Soybean paste[S]. Beijing: China Standards Press, 1999.]
- [24] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [State Food and Drug Administration, State Health and Family Planning Commission. GB 5009.124-

2016 National food safety standard determination of amino acids in foods [S]. Beijing: China Standards Press, 2016.]

[25] 武俊瑞, 顾采东, 田甜, 等. 豆酱自然发酵过程中蛋白质和氨基酸的变化规律[J]. 食品科学, 2017, 38(8): 139-144. [WU J R, GU C D, TIAN T, et al. Evaluation of changes in protein and amino acids in naturally fermented soybean pastes with different fermentation periods[J]. Food Science, 2017, 38(8): 139-144.]

[26] 蒋立文, 谢艳华, 李跑, 等. HS-SPME/GC-MS 和电子感官技术分析毛霉型豆豉发酵过程中风味品质[J]. 核农学报, 2020, 34(7): 1497-1506. [JIANG L W, XIE Y H, LI P, et al. Analysis of the volatile flavor components and quality of mucor-type douchi with HS-SPME/GC-MS method and electric-sense technology [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2020, 34(7): 1497-1506.]

[27] 谢靛, 蒋立文, 涂彬, 等. 电子舌-固相微萃取-气相色谱-质谱联用比较 3 种不同干燥方式对浏阳豆豉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 92-98. [XIE J, JIANG L W, TU B, et al. Comparison of the effects of three different drying methods on the quality of Liuyang Douchi as analyzed by electronic tongue and SPME-GC-MS[J]. Food Science, 2016, 37(22): 92-98.]

[28] MIN J K, HAN S K, HEE Y J, et al. Microbial communities related to sensory attributes in Korean fermented soy bean paste (doenjang)[J]. Food Research International, 2016, 89(Pt 1): 724-732.

[29] HUANG X Y, YU S S, XU H X, et al. Rapid and nondestructive detection of freshness quality of postharvest spinach based on machine vision and electronic nose[J]. Journal of Food Safety, 2019, 39(6): 234-242.

[30] TIAN T, WU J R, YUE X Q. Analysis of relationship between sensory quality and physiochemical indexes of natural fermented soybean paste[J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 508: 75-78.

[31] TSENG Y H, LEE Y L, RUEI C et al. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae*[J]. Elsevier, 2005, 90(3): 409-415.

[32] 谢思, 赵晓燕, 杨舒郁, 等. 郫县豆瓣自然与恒温后熟发酵工艺对比分析[J]. 食品科学, 2020, 41(10): 138-144. [XIE S, ZHAO X Y, YANG S Y, et al. Comparative analysis of natural and

thermostatic post-fermentation processes for Pixian Broad-bean paste[J]. Food Science, 2020, 41(10): 138-144.]

[33] 谢思, 赵晓燕, 吴晓霞, 等. 不同发酵模式下郫县豆瓣后发酵过程动力学模型的建立与分析[J]. 中国食品学报, 2021, 21(5): 263-271. [XIE S, ZHAO X Y, WU X X, et al. Establishment and analysis of kinetic models for post-fermentation processes of Pixian broad-bean paste under different fermentation modes[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(5): 263-271.]

[34] LIN H B, BI X P, ZHOU B B, et al. Microbial communities succession and flavor substances changes during Pixian broad-bean paste fermentation[J]. Food Bioscience, 2021(prepublish).

[35] LI Z H, RUI J P, LI X Z, et al. Bacterial community succession and metabolite changes during doubanjiang-meju fermentation, a Chinese traditional fermented broad bean (*Vicia faba* L.) paste[J]. Food Chemistry, 2017, 218: 534-542.

[36] AN F Y, LI M, ZHAO Y, et al. Metatranscriptome-based investigation of flavor-producing core microbiota in different fermentation stages of dajiang, a traditional fermented soybean paste of Northeast China[J]. Food Chemistry, 2021: 343-252.

[37] LIU P, XIANG Q, SUN W, et al. Correlation between microbial communities and key flavors during post-fermentation of Pixian broad bean paste[J]. Food Research International, 2020, 137: 109513.

[38] LU Y L, WAG Y F, ZHAO G Z, et al. Identification of aroma compounds in Zhuhoujiang, a fermented soybean paste in Guangdong China[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021 (4): 111057.

[39] YANG Y, NIU C T, SHAN W X, et al. Physicochemical, flavor and microbial dynamic changes during low-salt doubanjiang (broad bean paste) fermentation[J]. Food Chemistry, 2021, 351(4): 128454.

[40] WANG S, LIU X, TAMURA T, et al. Effect of volatile compounds on the quality of miso (traditional Japanese fermented soybean paste)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 139(1): 110573.