

不同菌种对蚕豆酱前期发酵的影响

李婷^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院 畜牧与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为提高蚕豆酱的品质, 该试验以蚕豆为主要原材料, 经去皮、蒸熟、冷却、拌入面粉、接种、发酵等工艺, 分别接入毛霉、酵母、米曲霉、黑曲霉4种单一纯种菌发酵制曲生产蚕豆酱, 测定蚕豆酱发酵期间(1、3、5、7 d)酱醅的总酸含量、氨基酸态氮含量、酱色差异指标的变化以及成品感官评分。结果表明: 蚕豆酱发酵前期酱醅中总酸含量为米曲霉<黑曲霉<酵母<毛霉, 氨基酸态氮含量为米曲霉>黑曲霉>毛霉>酵母, 酱色差异变化为米曲霉>黑曲霉>酵母>毛霉。因此选用米曲霉作为蚕豆酱前期发酵的优势菌种。蚕豆酱的品质试验表明: 经由米曲霉接种制曲发酵所得的成品蚕豆酱颜色呈黄褐色, 色泽鲜亮, 湿润有光泽, 酱香、酯香协调, 气味清新轻柔, 口感鲜美、醇厚, 酱体滋润饱满, 无肉眼可见的杂质, 感官评分为83, 氨基酸态氮含量为1.516 g/100 g, 总酸含量为1.811 g/100 g。

关键词: 蚕豆酱; 菌种; 前期发酵; 品质; 风味

Effect of Different Strains on Pre-fermentation of *Vicia faba* Paste

LI Ting^{1,2}

(1. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Institute of Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: This study aimed to improve paste quality. Broad bean paste was produced using broad bean as the main raw material through peeling, steaming, cooling, mixing flour, inoculation, and fermentation. Four single strains of *Mucor*, yeast, *Aspergillus oryzae*, and *Aspergillus niger* were added to ferment broad bean paste. The total acid content, amino acid nitrogen content, and broad bean paste color of fermented broad bean paste were determined after 1, 3, 5 d and 7 d. Changes and sensory scores of the finished products were also determined. The total acid content in fermented mash of broad bean paste was in the order of *A. oryzae* < *A. niger* < yeast < *Mucor*. The order of amino acid nitrogen content was *A. oryzae* > *A. niger* > *Mucor* > yeast. The change in broad bean paste color was *A. oryzae* > *A. niger* > yeast > *Mucor*. *A. oryzae* was identified as the dominant strain in the early fermentation of broad bean paste. Quality test results of broad bean paste showed that the paste produced by inoculation of *A. oryzae* and koji fermentation was bright yellow-brown in color, moist, and lustrous, with harmonious sauce fragrance and ester fragrance, fresh and soft flavor, delicious and mellow taste, full-bodied sauce body, and no visible impurities. The sensory score was 83 points. The amino acid nitrogen and total acid contents were 1.516 g/100 g and 1.811 g/100 g, respectively.

Key words: broad bean paste; strain; prophase fermentation; quality; flavor

引文格式:

李婷. 不同菌种对蚕豆酱前期发酵的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(19): 68-73.

LI Ting. Effect of Different Strains on Pre-fermentation of *Vicia faba* Paste[J]. Food Research and Development, 2023, 44(19): 68-73.

我国传统发酵豆制品历史源远流长,形成了种类多样且兼具地方特色的酱类调味品^[1]。其中传统酿造的蚕豆酱是以去壳蚕豆为主要原料,经蒸煮、制曲、晒露、发酵等工序,并辅以辣椒酱、香油等辅料制成的半流动状态的一类调味食品^[1-2]。蚕豆酱呈酱红色或酱褐色,色泽鲜亮,鲜美可口,细腻无渣,具有代菜佐餐、助消化功能,深受消费者喜爱^[3-4]。蚕豆瓣作为蚕豆酱的原料,不仅含有丰富的蛋白质、糖类及人体所必需的氨基酸和矿物元素,且有抑制肝脏脂肪堆积、去除放射性物质、抑制血清胆固醇升高、抗氧化作用等多种生理功能^[5-7]。蚕豆酱目前在国内外市场上的生产虽已形成标准化,但我国传统蚕豆酱生产主要以自然发酵为主,此法的制曲是在自然条件下进行的,利用自然环境中的微生物共同消耗原料进行生长代谢,通过晒露发酵、后熟等工序后形成了蚕豆酱独特的色香味^[2]。自然发酵的蚕豆酱风味丰富,但存在生产周期长、生产效率低、卫生条件差、产品质量不稳定等缺点^[8]。为解决目前蚕豆酱生产存在的问题,近年来,许多研究学者在豆酱蒸煮技术^[9]、制曲技艺^[8-10]、缩短生产周期^[10-11]、发酵技术^[12-13]等方面进行了大量试验。众多学者的研究表明:蚕豆酱发酵后期以酵母发酵为主,是形成特有色香味的时期。然而并没有针对蚕豆酱前期发酵的优势菌种的研究,蚕豆酱前期发酵是影响蚕豆酱品质的重要时期,找到适于蚕豆酱前期发酵的优势菌种,对缩短蚕豆酱生产周期、固定蚕豆酱发酵菌种以及提高蚕豆酱品质具有重要意义。

本研究主要利用米曲霉(*Aspergillus oryzae*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)、毛霉(*Mucor*)、酵母菌(yeast)4种单一菌种纯种制曲发酵制作蚕豆酱,分析其前期发酵过程中酱醅中的总酸、氨基酸态氮含量、酱色差异等指标的变化,旨在研究不同菌种对蚕豆酱前期发酵品质形成的影响,筛选出适于蚕豆酱前期发酵的优势菌种,对丰富蚕豆酱的风味、提高蚕豆酱的品质具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

蚕豆、面粉、酵母、食盐:市售;米曲霉(沪酿3.042)、黑曲霉(AS3.350):上海佳民酿造食品有限公司;毛霉菌种:成都市调味品研究所。

氢氧化钠、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、甲醛:天津市大茂化学试剂厂;乙醇:天津市富宇精细化工有限公司;邻苯二甲酸氢钾、酚酞:上海中秦化学试剂有限公司。以上试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

GNP-9160 恒温培养箱、DHG-9146A 恒温干燥箱:

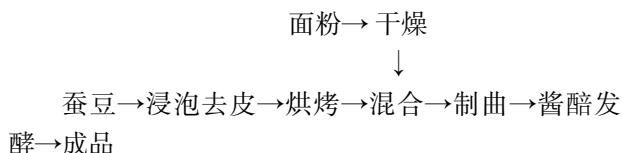
上海精宏实验设备有限公司;AR224CN 电子天平:奥豪斯仪器(常州)有限公司;L7 可见分光光度计、MJ-250F-1 霉菌培养箱:上海仪电分析仪器有限公司;TD52 离心机:湖南凯达科学仪器有限公司;SG2pH 计:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 蚕豆酱的制备

1.3.1.1 工艺流程

蚕豆酱的制备工艺流程如下^[14]。



1.3.1.2 操作要点

1)去皮蚕豆:将蚕豆在 105 ℃条件下烘烤 1.5~2.0 h 至呈熟而不烂的状态^[5],以除去蚕豆中的杂菌和水分,有利于霉菌的生长^[16]。

2)面粉处理:将面粉置于 105 ℃烘箱内烘烤 1.5~2.0 h,以除去面粉中的杂菌和水分,方便进一步吸收蚕豆中的多余水分,促进霉菌的生长^[16]。

3)前期发酵:将蒸煮干燥好的蚕豆和烘烤好的面粉混合均匀,按照曲料(蚕豆+面粉)的 0.3%分别接入米曲霉、黑曲霉、毛霉的麸曲菌种在不同温度下培养,米曲霉、黑曲霉于 30 ℃下培养 48 h,毛霉于 20 ℃下培养 60 h,酵母于 28 ℃培养 60 h,制备曲坯^[15]。

4)后期保温发酵:由 4 种单一菌种制得的曲坯,按照曲坯与盐水质量比 1:1 的比例添加质量分数为 10%的盐水,入坛后于 40 ℃下保温发酵^[15]。

1.3.1.3 蚕豆酱的制作工艺

称取 100 g 去皮蚕豆,进行蒸熟灭菌,加入 20% (20 g)面粉搅拌均匀,再分别加入 0.3% (0.36 g)米曲霉、黑曲霉、毛霉、酵母制备曲坯。按照 1.3.1.2 步骤 4)进行保温发酵。

对比分析不同菌种发酵初期(1、3、5、7 d)对蚕豆酱氨基酸态氮含量、总酸含量和酱色差异的影响。

1.3.2 氨基酸态氮测定

采用 GB 5009.235—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定》^[17]进行测定。

1.3.3 总酸含量测定

采用 GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》^[18]进行测定。

1.3.4 酱色差异分析

分别称取 5 g 蚕豆酱发酵 1、3、5、7 d 的酱醅样品,加入 25 mL 磷酸缓冲液匀浆,2 000 r/min 离心 10 min,取上清液于波长 420 nm 处进行比色,以磷酸缓冲液为空白^[2]。

1.3.5 蚕豆酱的品质评价

通过上述试验得到适于蚕豆酱发酵的优势菌种,对该优势菌种进行验证性试验。参照 1.3.1.3 的方法制备优势菌种的曲坯,并按照同样的比例添加盐水,在 40℃下保温发酵 30 d 得到成品蚕豆酱。对成品蚕豆酱进行总酸、氨基酸态氮含量的测定以及感官评价。

1.3.6 感官评价

按照色泽、气味、口感、组织特性 4 项感官指标对蚕豆酱成品进行感官评价,总分 100 分,具体感官评分标准见表 1^[8]。

表 1 蚕豆酱感官评分指标
Table 1 Sensory score index of broad bean paste

项目	评价标准	评分
色泽(25分)	黄褐色或红褐色,有光泽,鲜艳	20~25
	浅黄褐色或酱黑色,暗淡,不鲜艳	10~<20
	浅黄色或黑色	0~<10
气味(25分)	有较浓的酱香、酯香	20~25
	酱香、酯香不浓郁	10~<20
	无酱香、酯香,有异味	0~<10
口感(25分)	口味醇、香、鲜,咸甜适口	20~25
	鲜味不明显,过咸或过淡	10~<20
	无鲜味感,太咸或太淡,有杂味	0~<10
组织特性(25分)	黏稠适中,无杂质	20~25
	稠度过稀或酱体太干,无杂质	10~<20
	稠度很稀或很干,有外来杂质	0~<10

1.4 数据处理

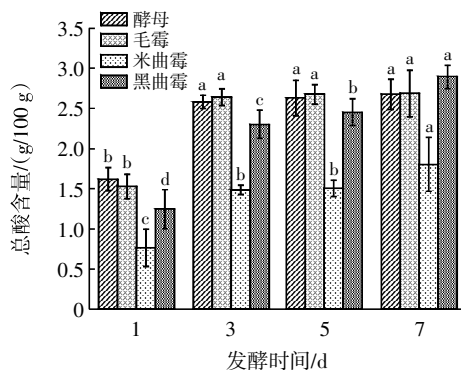
每组试验平行重复 3 次,以平均值±标准差表示;采用 Excel 2016、OriginPro 2021 对试验数据进行绘制对比。

2 结果与分析

2.1 不同菌种对蚕豆酱发酵前期总酸含量的影响

总酸包括有机酸及无机酸,是衡量豆瓣酱质量的重要指标,能赋予豆酱轻柔、清爽的感官特征^[19]。国家标准规定,酱产品中总酸含量不得超过 2.0 g/100 g(以乳酸计)^[20]。4 种不同菌种发酵蚕豆酱前期所测得的总酸含量见图 1。

由图 1 可知,随着蚕豆酱前期发酵时间的延长,4 种菌种发酵后蚕豆酱的酱醅中总酸含量呈增大趋势,发酵第 1 天,酵母制曲发酵前期酱醅中所测得的总酸含量最高,为 1.623 g/100 g,毛霉较高,为 1.532 g/100 g,黑曲霉次之,为 1.245 g/100 g,米曲霉最少,为 0.764 g/100 g;发酵第 3 天,毛霉、酵母发酵制曲产生的总酸含量相对较高,分别为 2.649、2.589 g/100 g,而由米曲霉制曲发酵产生的总酸含量最低,为 1.489 g/100 g;



不同字母表示组间差异显著($P < 0.05$)。

图 1 不同菌种发酵后蚕豆酱中总酸含量的变化

Fig.1 Changes of total acid content in broad bean paste after fermentation with different strains

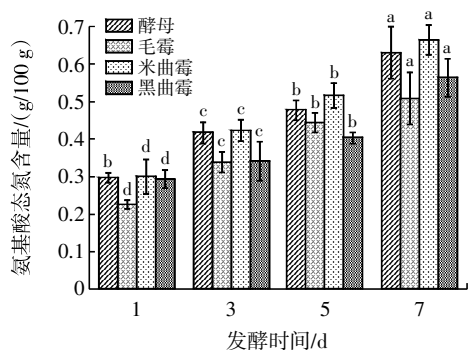
发酵第 5 天,毛霉制曲发酵产生的总酸含量最高,为 2.680 g/100 g,米曲霉制曲发酵产生的总酸含量最低,为 1.511 g/100 g;发酵第 7 天,黑曲霉发酵产生的总酸含量最高,为 2.900 g/100 g,米曲霉制曲发酵产生的总酸含量最低,为 1.805 g/100 g。这可能是因为发酵初期酱醅中的微生物生长繁殖迅速,微生物利用蚕豆中的可发酵性糖代谢产生乳酸等有机酸,使得总酸含量增加^[21]。毛霉、酵母发酵的蚕豆酱前期酱醅中总酸含量增长较快,而米曲霉发酵的蚕豆酱前期酱醅中总酸含量增长较慢,可能是因为发酵环境中微生物代谢产生的乳酸所形成的弱酸性条件对米曲霉的生长繁殖有抑制作用,而对毛霉、酵母的生长繁殖有诱发作用,使得毛霉和酵母在有氧条件下,分解糖类产生各种有机酸^[22],酱醅中总酸主要来源于微生物利用原料中的碳水化合物产生的酸类物质(如被乳酸菌、醋酸菌利用产生的乳酸)和发酵环境的变化导致微生物细胞自溶以及游离氨基酸的积累等^[23]。

酱醅中的酸性物质主要为有机酸,是多种风味物质的前体,且其本身也是重要的感官物质,在酱醅风味及口感的形成中起着重要作用,总酸含量常用来反映豆酱生产过程中微生物污染的程度^[19],因此总酸含量过高或者过低对于豆酱制品的品质均有不利影响。由图 1 结合国家标准考虑,酵母、毛霉、黑曲霉发酵前期的总酸含量均超过 2.0 g/100 g,因此,米曲霉发酵效果最佳。

2.2 不同菌种对蚕豆酱发酵前期氨基酸态氮含量的影响

蚕豆酱中蛋白质降解形成的氨基酸态氮是评判豆酱质量的重要指标,国家标准中规定了豆酱中氨基酸态氮含量不得低于 0.3 g/100 g^[20]。4 种不同菌种发酵蚕豆酱前期所测得的氨基酸态氮含量的变化见图 2。

由图 2 可知,4 种菌种发酵的蚕豆酱发酵前期随



不同字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

图2 不同菌种发酵后蚕豆酱中氨基酸态氮含量的变化

Fig.2 Changes of amino acid nitrogen content in broad bean paste after fermentation by different strains

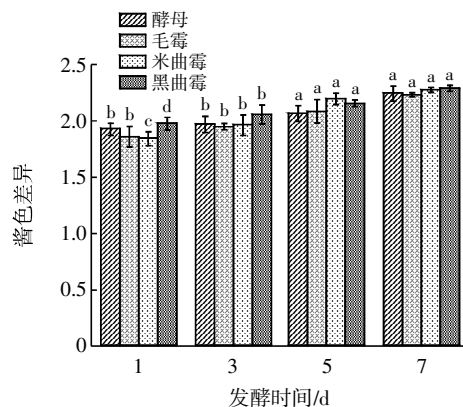
随着发酵时间的增长其酱醅中氨基酸态氮含量均呈上升趋势。因为氨基酸态氮来源于蚕豆酱发酵前期霉菌等微生物分泌的蛋白酶对蛋白质的分解以及酱醅中微生物的自溶。发酵前期酱醅中各菌种代谢能力强,对氮源的需求量大,诱导菌种产蛋白酶能力不断增强,其中中性和碱性蛋白酶是生成氨基酸态氮的主要水解酶系,蛋白酶将原料中的蛋白质大分子物质降解为多肽和氨基酸,致使氨基酸含量积累使得发酵1~7 d的酱醅中氨基酸态氮含量随着发酵时间的延长而增加^[15,24-25]。发酵第1天,米曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量最高,为0.301 g/100 g,其次是酵母,毛霉发酵产生的氨基酸态氮含量最少,为0.227 g/100 g;发酵第3天,米曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量最高,为0.425 g/100 g,毛霉最低,为0.343 g/100 g;发酵第5天,米曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量最高,为0.519 g/100 g,黑曲霉最少,为0.406 g/100 g;发酵第7天,米曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量最高,为0.667 g/100 g,毛霉最少,为0.510 g/100 g。发酵前期,米曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量最高,其次为酵母,毛霉和黑曲霉发酵产生的氨基酸态氮含量相对较低。这是由于米曲霉相比于其他菌种,其产中性和碱性蛋白酶的能力更强,由其发酵的蚕豆酱产生的氨基酸态氮含量增长最快且含量较多,其次为酵母和黑曲霉,毛霉最少,这是因为毛霉分解蛋白质的能力最弱,而酵母发酵时蛋白酶活力旺盛,在盐水的渗透压作用下,原料中的可溶性氮和钠离子发生快速交换,导致蚕豆酱中氨基酸态氮增加^[26]。因此,米曲霉产氨基酸态氮含量高,而毛霉产氨基酸态氮含量相对较低。

氨基酸态氮是由蚕豆酱中蛋白质降解所形成的,其数值越高,表明菌种对蛋白质的分解能力越强,成品的滋味越鲜美^[15]。氨基酸态氮含量基本上反映了酱醅中游离氨基酸的含量、酱醅的成熟度和酱醅品质^[27]。因

此,由试验结果结合国家标准考虑,米曲霉发酵效果更佳。

2.3 不同菌种对蚕豆酱发酵前期酱色差异变化的影响

酶促褐变和非酶促褐变反应是导致蚕豆酱色泽变化的主要原因,酶促褐变和非酶促褐变均是经过一系列复杂的化学反应,生成黑色素的反应过程^[28],形成了蚕豆酱独有的光泽。蚕豆酱的颜色能反映豆酱品质的好坏。4种不同菌种发酵蚕豆酱前期发酵阶段酱色差异如图3所示。



不同字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

图3 不同菌种发酵后蚕豆酱酱色差异

Fig.3 Changes of broad bean paste color after fermentation with different strains

由图3可知,随着蚕豆酱前期发酵时间的延长,4种菌种发酵的蚕豆酱酱色差异呈上升趋势。这可能是由于蚕豆中的蛋白质降解形成的氨基酸,在好氧条件下,经过酚羟基酶,多酚氧化酶的催化,发生了一系列复杂的化学变化后,导致黑色素的形成,黑色素在酱醅中随着发酵时间的推移而积累的结果。此时,酱醅中黑色素的主要来源是在多酚氧化酶的作用下,酱醅中的酪蛋白氧化产生黑色素^[29]。随着发酵时间的延长,发酵后期保温发酵的温度升高,酱醅中多酚氧化酶活性降低,此时美拉德反应是黑色素的主要来源^[30],使酱的颜色逐渐变深,酱的颜色越深,则表现为酱色差异增大。发酵前期,4种菌种发酵后酱醅酱色差异较明显,米曲霉和黑曲霉的增长趋势较酵母和毛霉的增长趋势更大。这是由于发酵前期曲霉多酚氧化酶活性高于酵母和毛霉,致使曲霉产酶能力高于酵母和毛霉,因此由黑曲霉和米曲霉发酵的蚕豆酱颜色较深。米曲霉酱色差异变化趋势与黑曲霉酱色差异趋势基本一致。因此,选用米曲霉、黑曲霉为优势菌种。

2.4 蚕豆酱的品质

成品蚕豆酱的氨基酸态氮、总酸含量及感官评分如表2所示。

氨基酸态氮含量是蚕豆酱重要的质量指标之一,

表2 米曲霉发酵蚕豆酱理化指标及感官评分

Table 2 Physicochemical indices of broad bean paste fermented by *Aspergillus oryzae*

含量/(g/100 g)		感官评分				
氨基酸态氮	总酸	色泽	气味	口感	组织特性	总分
1.516±0.046	1.811±0.098	22	20	20	21	83

国家标准 GB 2718—2014《食品安全国家标准 酿造酱》要求酿造酱氨基酸态氮不少于0.3 g/100 g,由表2可知,以米曲霉为优势菌种发酵制成的蚕豆酱氨基酸态氮含量为(1.516±0.046) g/100 g,符合国家标准,也说明米曲霉降解蛋白质的能力较强,能降解蛋白质产生氨基酸为蚕豆酱提供主要的鲜味^[2]。总酸指酱醅中有机的含量,是反映酱制品发酵程度的重要指标之一,该蚕豆酱总酸含量为(1.811±0.098) g/100 g,符合国家标准中酿造酱总酸不超过2.0 g/100 g的规定。

感官评价是对产品质量最直观的反应。由表2可知,经选评员对接种米曲霉制曲发酵30 d的蚕豆酱进行感官评价,其色泽、气味、口感、组织特性得分均在20分以上,总分达到83,人们易于接受。

3 结论

本试验以去皮蚕豆为主要原料,经蒸熟、冷却、拌入面粉、接种、发酵等工艺,以米曲霉、黑曲霉、毛霉、酵母菌4种单一菌种纯种发酵制曲制作蚕豆酱,分别测定蚕豆酱发酵前期(1、3、5、7 d)酱醅的总酸含量、氨基酸态氮含量以及酱色差异的变化。结果表明:以米曲霉为菌种发酵制曲,发酵前期酱醅中的总酸含量最低,氨基酸态氮含量最高,酱色差异最大。因此选用米曲霉作为蚕豆酱前期发酵的优势菌种。通过验证试验发现:经由米曲霉接种制曲发酵所得的蚕豆酱,其颜色呈黄褐色,色泽鲜艳,湿润有光泽,酱香、酯香协调,气味轻柔,口感鲜、香、醇,酱体滋润饱满,无肉眼可见的杂质,感官评分为83,所测得的氨基酸态氮含量为1.516 g/100 g,总酸含量为1.811 g/100 g,所测指标均符合相应国家标准的要求。本文对丰富蚕豆酱的风味、提高蚕豆酱的质量具有积极的意义。

参考文献:

- 雷宏杰. 蚕豆酱质量的初步研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
LEI Hongjie. Preliminary research on quality of broad bean paste[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- 刘莹, 胡茂丰, 刘素纯, 等. 不同菌种发酵制备蚕豆酱的研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(10): 58–62.
LIU Ying, HU Maofeng, LIU Suchun, et al. Preparation of broad bean paste fermented by different moulds[J]. China Brewing, 2014, 33(10): 58–62.
- 余浪, 阙建全. 传统豆瓣的研究进展[J]. 中国调味品, 2008, 33(5): 26–31.

- YU Lang, KAN Jianquan. The research progress on traditional broad-bean sauce[J]. China Condiment, 2008, 33(5): 26–31.
- 郝祥桃. 安庆蚕豆辣酱的工艺探讨[J]. 中国酿造, 2007, 26(2): 51–53.
HAO Xiangtao. Study on the fermentation techniques of Anqing horsebean chili paste[J]. China Brewing, 2007, 26(2): 51–53.
- 石永峰. 蚕豆及其食品加工[J]. 西部粮油科技, 1994, 19(2): 39–42.
SHI Yongfeng. Broad bean and its food processing[J]. China Western Cereals & Oils Technology, 1994, 19(2): 39–42.
- VILLARES A, ROSTAGNO M A, GARCÍA-LAFUENTE A, et al. Content and profile of isoflavones in soy-based foods as a function of the production process[J]. Food and Bioprocess Technology, 2011, 4(1): 27–38.
- 包启安. 豆酱的功能性[J]. 中国酿造, 2002, 21(3): 1–6.
BAO Qi'an. Functionality of soybean paste[J]. China Brewing, 2002, 21(3): 1–6.
- 刘素纯, 林亲录, 尹华, 等. 蚕豆辣酱的研制[J]. 食品科技, 2005, 30(1): 52–55.
LIU Suchun, LIN Qinlu, YIN Hua, et al. Study on production of broad bean and hot pepper sauce with multi-strain[J]. Food Science and Technology, 2005, 30(1): 52–55.
- 查文龙. 蚕豆辣酱蒸煮工序技术改造的研究[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(2): 98–100.
ZHA Wenlong. Study on the transformation of steaming broadbeans technology of chilli broadbean sauce[J]. Food and Fermentation Technology, 2010, 46(2): 98–100.
- 马世玲. 郫县豆瓣产品特点、工艺特征、纯种分离及生产应用[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(1): 20–22.
MA Shiling. Product characteristics, process characteristics and purebred of Pixian douban[J]. Food and Fermentation Technology, 2009, 45(1): 20–22.
- 姚继承, 毛同祥, 李耀. 糖化增香曲及其在发酵酱制品中的应用[C]//中国食品添加剂协会第三届会员代表大会暨第九届中国国际食品添加剂和配料展览会学术论文集. 上海: 中国食品添加剂生产应用工业协会, 2005.
YAO Jicheng, MAO Tongxiang, LI Yao. Glycos-esterifiable monascus and application in fermented sauce products[C]// The Third Member of China Food Additive Association Congress and the Ninth China International Exhibition of Food Additives and ingredients of Academic Papers. Shanghai: A Brief Introduction to China Food Additive Production & Application Industry Association, 2005.
- 赵丰丽, 卫红春. 快速法酿造豆酱[J]. 中国酿造, 2002, 21(3): 16–18.
ZHAO Fengli, WEI Hongchun. Rapid method for brewing bean paste[J]. China Brewing, 2002, 21(3): 16–18.
- 王金晶, 周敏, 刘春风, 等. 蚕豆酱酿造过程中挥发性风味物质分析[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(8): 14–22.
WANG Jinjing, ZHOU Min, LIU Chunfeng, et al. Volatile flavor compounds analysis of broad bean sauce during fermentation[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2013, 44(8): 14–22.
- 信维平, 毕海燕. 蒲公英蚕豆辣酱的研制[J]. 中国酿造, 2004, 23(1): 39–40.
XIN Weiping, BI Haiyan. Research and production of hot pepper sauce with dandelion (*Taraxacum mongolicum*) and broad bean[J]. China Brewing, 2004, 23(1): 39–40.
- 刘莹. 不同菌种发酵制备蚕豆酱的技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
LIU Ying. Technical research on broad bean sauce fermented by dif-

- ferent fungus[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015.
- [16] 李培睿, 张晓伟, 王加华, 等. 红曲香菇黄豆酱的制作[J]. 中国调味品, 2015, 40(3): 66-69.
LI Peirui, ZHANG Xiaowei, WANG Jiahua, et al. Production process of soybean paste mixed with red koji and *Lentinus edodes* [J]. China Condiment, 2015, 40(3): 66-69.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定: GB 5009.235—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of amino acid nitrogen in foods: GB 5009.235—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中总酸的测定: GB 12456—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of total acid in food: GB 12456—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [19] 上海市酿造科学研究所. 发酵调味品生产技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
Shanghai Institute of Brewing Science. Production technology of fermented condiment[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 酿造酱: GB 2718—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Fermented soybean paste: GB 2718—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [21] 周雯君. 工厂化条件下豆酱品质监测与鲁氏酵母增香技术研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
ZHOU Wenjun. Quality monitoring of soybean paste under industrialized conditions and study on flavoring technology of *Saccharomyces rouxii* [D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2016.
- [22] 陈丽. 传统发酵豆酱制品菌群动态分析及功能菌的筛选[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2009.
CHEN Li. Dynamic analysis of flora of traditional fermented soybean paste products and screening of functional bacteria[D]. Harbin: Heilongjiang University, 2009.
- [23] 王艳玲. 添加大豆分离蛋白粉的新型甜面酱的工艺研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2017.
WANG Yanling. The process study of a new type of sweet flour paste with adding soy protein isolate powder[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2017.
- [24] 高秀芝, 刘慧, 王晓东, 等. 延吉传统豆酱发酵过程中营养及理化指标变化[J]. 北京农学院学报, 2012, 27(3): 74-76.
GAO Xiuzhi, LIU Hui, WANG Xiaodong, et al. Dynamics of nutrients and physical and chemical parameters during traditional Yanji soybean paste fermentation[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2012, 27(3): 74-76.
- [25] CHOU C C, LING M Y. Biochemical changes in soy sauce prepared with extruded and traditional raw materials[J]. Food Research International, 1998, 31(6/7): 487-492.
- [26] 韩冉, 张珊, 余倩倩, 等. 鲁氏酵母不同时间的添加对高盐稀态酱油的影响[J]. 中国调味品, 2020, 45(9): 1-4.
HAN Ran, ZHANG Shan, YU Qianqian, et al. Effect of addition of *saccharomyces rouxii* at different time on high-salt dilute soy sauce [J]. China Condiment, 2020, 45(9): 1-4.
- [27] JIANG J J, ZENG Q X, ZHU Z W, et al. Chemical and sensory changes associated Yu-lu fermentation process—A traditional Chinese fish sauce[J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1629-1634.
- [28] 夏延斌. 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
XIA Yanbin. Food chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [29] LERTSIRI S, PHONTREE K, THEPSINGHA W, et al. Evidence of enzymatic browning due to laccase-like enzyme during mash fermentation in Thai soybean paste[J]. Food Chemistry, 2003, 80(2): 171-176.
- [30] SERPEN A, ATAÇ B, GÖKMEN V. Adsorption of Maillard reaction products from aqueous solutions and sugar syrups using adsorbent resin[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(3): 342-350.

加工编辑: 张楠

收稿日期: 2022-06-08