

不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中滋味品质的影响

刘淑贞, 王 丹, 周才琼*

(西南大学食品科学学院, 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716)

摘要: 采用粳米、玉米和芋头-玉米3种不同淀粉配料制备鲜海椒进行自然乳酸发酵, 研究鲜海椒在发酵过程中主要滋味品质成分的变化。结果发现3种不同淀粉配料制备的鲜海椒总酸、游离氨基酸含量随发酵时间延长极显著增加 ($P < 0.01$), 盐含量略增; 总酸含量在发酵15 d后上升趋缓; 游离氨基酸含量在发酵30 d后上升趋缓, 其中粳米鲜海椒游离氨基酸含量在发酵过程中增加迅速, 发酵60~90 d时游离氨基酸含量明显高于另外两种鲜海椒 ($P < 0.01$); 3种不同淀粉配料制备的鲜海椒辣椒素及二氢辣椒素发酵15~45 d保留较多, 在发酵60 d后相对较低。3种不同淀粉配料制备的鲜海椒可溶性总糖含量都逐渐下降, 粳米和玉米鲜海椒发酵60 d后相对较低, 而芋头-玉米鲜海椒发酵15 d后可溶性总糖已降至较低水平。表明不同淀粉配料会影响鲜海椒发酵滋味品质的形成。综合鲜海椒酸辣咸鲜和微甜的滋味品质特点, 以发酵30 d左右为宜, 延长发酵时间可降低鲜海椒制品的辣度及微甜的滋味品质。

关键词: 淀粉原料; 鲜海椒; 发酵; 滋味品质

Effect of Different Starches on Flavor Quality during the Fermentation Zhahaijiao, a Chinese Traditional Fermented Chili Product

LIU Shuzhen, WANG Dan, ZHOU Caiqiong*

(Chongqing Engineering Research Center of Regional Food, College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Three different starch sources including japonica rice flour, maize flour and taro-maize flour were used for preparing Zhahaijiao, a Chinese traditional fermented chili product, by spontaneous lactic acid fermentation, and changes in the flavor quality of Zhahaijiao during the fermentation process were studied. Results showed that the contents of total acid and free amino acids in Zhahaijiao made with different starches significantly increased ($P < 0.01$), and the content of salt slightly increased with the extension of fermentation time. The content of total acid increased slowly after 15 days of fermentation, and the content of free amino acids increased slowly after 30 days of fermentation. The content of free amino acids in Zhahaijiao made with japonica rice flour increased rapidly during the fermentation process and was apparently higher than that in Zhahaijiao made with two other starches after fermentation for 60–90 days ($P < 0.01$). The contents of capsaicin and dihydrocapsaicin in Zhahaijiao remained at higher levels after 15–45 days of fermentation, but were relatively low on the 60th day of fermentation, in dependent of the type of starch used. The content of total soluble sugar (TSS) gradually declined; the TSS levels of Zhahaijiao made with japonica rice flour and maize flour were relatively low after fermentation for 60 days, while Zhahaijiao made with taro-maize flour dropped to a lower level after only 15 days of fermentation. Therefore, different starches can affect the formation of the favor quality of Zhahaijiao. Based on taste qualities of Zhahaijiao including sourness, pungency, umami, saltiness and slight sweetness, the optimal fermentation time is 30 days, and extended fermentation time can adversely impact its pungency degree and sweet taste quality.

Key words: starch sources; Zhahaijiao; fermentation; flavor quality

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607008

中图分类号: TS236.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 07-0039-05

引文格式:

刘淑贞, 王丹, 周才琼. 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中滋味品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 39-43.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607008. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Shuzhen, WANG Dan, ZHOU Caiqiong. Effect of different starches on flavor quality during the fermentation Zhahaijiao, a Chinese traditional fermented chili product[J]. Food Science, 2016, 37(7): 39-43. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607008. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-05-07

基金项目: 重庆市特色食品工程技术研究中心能力提升项目 (cstc2014pt-gc8001)

作者简介: 刘淑贞 (1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品化学与营养学。E-mail: lsz622@swu.edu.cn

*通信作者: 周才琼 (1964—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品营养化学。E-mail: zhoucai qiong@swu.edu.cn

发酵食品是指经过微生物或酶的作用下使加工原料发生许多生物化学变化及物理变化后制成的食品^[1]。发酵辣椒制品是以辣椒为主要原料,经过破碎、发酵等特定工艺加工而成的酱状或碎状产品^[2]。发酵辣椒制品根据产品生产工艺配方可分为糟辣椒、泡辣椒、豆瓣辣酱、辣椒酱及酸辣酱等^[3]。目前,发酵辣椒制品的研究主要集中于工业化纯种发酵、质量控制、微生物菌群的筛选、乳酸菌安全性、挥发性风味物质等的研究^[4-7]。

鲑海椒是重庆、四川、贵州等少数民族地区或汉族和少数民族杂居地区的一种在新鲜辣椒中添加淀粉原料后经自然乳酸发酵而成的地方美食^[8]。目前有少量玉米鲑海椒微生物分离及质量控制体系在鲑海椒生产过程中的应用等,以及对市售鲑海椒风味品质及纯种发酵技术等的应用等,而对于传统发酵过程中不同淀粉源对鲑海椒发酵过程中滋味品质影响的比较研究未见报道。因此,本研究拟采用鲑海椒制备中常用的淀粉配料制备鲑海椒并自然发酵,对其发酵过程中滋味品质的变化进行比较研究,以期对鲑海椒的工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜二荆条红辣椒、玉米面、粳米面、芋头 重庆永辉超市;晶心加碘食用盐 重庆市盐业(集团)有限公司。

1.2 试剂

辣椒素标准品(纯度≥95%)、二氢辣椒素标准品(纯度≥90%) 美国Sigma公司;硝酸银、乙酸乙酯、3,5-二硝基水杨酸、酒石酸钾钠等(均为分析纯)成都市科龙化工试剂厂;铬酸钾、葡萄糖(均为分析纯) 重庆北碚化学试剂厂;蒽酮(分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;甲醇(色谱纯) 成都市科龙化工试剂厂。

1.3 仪器与设备

FA2004A电子天平 上海精天电子仪器有限公司;DHG-9140A电热恒温鼓风干燥箱 上海齐欣科学仪器有限公司;LC-20A高效液相色谱仪 日本岛津公司;722型可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司。

1.4 方法

1.4.1 鲑海椒的制备

辣椒清洗后沥干,粉碎,粳米、玉米用粉碎机粉碎后分别过40目筛。辣椒与粳米面、辣椒与玉米面、辣椒与芋头丝-玉米面(芋头丝与玉米面的质量比为1:1,芋头丝的尺寸为:0.8 cm×1.2 cm×3.2 cm)3种鲑海椒原料质量配比均为1:1,盐添加量5%。将各种原料按配比混合均匀后装入罐中,水密封,20~30℃发酵,取不同发酵时间的鲑海椒进行分析^[13-14]。

1.4.2 发酵过程中水分及滋味品质成分分析

1.4.2.1 辣椒素和二氢辣椒素含量测定

采用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)法测定。参考GB/T 21266—2007《辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质测定及辣度表示方法》^[15]和Barbero等^[16]方法。将待测样品于50℃条件下烘干至恒质量,电动粉碎机粉碎过60目筛,称取2.5 g样品于100 mL烧杯中,加入25 mL甲醇,保鲜膜封口,用针扎几个小孔,然后在360 W、50℃水浴条件下,超声波振荡提取30 min,滤纸过滤,收集滤液。然后将滤渣连同滤纸重新用25 mL甲醇超声提取10 min,重复1次。将3次过滤收集的滤液合并,旋转蒸发浓缩后定容至5 mL。经0.45 μm滤膜过滤后进行色谱分析。色谱条件:Kromasii C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm)色谱柱,流动相:甲醇-水(70:30, V/V),流速:1.0 mL/min,紫外检测波长:280 nm,柱温:30℃,进样量:10 μL。采用保留时间来定性,以峰面积外标法,通过辣椒素和二氢辣椒素的标准曲线对样品中辣椒素类物质进行定量分析。

1.4.2.2 水分与其他滋味成分含量测定

水分:参考GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》中的直接干燥法^[17]测定;盐:参考GB/T 12457—2008《食品中氯化钠的测定》中的直接沉淀滴定法^[18]测定;总酸(以乳酸计):参考GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》中的酸碱中和滴定法^[19]测定;游离氨基酸:参考茚三酮比色法^[20]测定;可溶性总糖:参考蒽酮比色法^[21]测定。

1.5 数据处理

每个样品重复测定3次,实验结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用Origin 8.6及SPSS 17.0软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同淀粉原料制备鲑海椒发酵过程中水分含量的变化

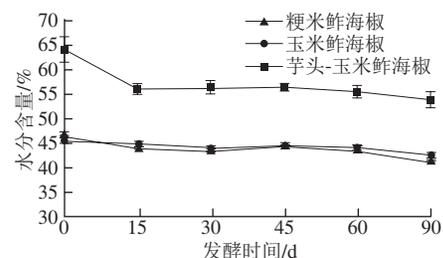


图1 鲑海椒发酵过程中水分含量变化

Fig.1 Change in moisture content of Zhaihaijiao during fermentation

水分含量影响发酵微生物的生长和代谢,进而影响各酶及风味物质的形成以及感官品质。经测定鲑海椒发

酵过程中水分含量变化结果如图1所示, 3种鲜海椒在发酵后水分含量均极显著下降 ($P < 0.01$), 发酵90 d 粳米鲜海椒、玉米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒含水量与发酵0 d 相比, 分别下降了5.31%、10.24%和2.85%, 由于芋头-玉米鲜海椒本底水分含量高, 在整个发酵过程中水分含量均高于玉米鲜海椒和粳米鲜海椒。

2.2 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中酸辣滋味品质形成的影响

2.2.1 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中酸味物质变化的影响

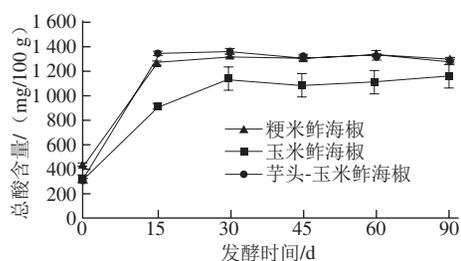


图2 鲜海椒发酵过程中总酸含量变化

Fig.2 Changes in total acid content of Zhaihaijiao during the fermentation process

由图2可知, 鲜海椒在发酵过程中总酸含量在0~15 d内快速上升, 之后在15~90 d呈稳定增加的趋势, 发酵15~90 d时粳米鲜海椒、玉米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒总酸含量分别为发酵0 d时的297.4%~313.7%、295.5%~374.0%和414.2%~436.4%, 从发酵前的310.9~425.9 mg/100 g增加到发酵90 d时的1162.9~1304.2 mg/100 g, 形成了鲜海椒特有的酸味品质, 表明鲜海椒发酵15 d以上即可形成其特有的酸味品质。这与发酵过程中乳酸菌大量繁殖、糖发酵产酸有关^[22]; 而乳酸的生成是鲜海椒品质形成的重要影响因素。经对总酸含量变化进行统计分析, 显示发酵15~30 d玉米鲜海椒总酸含量极显著低于粳米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒 ($P < 0.01$), 发酵45~90 d玉米鲜海椒总酸含量仍极显著低于其他两种鲜海椒 ($P < 0.01$), 而粳米和芋头-玉米鲜海椒间的总酸含量无明显差异 ($P > 0.05$)。

2.2.2 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中辣味物质含量变化的影响

辣味主要来源于辣椒中的辣椒素类物质, 其中80%由辣椒素和二氢辣椒素构成^[23], 这两种化合物的辣度约是其他辣椒素同系物如降二氢辣椒素、高二氢辣椒素和高辣椒素的2倍。尽管辣味不属于基本味, 但在实际生活中辣味是食品中一种非常重要的“味道”, 适度的辛辣味也是构成鲜海椒独特风味的一个重要因素。

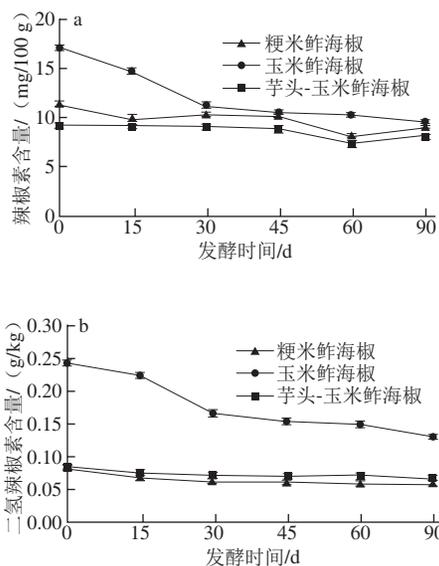


图3 鲜海椒发酵过程中辣椒素 (a) 及二氢辣椒素含量 (b) 的变化
Fig.3 Change in capsaicin (a) and dihydrocapsaicin (b) contents of Zhaihaijiao during the fermentation process

由图3可知, 3种淀粉原料制备鲜海椒中辣椒素和二氢辣椒素含量在发酵过程中前期快速下降 (<45 d) 后下降趋势减弱, 发酵60~90 d的粳米鲜海椒、玉米鲜海椒、芋头-玉米鲜海椒中辣椒素含量分别为发酵0 d时的71.6%~79.0%、59.5%~56.3%和80.8%~87.8%, 二氢辣椒素含量分别为发酵0 d时的74.4%~77.4%、63.1%~56.0%和104.5%~98.4%, 表明鲜海椒发酵过程中随发酵时间的延长, 其辣味会逐渐下降, 发酵60 d后辣度降低较多。玉米鲜海椒辣椒素和二氢辣椒素含量明显高于其他两种鲜海椒, 芋头-玉米鲜海椒最低, 其原因有待进一步探讨。

经对鲜海椒发酵过程中辣椒素和二氢辣椒素含量变化进行统计分析, 显示发酵初期3种鲜海椒辣椒素含量存在极显著差异 ($P < 0.01$), 随着发酵时间延长, 3种鲜海椒辣椒素含量差异减小, 发酵90 d时, 辣椒素含量接近。整个发酵过程中辣椒素含量按从大到小的顺序排列为玉米鲜海椒 > 粳米鲜海椒 > 芋头-玉米鲜海椒; 同时, 玉米鲜海椒中的二氢辣椒素含量远高于其他两种鲜海椒 ($P < 0.01$), 而粳米和芋头-玉米鲜海椒发酵过程中二氢辣椒素的含量无明显差异 ($P > 0.05$)。

2.3 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中鲜甜滋味品质形成的影响

2.3.1 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中鲜味物质变化的影响

由图4可知, 发酵过程中, 3种淀粉原料制备鲜海椒中游离氨基酸含量极显著增加 ($P < 0.01$), 发酵30 d后变化趋缓并呈波动变化, 发酵30~90 d的粳米鲜海椒、玉米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒中游离氨基酸含量分别

为发酵0 d的1 079.5%~1 370.5%、196.0%~255.3%和204.0%~221.5%，表明发酵30 d以上即可很好地提升鲜海椒鲜味品质。实验发现玉米鲜海椒、芋头-玉米鲜海椒本底游离氨基酸较高，分别是粳米鲜海椒的3.4倍和4.6倍，但发酵过程中粳米鲜海椒游离氨基酸含量增加迅速，发酵30~90 d时，粳米鲜海椒中游离氨基酸含量分别为玉米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒中游离氨基酸含量的1.6~1.7倍和1.2~1.4倍，表明不同淀粉原料会影响鲜海椒鲜的滋味品质，以粳米鲜海椒鲜的滋味品质较好。这可能和不同淀粉原料蛋白质及相关成分以及所导致的发酵中微生物种类和数量变化的差异有关。

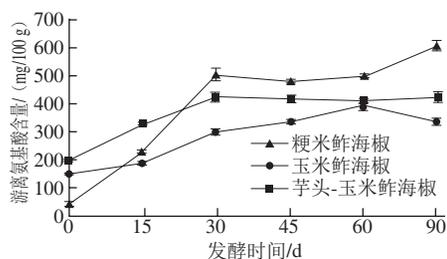


图4 鲜海椒发酵过程中游离氨基酸含量的变化

Fig.4 Change in free amino acid content of Zhaihaijiao during fermentation process

对发酵过程中游离氨基酸含量变化进行统计分析，显示发酵0~45 d内，3种鲜海椒中的游离氨基酸含量存在极显著差异 ($P < 0.01$)，发酵60~90 d粳米鲜海椒中游离氨基酸含量明显高于另外两种鲜海椒 ($P < 0.01$)，发酵60 d时，玉米和芋头-玉米鲜海椒游离氨基酸含量并无明显差异 ($P > 0.05$)。

2.3.2 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中甜味物质变化的影响

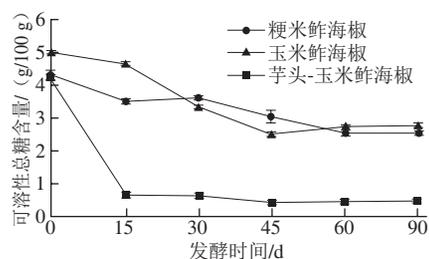


图5 鲜海椒发酵过程中可溶性总糖含量的变化

Fig.5 Change in total soluble sugar content of Zhaihaijiao during fermentation

由图5可知，粳米鲜海椒和玉米鲜海椒发酵前期 (<45 d) 可溶性总糖含量极显著下降 ($P < 0.01$)，45 d以后降低趋缓，发酵45~90 d时可溶性总糖含量仅为发酵0 d时的59.7%~70.9%和50.7%~55.1%。芋头-玉米鲜海椒则在发酵15 d即迅速下降，然后趋于稳定，发酵15~90 d时可溶性总糖含量为发酵0 d时的

10.1%~15.2%。表明不同淀粉原料在发酵过程中降解不同，而影响产品甜的滋味品质，考虑其他滋味品质成分形成，粳米鲜海椒和玉米鲜海椒发酵45 d左右为宜；而芋头-玉米鲜海椒可溶性总糖发酵15 d以上即急剧下降。

可溶性总糖在加工中除能给予食品甜味外，也是微生物的营养物质。发酵后均显著下降，这是微生物利用糖类、发酵产酸的结果。本实验发现芋头-玉米鲜海椒发酵过程中可溶性总糖急剧下降，这可能和芋头淀粉特性以及芋头-玉米鲜海椒含水量较高及相应的微生物生长不同有关，芋头-玉米鲜海椒可溶性总糖含量明显低于粳米鲜海椒和玉米鲜海椒 ($P < 0.01$)。

2.4 不同淀粉原料对鲜海椒发酵过程中咸味品质形成的影响

食盐可赋予食品咸味，并与谷氨酸形成钠盐产生鲜味。盐含量不仅影响鲜海椒制品的口感咸度，还影响发酵微生物的发酵作用。由图6可知，在鲜海椒加工过程中，盐含量有缓慢上升趋势，与发酵0 d相比，发酵15~90 d的粳米、玉米、芋头-玉米鲜海椒中盐含量分别增加了0.04~0.10、0.02~0.08 g/100 g和0.09~0.13 g/100 g。这与发酵过程中水分含量降低有关。表明鲜海椒在发酵过程中盐咸滋味品质成分变化较小，而主要受添加的食盐量影响。

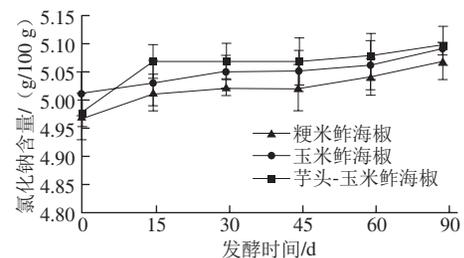


图6 鲜海椒发酵过程中盐含量的变化

Fig.6 Change in salt content of Zhaihaijiao during fermentation

3 结论与讨论

有研究表明，乳酸菌、酵母菌、醋酸菌是鲜海椒自然发酵的有效菌，其中乳酸菌含量比例最大，是主要的产酸菌^[9]，随发酵时间延长，鲜海椒在发酵过程中总酸含量增加，同时可溶性总糖含量快速下降，说明在此期间乳酸菌利用糖发酵生成乳酸程度较高。Lee等^[24]在30℃条件下采用枯草芽孢杆菌发酵辣椒后，发现辣椒素含量随发酵时间延长而降低。金星等^[25]研究发现经明串珠菌接种发酵后，辣椒中辣椒素类物质可转化为低辣度的辣椒素类似物。因而，推测鲜海椒发酵过程中辣椒素、二氢辣椒素含量的降低可能是转化成低辣度辣椒素类似物。

粳米鲜海椒游离氨基酸含量起始值远低于玉米鲜海椒和芋头-玉米鲜海椒,但发酵一定时间后,粳米鲜海椒游离氨基酸含量快速增加并在发酵30 d时超过玉米鲜海椒或芋头-玉米鲜海椒中游离氨基酸含量;可溶性总糖方面均在发酵15 d内快速下降后降低趋势趋缓,其中粳米鲜海椒和玉米鲜海椒下降缓慢并保持一定含量,芋头-玉米鲜海椒快速下降并远低于另外两种淀粉配料;辣椒素及二氢辣椒素含量分析显示在发酵30 d内快速下降,继续发酵则降低趋势趋缓,玉米鲜海椒辣椒素及二氢辣椒素含量远高于粳米和芋头玉米鲜海椒。这些实验结果都表明不同来源的淀粉原料由于淀粉特性及所含蛋白质特性等的差异,加上含水量的差异等引发微生物生长的差异,在发酵过程中会发生程度不同的降解,而影响鲜海椒滋味品质的形成。

3种淀粉配料制备鲜海椒总酸含量在发酵15 d内迅速上升后保持稳定;辣味和鲜味成分含量在发酵30 d内快速下降和上升后变化趋势趋缓,以粳米鲜海椒游离氨基酸含量最高,玉米鲜海椒辣味物质含量最高;可溶性总糖含量方面,粳米和玉米鲜海椒发酵60 d后相对较低,而芋头-玉米鲜海椒发酵15 d后已降至较低水平;盐含量略增加则与发酵中水分含量下降有关。总酸、游离氨基酸含量随发酵时间延长极显著增加($P < 0.01$),其中,总酸含量在发酵15 d后上升趋缓,游离氨基酸含量发酵30 d后上升趋缓,辣椒素及二氢辣椒素含量在发酵60 d后相对较低,发酵15~45 d保留较多。综合鲜海椒酸辣、咸鲜和微甜的滋味品质特点,以发酵30 d左右为宜,延长发酵时间可降低鲜海椒制品的辣度及微甜的滋味品质。3种淀粉原料以粳米粉为配料的鲜海椒鲜酸甜味突出,以玉米为配料制备的鲜海椒酸辣甜滋味品质突出,而采用玉米-芋头混合配料制备的鲜海椒水分相对高,游离氨基酸和可溶性糖相对低,滋味品质相对较低。

参考文献:

- [1] 杨国伟. 发酵食品加工与检测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 1-10.
- [2] 中华人民共和国农业部. NY/T 1711—2009 绿色食品 辣椒制品[S]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [3] 贵州省质量技术监督局. DB 52/457—2004 发酵辣椒制品质量安全标准[S]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2004.
- [4] 杨定清, 周娅, 谢永红, 等. 氢化物原子荧光光谱法测定发酵辣椒制品中铅[J]. 光谱实验室, 2010, 27(3): 1178-1180. DOI:10.3969/j.issn.1004-8138.2010.03.090.
- [5] 郭蓉, 秦丹, 胡双, 等. 剁辣椒发酵制品发酵用乳酸菌的选育、鉴定与接种发酵试验[J]. 轻工科技, 2013, 29(4): 20-21.
- [6] 吴小波, 周俊良. 发酵辣椒乳酸菌安全性测定研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(7): 35-37. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2011.07.009.
- [7] 唐鑫, 夏延斌. 发酵辣椒制品及其挥发性风味物质的研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2013, 31(11): 55-57. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2013.06.018.
- [8] 葛平珍, 王丹, 周才琼. 不同淀粉源对鲜海椒发酵过程中功能成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 191-195. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201521036.
- [9] 邵伟, 张亚雄, 黎妹华. 酢辣椒中微生物的分离及其作用初探[J]. 食品科学, 2001, 22(2): 20-23. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2001.02.005.
- [10] 邵伟, 周媛, 黎妹华, 等. HACCP在发酵酢辣椒生产中的应用[J]. 中国酿造, 2000, 19(6): 32-34. DOI:10.3969/j.issn.0254-5071.2000.06.015.
- [11] 张亚雄, 胡滨, 邵伟. 特色食品酢辣椒发酵过程中物质消长变化规律的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(12): 74-76. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2000.12.025.
- [12] 王微, 赵兴娥, 王颖, 等. 鲜辣椒产品质量评价指标体系的建立[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 72-75.
- [13] 王微. 鲜海椒纯种发酵生产技术的研发[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [14] 邵伟, 张亚雄, 熊泽, 等. 传统鲜海椒制作工艺改进[J]. 中国调味品, 2001, 26(3): 22-24.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 21266—2007 辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质测定及辣度表示方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [16] BARBERO G F, LIAZID A, PALMA M, et al. Ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from peppers[J]. Talanta, 2008, 75(5): 1332-1337. DOI:10.1016/j.talanta.2008.01.026.
- [17] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12457—2008 食品中氯化钠的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] 苏琼, 王彦斌. 淀粉精细化学品合成及应用[M]. 北京: 民族出版社, 2004: 268-269.
- [20] 吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 79-80.
- [21] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 45-48.
- [22] 杜书. 酸菜自然发酵过程中风味及质地变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.
- [23] TOPUZ A, OZDEMIR F. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika[J]. Food Chemistry, 2004, 86(4): 509-515. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.09.003.
- [24] LEE S M, KIM S Y, LEE J, et al. Nonpungent capsicum fermentation by *Bacillus subtilis* and the addition of rapidase[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2008, 81(2): 257-262.
- [25] 金红星, 田方, 成文玉. 辣椒素类似物发酵转化的条件优化[J]. 中国酿造, 2010, 29(1): 70-72. DOI:10.3969/j.issn.0254-5071.2010.01.025.