不同温度条件下湘西苞谷酸发酵过程主要营养品质变化

朱作华[1,3],石志刚[2],谢纯良[1,3],龚文兵[1,3],严 理[1,3],肖坤成[2],杨山河[2],胡镇修[1,3],彭源德[1,3]*

(1.中国农业科学院 麻类研究所,湖南 长沙 410205;2.花垣县天乐福农业科技有限责任公司,湖南 花垣 416400;
3.中国农业科学院 南方经济作物研究中心,湖南 长沙 410205)

摘 要:湘西苞谷酸是一种以玉米和新鲜红辣椒为主要原料加工而成的风味独特的发酵食品,该研究对3种不同温度模式下苞谷酸发酵过程营养品质变化进行测定,并对3种温度条件下的产品进行感官评分。结果表明,3种温度模式下,随着发酵时间的延长,苞谷酸pH、淀粉逐渐降低,亚硝酸盐含量先增加后减少,总游离氨基酸含量呈现逐渐增加的趋势,发酵18 d后pH下降趋缓,游离氨基酸含量增加趋缓;25～30 ℃更利于湘西苞谷酸品质的形成,此温度条件下发酵36 d,苞谷酸pH3.8、淀粉含量33.3 g/100 g、蛋白质含量5.71 g/100 g、乳酸菌数对数值为5.03、亚硝酸盐3.8 g/kg、还原糖0.43 g/100 g、总游离氨基酸1.4 g/100 g。

关键词:苞谷酸;固态发酵;乳酸菌;品质变化

中图分类号:TS264.2 **文章编号**:0254-5071(2019)01-0049-05 doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2019.01.010

引文格式:朱作华,石志刚,谢纯良,等. 不同温度条件下湘西苞谷酸发酵过程主要营养品质变化[J]. 中国酿造,2019,38(1):49-53.

Effect of different temperature conditions on nutrition quality of Baogusuan during the fermentation

ZHU Zuohua[1,3], SHI Zhigang[2], XIE Chunliang[1,3], GONG Wenbing[1,3], YAN Li[1,3], XIAO Kuncheng[2], YANG Shanhe[2], HU Zhenxiu[1,3], PENG Yuande[1,3]*

*(1.Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410205, China;
2.Huayuan TianLeFu Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Huayuan 416400, China;
3.Southern Economic Crops Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410205, China)*

Abstract: Xiangxi Baogusuan is a kind of fermented food with unique flavor, which is processed from corn and fresh red pepper. The nutrition quality changes of Baogusuan during the fermentation under three different temperature modes were measured, and the sensory evaluation of products under three temperature conditions was determined. The results showed that under the three temperature modes, the pH and starch of Baogusuan gradually decreased with the prolongation of fermentation time, the nitrite content increased first and then decreased, and the total free amino acid content showed a gradual increase trend. After fermentation for 18 d, the pH decreased slowly, and the free amino acid content increased slowly; 25-30 ℃ was more conducive to the quality formation of Baogusuan. After fermentation for 36 d at this temperature, the indexes of Baogusuan were pH 3.8, starch content 33.3 g/100 g, protein content 5.71 g/100 g, lactic acid bacteria 5.03 lg CFU/g, nitrite content 3.8 g/kg, reducing sugar content 0.43 g/100 g, total free amino acid content 1.4 g/100 g.

Key words: Baogusuan; solid-state fermentation; lactic acid bacteria; quality change

玉米被誉为“软黄金”,是最适合作为工业原料的品种,其营养丰富,除含蛋白质(10%左右)、淀粉(70%～75%)和脂肪(4%～5%)外,还含有丰富的钙、磷、铁、钾、硅、镁和硒等人体必需矿物质元素,以及维生素B_1(vitamin B_1,VB_1)、VB_2、VB_6、尼克酸、泛酸和生物素等维生素[1]。其加工空间大,产业链长,具备多次加工增值的潜力,加工品种多样,但玉米口感粗糙,一直认为是“粗粮”没有发挥其价值[2]。玉米加工方法包括物理法、化学法、生物法和复合法,化学法因安全问题极少使用,因此采用合适的方式进行玉米深加工、解决玉米消费转化、提高产品附加值,增加农民收入的问题已成为精准扶贫的一个重要问题[3-5]。

苞谷酸是南方地区特别是武陵山区深受欢迎的民族特色发酵食品,主要以玉米和新鲜红辣椒为原料,通过乳酸菌、酵母等厌氧发酵,再经炒制或汤制等加工而成,有着悠久的历史,其风味独特,发酵质量的好坏直接影响苞谷酸质量[6-9]。由于原料、地理环境和加工工艺的不同,不同区域的苞谷酸产品呈现出独特的风味和口感,苞谷酸发酵过程中存在着复杂的微生物群落[10-11]。它们能够产各种酶类,降解大分子物质,促进苞谷酸营养风味的代谢合成,包括有机酸、游离氨基酸、酯类等,赋予了苞谷酸丰富的营养成

收稿日期:2018-09-18 **修回日期**:2018-11-08

基金项目:中国农业科学院科技创新工程协同创新任务(CAAS-XTCX2016005);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2017-IBFC);国家现代农业产业技术体系资助项目(CARs-19-E26);中国农业科学院基本科研业务费项目;湖南省科技创新计划项目(2017NC4021)

作者简介:朱作华(1981-),男,助理研究员,硕士,主要从事特色发酵食品加工研究工作。

***通讯作者**:彭源德(1965-),男,研究员,本科,主要从事微生物农产品加工研究工作。

分和独特的风味特征。目前，对发酵食品的研究主要集中于微生物菌群分析、优良菌种筛选、营养风味分析、工业化纯种发酵、质量控制等的研究[13]，而随着人们对多元化饮食的追求，研究人员对传统特色发酵食品的研究也越来越重视[14-15]，本研究以湘西苞谷酸为研究对象，分析3种不同发酵温度条件下微生物及主要营养品质的变化，以期为改善产品品质，建立苞谷酸发酵过程检测方法和控制技术提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玉米、新鲜红辣椒：由湘西花垣天乐福农业科技有限责任公司提供；

葡萄糖、氢氧化钠、酚酞、亚硝酸钠、3,5二硝基水杨酸、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、亚铁氰化钾等：购于阿拉丁公司。

1.2 仪器与设备

Multiskango全波长酶标分析仪：美国赛默飞公司；Memmert INCO153 CO_2培养箱：德国美墨尔特公司；MIKRO 200 R台式高速离心机、MIKRO 220 R冷冻离心机：德国Hettich科学仪器公司；PHS-3C型酸度计：梅特勒-托利多公司；SW-CJ-2FD超净工作台：苏州净化设备有限公司；GR110DR立式全自动压力蒸汽灭菌器：美国致微公司；GZY-Y40-J超纯水机：湖南科尔顿水务有限公司；AUY220电子天平：日本岛津公司；ZSD-A1430生化培养箱：上海智诚分析仪器制造有限公司；BX53F显微镜：日本奥林巴斯公司；BCD-649WDBB冰箱：青岛海尔股份有限公司；KQ5200B超声波清洗器：昆山市超声仪器有限公司；DW-HL678超低温冷冻储存箱：中科美菱公司。

1.3 方法

1.3.1 苞谷酸的制备

苞谷酸制备：将新鲜红辣椒去蒂清洗干净，甩干表面水分后粉碎机搅碎（滤网孔径0.5 cm），玉米清洗干燥后粉碎（过30目筛，未过筛粗粒占40%，过筛细粉占60%），玉米粉与辣椒按1:1（g:g）比例混合均匀，装入发酵桶中分别于设定的温度条件下（15～20 ℃、25～30 ℃、35～40 ℃）厌氧发酵，定时取样进行分析。

1.3.2 理化指标测定

水分含量测定：采用直接干燥法，参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》[16]；还原糖含量测定：采用3,5二硝基水杨酸（3,5-dinitrosalicylic acid，DNS）比色法[17]；pH测定：采用数字pH计测定；亚硝酸盐含量测定：采用盐酸萘乙二胺分光光度计比色法，参照GB 5009.33—2010《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》[18]；蛋白质含量测定：采用凯氏定氮法，参照GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》[19]；淀粉含量测定：采用酸水解法，参照GB 5009.9—2016《食品中淀粉的测定》[20]；游离氨基酸测定：采用水合茚三酮比色法[17]。

1.3.3 菌落数测定

菌落总数测定：参照GB 4789.2—2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》[21]，在无菌条件下，定时取发酵苞谷酸25 g，置于225 mL生理盐水中，充分混匀，梯度稀释，平板涂布，37 ℃培养箱中培养1 d后计数，根据稀释倍数计算菌落总数；乳酸菌数测定：参照GB4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》[22]。

1.3.4 感官评分

选择20名从事食品加工和销售人员对照评价表分别对产品色泽、香味、组织状态、质地进行感官评价，取20人打分平均分（满分100分），感官评分标准如表1所示。

表1 苞谷酸感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standards of Baogusuan

项目	评分标准	感官评分/分
色泽	色泽鲜亮、红黄相间	20～25
	色泽偏暗，光泽度略差	15～20
	色泽暗淡，光泽度差	10～15
香味	具有苞谷酸典型香味	20～25
	香味偏淡	15～20
	有异味	10～15
组织形态	呈现颗粒状、易分散	20～25
	分散性一般	15～20
	分散性差，黏糊	10～15
质地	软硬适中，口感良好	20～25
	质地偏硬，口感一般	15～20
	质地硬，口感较差	10～15

2 结果与分析

2.1 苞谷酸发酵过程水分含量变化

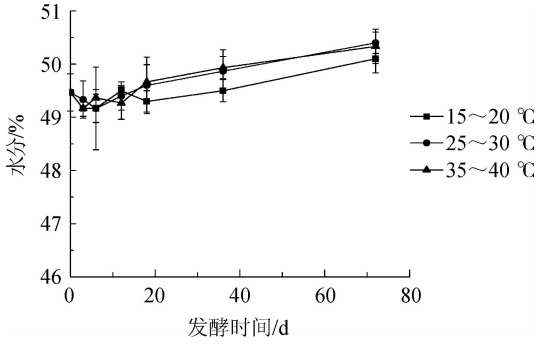


表1 苞谷酸发酵过程水分含量变化

Fig. 1 Change of moisture of Baogusuan during the fermentation

由图1可知，苞谷酸发酵过程水分含量略有增加，这可能与发酵过程挥发性物质的产生有关，15～20 ℃发酵时的产品水分相比其他两个温度发酵时产品的水分含量略少。

2.2 苞谷酸发酵过程pH变化

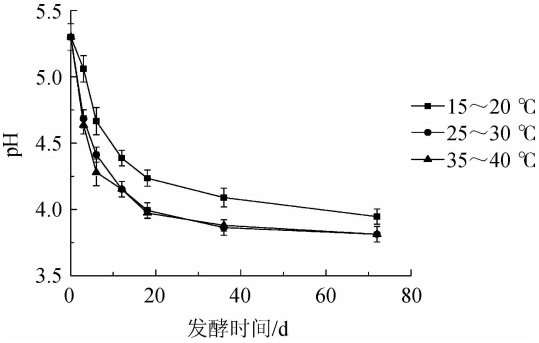


图2 苞谷酸发酵过程pH值变化

Fig. 2 Change of pH value of Baogusuan during the fermentation

由图2可知，随着时间的延长，3种温度条件下苞谷酸发酵过程中pH均呈现逐渐下降的趋势，发酵前期pH快速下降，说明酸度快速增加，适度提高发酵温度产酸速度加快，发酵温度25～30 ℃与35～40 ℃相比，产酸速度无显著差异，均显著快于发酵温度15～20 ℃，从产酸速度及节能角度考虑，25～30 ℃更合适，此条件下发酵至第36天时pH下降速度明显减缓并趋于稳定，pH由最初的5.3±0.2左右下降至最终的3.8±0.1左右，此时已具有典型的苞谷酸风味，色泽亮丽、红黄相间、组织形态松散、炒制口感软和。

2.3 苞谷酸发酵过程微生物变化

由图3可知，不同温度条件发酵过程中，细菌数呈现先增加后减少的变化趋势，在起始发酵阶段，苞谷酸菌落数快速增加，25～30 ℃与35～40 ℃温度条件下菌落数增加速度显著快于15～20 ℃，其后期菌落数下降速度也更快，25～30 ℃发酵12 d菌落数对数值最高至7.73，随后快速下降，发酵36 d时菌落数对数值降低至5.03。

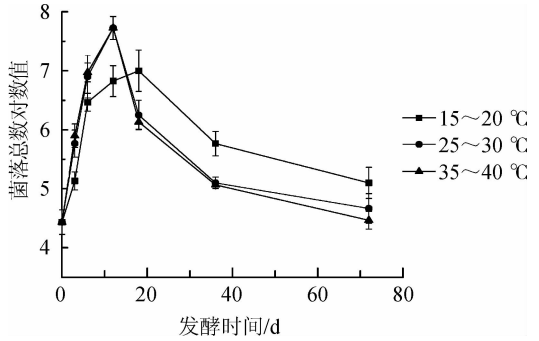


图3 苞谷酸发酵过程菌落总数变化

Fig. 3 Change of total number of bacteria during the fermentation

由图4可知，3种温度模式下，苞谷酸发酵过程中乳酸菌整体呈现先增加后降低的趋势，在苞谷酸起始发酵阶段，苞谷酸乳酸菌数量相对较少，随着发酵时间的延长，乳酸菌数量快速增加，25～30 ℃与35～40 ℃条件下乳酸菌增长速度显著高于15～20 ℃，25～30 ℃条件下发酵12 d乳酸菌数对数值由最初的3.72快速增加至7.55，乳酸菌变化趋势与菌落总数变化趋势相似，这也说明苞谷酸发酵主要由乳酸菌起主要作用。

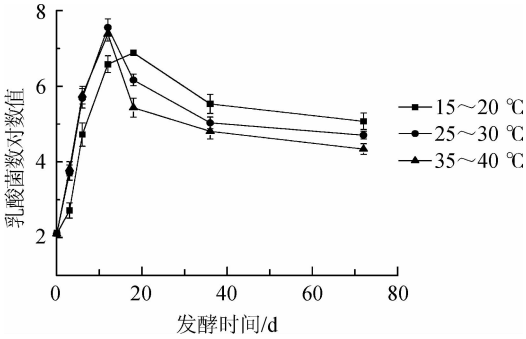


图4 苞谷酸发酵过程乳酸菌变化

Fig. 4 Change of lactic acid bacteria of Baogusuan during the fermentation

2.4 苞谷酸发酵过程亚硝酸盐变化

由图5可知，3种温度模式下，苞谷酸自然发酵过程亚硝酸盐含量呈现先增加后减少的趋势，25～30 ℃与35～40 ℃条件下，亚硝酸盐含量在6～12 d出现亚硝酸盐峰，随后迅速降低，整个发酵过程未出现亚硝酸盐含量超过国家标准情况，发酵至第36天时，降低至较低值，降低发酵温度亚硝峰出现时间推后，25～30 ℃的发酵条件有利于降低产品亚硝酸盐含量，亚硝酸盐含量3.8 g/kg，达到绿色食品的要求。

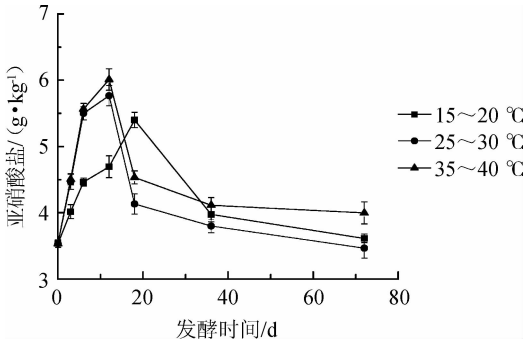


图5 苞谷酸发酵过程亚硝酸盐含量变化

Fig. 5 Change of nitrite content of Baogusuan during the fermentation

2.5 苞谷酸发酵过程淀粉含量变化

由图6可知，3种温度模式下苞谷酸发酵过程淀粉含量呈现逐渐降低的趋势，升高发酵温度更有利于淀粉的水解，这可能是由于相对更高的温度微生物更活跃，酶活性也相对更高，25～30 ℃淀粉含量降低相对更多，淀粉含量由最初的36.6 g/100 g左右降低至32.5 g/100 g左右。

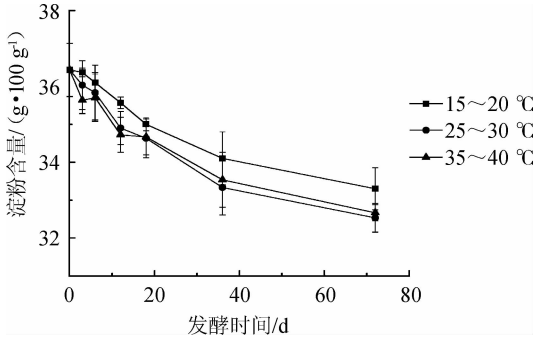


图6 苞谷酸发酵过程淀粉含量变化

Fig. 6 Change of starch content of Baogusuan during the fermentation

2.6 苞谷酸发酵过程还原糖含量变化

由图7可知，3种温度模式下苞谷酸发酵过程还原糖含量呈现先快速降低后略有增加的趋势，0～12 d还原糖含量快速降低，温度越高还原糖消耗速度越快，25～30 ℃发酵时苞谷酸还原糖含量由最初的1.18 g/100 g快速降低至18 d时的0.18 g/100 g，随后略有增加，这可能是由于前期乳酸菌等细菌快速繁殖并代谢产酸，还原糖快速消耗，后期随着酸度增加，乳酸菌受到抑制，还原糖含量在酶的作用下有所增加。

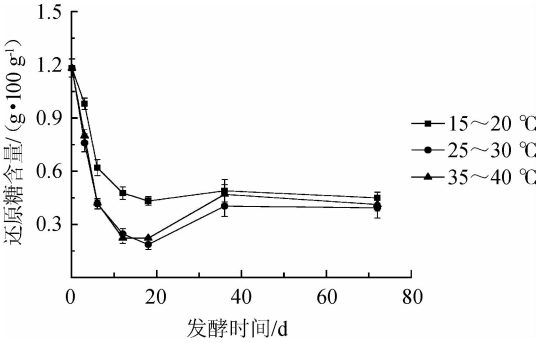


图7 苞谷酸发酵过程还原糖含量变化

Fig. 7 Change of reducing sugar content of Baogusuan during the fermentation

2.7 苞谷酸发酵过程蛋白质含量变化

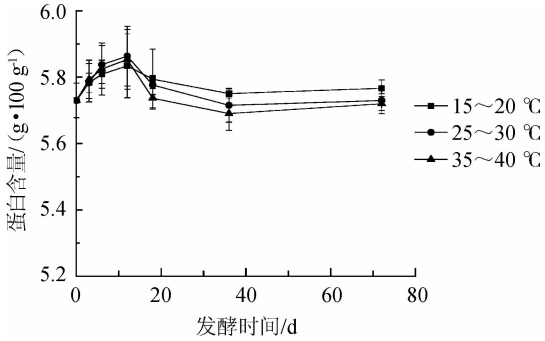


图8 苞谷酸发酵过程蛋白含量变化

Fig. 8 Change of protein content of Baogusuan during the fermentation

由图8可知，蛋白质在整个发酵过程中呈现先略有增加后减少的趋势，3种不同温度模式下苞谷酸蛋白质含量差异不显著，蛋白质含量最高为5.75 g/100 g左右。

2.8 苞谷酸发酵过程游离氨基酸含量变化

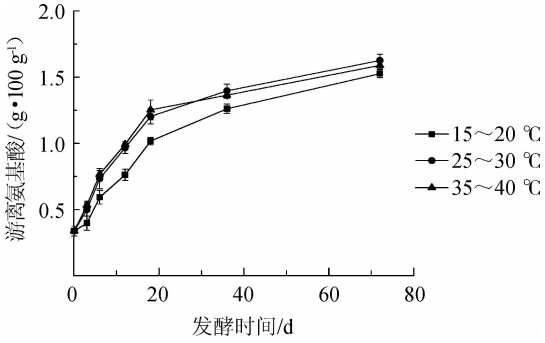


图9 苞谷酸发酵过程游离氨基酸含量变化

Fig. 9 Change of free amino acids content of Baogusuan during the fermentation

由图9可知，3种温度模式下，发酵过程中游离氨基酸含量整体呈现逐渐增加的趋势，发酵前18 d游离氨基酸含量快速增加，升高温度更利于游离氨基酸的积累，25～30 ℃发酵72 d苞谷酸游离氨基酸含量最高为1.6 g/100 g。

2.9 不同温度发酵苞谷酸感官评价

表2 不同温度发酵苞谷酸感官评分

Table 2 Sensory evaluation of Baogusuan by different fermentation temperature

项目	15～20 ℃	25～30 ℃	35～40 ℃	对照(ck)
色泽	色泽鲜亮、红黄相间	色泽鲜亮、红黄相间	色泽偏暗	色泽鲜亮、红黄相间
香味	香味偏淡	具有苞谷酸典型香味	香味偏淡，有异味	具有苞谷酸典型香味
组织形态	呈现颗粒状、易分散	呈现颗粒状、易分散	呈现颗粒状、易分散	呈现颗粒状、易分散
质地	质地偏硬	质地良好、软硬适中	质地良好、软硬适中	质地良好、软硬适中
感官评分/分	82	90	73	88

注：对照(ck)为工厂出厂产品。

由表2可知，温度对苞谷酸发酵有较大影响，15～20 ℃的低温发酵，苞谷酸香味偏淡，质地相对偏硬；35～40 ℃发酵时产生了难闻的气味，这可能是由于35～40 ℃的高温为芽孢杆菌、大肠杆菌等繁殖代谢提供了相对更好的环境，

产生异味；25～30 ℃条件下发酵苞谷酸色泽、风味较好，感官评分最高。

3 结论

以湘西苞谷酸为研究对象，分别测定不同温度条件下苞谷酸发酵过程pH、游离氨基酸、亚硝酸盐、淀粉、蛋白质、菌落数、亚硝酸盐、还原糖等含量变化，结果表明，3种温度模式下随着发酵时间的延长苞谷酸pH、淀粉含量逐渐减少，蛋白质含量变化不明显，菌落总数和乳酸菌数先增加后降低，亚硝酸盐含量先增加后降低，会出现较明显亚硝酸盐峰，还原糖含量先减少后有所增加，发酵过程中游离氨基酸含量整体呈现逐渐增加的趋势，发酵18 d后pH下降趋缓，游离氨基酸含量增加趋缓，发酵36 d苞谷酸pH及游离氨基酸趋于稳定，15～20 ℃苞谷酸口感偏硬，而35～40 ℃发酵苞谷酸易产生异味，苞谷酸适宜的发酵温度为25～30 ℃，此温度下发酵36 d苞谷酸pH3.8、淀粉含量33.3 g/100 g、蛋白质含量5.71 g/100 g、乳酸菌数对数值5.03、亚硝酸盐3.8 g/kg、还原糖0.43 g/100 g、总游离氨基酸1.4 g/100 g，苞谷酸色泽亮丽、红黄相间、风味较好，感官评分最高；总体来说，发酵过程产生的酸、游离氨基酸等风味物质与苞谷酸本身富含的淀粉、蛋白等共同赋予了湘西苞谷酸独特的风味。

参考文献：

[1] 苏波，马冲，邹仁峰，等. 玉米的食用营养及药用价值[J]. 现代农业科技，2006(11)：182.

[2] 朴新哲，王承明. 玉米粉加工技术的研究现状及进展[J]. 粮油加工·电子版，2015(6)：56-60，64.

[3] 马欢欢，吕欣然，林洋，等. 传统东北酸菜自然发酵过程中乳酸菌与营养物质同步分析[J]. 食品与发酵工业，2017，43(2)：79-84.

[4] PARK E, CHUN J, CHA C, et al. Bacterial community analysis during fermentation of ten representative kinds of kimchi with barcoded pyrosequencing[J]. **Food Microbiol**, 2012, 30(1): 197-204.

[5] CAGNO R D, CODA R, ANGELIS M D, et al. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation[J]. **Food Microbiol**, 2013, 33(1): 1-10.

[6] 曹佳璐. 传统四川泡菜盐水乳酸菌多样性的研究[D]. 北京：中国农业大学，2017.

[7] 张庆峰，吴祖芳，张鑫，等. 复合乳酸菌接种发酵对浙东腌冬瓜发酵品质的影响[J]. 核农学报，2017，31(3)：500-507.

[8] 曾承露，李锋，黄德娜. 盐酸菜中降胆固醇、亚硝酸盐乳酸菌筛选及功能特性研究[J]. 中国酿造，2017，36(7)：37-41.

[9] LEE S M, KIM S Y, LEE J, et al. Nonpungent capsicum fermentation by *Bacillus subtilis* and the addition of rapidase[J]. **Appl Microbiol Biotechn**, 2008, 81(2): 257-262.

[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.

[11] 王微，赵兴娥，王颖，等. 鲊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.

[12] 姜亚. 酸肉生产工艺优化及其细菌多样性的研究[D]. 南宁：广西大学，2014.

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

[14] 刘建利，孙敏，曹晓虹，等. 利用高通量测序技术分析民间面引子中的真菌多样性[J]. 食品科学，2018，39(22)：186-194.

[15] 刘同杰. 传统酸面团中微生物多样性及其风味物质代谢研究[D]. 杭州：浙江大学，2018.

[16] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[17] 王鸿飞，邵兴锋. 果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M]. 北京：科学出版社，2012：42-47.

[18] 中华人民共和国卫生部，中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.33—2010 食品安全国家标准食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S]. 北京：中国标准出版社，2010.

[19] 国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[20] 国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. GB 5009.9—2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[21] 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 4789.2—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[22] 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 4789.35—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验[S]. 北京：中国标准出版社，2016.