

东北酸菜和朝鲜族辣白菜发酵过程中微生物的变化

刘长蕾¹, 苗乘源¹, 文字萍¹, 姜美娜¹, 崔泰花^{1,2}, 金 清^{1,2*}

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学食品研究中心, 吉林 延吉 133002)

摘 要:东北酸菜和朝鲜族辣白菜是以白菜为主要原材料的传统蔬菜发酵食品。因其加工工艺不同,发酵体系的微生物群落结构存在差异,其风味特性和质地也随之发生变化。本研究以白菜为主要原料分别制作东北酸菜和朝鲜族辣白菜,研究其发酵过程中微生物的动态变化规律,综合分析不同辅料和加工工艺对微生物分布的影响。结果表明,明串珠菌属是蔬菜发酵食品发酵初期主要优势微生物,发酵至8天时明串珠菌数量达到最高,随着发酵时间的延长,明串珠菌数量逐渐降低,发酵至28天时酸菜明串珠菌数达到 3.5×10^2 cfu/mL,而辣白菜发酵20天后未检测到明串珠菌。酸菜发酵初期乳酸菌呈上升趋势,发酵至4天时数量达到 1.1×10^8 cfu/mL,发酵至28天时仍有乳酸菌检出。辣白菜中的乳酸菌发酵至8天时,数量达到 2.1×10^{10} cfu/mL,之后呈缓慢下降趋势,发酵至20天时,乳酸菌不再能检测到。因原料和加工工艺的不同,酸菜和辣白菜发酵过程中的明串珠菌数量和乳酸菌数量变化有显著性差异($p < 0.01$)。随着发酵时间的延长,酸菜和辣白菜的pH值均呈明显的下降趋势,东北酸菜的pH在发酵过程中由5.46下降到了3.61,朝鲜族辣白菜的pH由5.73下降到了3.74,且辣白菜的pH值下降速度显著高于酸菜。

关键词:东北酸菜;朝鲜族辣白菜;微生物;乳酸菌

中图分类号:TS255.5;TS201.3 文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2019)03-0074-04

Changes of Microorganism in Pickled Cabbage and Kimchi Fermentation

LIU Changlei¹, MIAO Chengyuan¹, WEN Yuping¹, JIANG Meina¹, CUI Taihua^{1,2*}, JIN Qing^{1,2*}

(1. College of Agronomy, Yanbian University, Yanji 133002; 2. Food Research Center of Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: Pickled cabbage and kimchi are traditional fermented vegetables manufactured by using the Chinese cabbage as a main raw material. Because of the difference in their processing techniques, the microbial communities of the fermentation system are different, and thereby the flavor characteristics and texture are also different. The study used the cabbage as the main raw material to prepare pickled cabbage and kimchi respectively. Dynamic changes of microorganism during processing was studied and effect of accessories and processing technology on distribution of microorganism analyzed. The results showed that at the beginning of fermentation leuconostoc was the superior microorganism, and it was the highest at 8 days, then it decreased as fermentation prolonged. At 28 days of fermentation, leuconostoc in pickled cabbage was 3.5×10^2 cfu/mL. At 20 days of fermentation, no leuconostoc was found in kimchi. Lactobacillus in pickled cabbage increased at the beginning, and it reached 1.1×10^8 cfu/mL at 4 days, and it could be found until 28 days of fermentation. Lactobacillus in kimchi reached 2.1×10^{10} cfu/mL at 8 days, then it decreased slowly, and it could not be found at 20 days. As the accessories and processing technology was different, leuconostoc and lactobacillus in fermentation of pickled cabbage and kimchi changed significantly different ($p < 0.01$). As fermentation prolonged, pH of pickled cabbage and kimchi decreased significantly, pH of pickled cabbage decreased from 5.46 to 3.61, and pH of kimchi decreased from 5.73 to 3.74. pH of kimchi decreased more rapidly

收稿日期:2019-01-17

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金项目(31660452);吉林省科技厅自然科学基金项目(20170101054JC)

作者简介:刘长蕾(1998-),女,在读硕士,主要从事食品微生物发酵研究。

通讯作者:金 清,女,博士,教授,E-mail: jinqing@ybu.edu.cn

than pickled cabbage.

Key words: Pickled cabbage; Kimchi; Microorganism; Lactobacillus

蔬菜发酵食品是通过附着在蔬菜表面的天然有益微生物进行缓慢的发酵产酸从而得到的发酵制品^[1-3]。蔬菜发酵过程是微生物发生动态变化的过程,不同种类的蔬菜发酵食品有着不同的发酵微生物,并且它们在蔬菜发酵的不同阶段有着不一样的群落结构^[4-6]。

东北传统蔬菜发酵食品—东北酸菜和朝鲜族辣白菜都是以大白菜为主要原材料,但是所使用的辅料和制作工艺不同。东北酸菜主要是在低浓度盐水中浸泡发酵,而朝鲜族辣白菜则是经过初腌制后加入辣椒粉、绵白糖、糯米粉、食用盐、鱼露和虾酱等一系列调味品后进行发酵,两者发酵体系中的发酵微生物也有差异^[7-11]。

本文以白菜为主要原料分别制作东北酸菜和朝鲜族辣白菜后,放置在相同环境条件进行发酵,研究两种发酵食品的微生物动态变化,综合分析辅料以及加工工艺的不同对微生物分布有何影响,为东北酸菜和朝鲜族辣白菜的品质提升和产业化发展奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大白菜、辣椒粉、绵白糖、糯米粉、食用盐、鱼露、虾酱、葱、姜、蒜、芝麻、味精、牛肉粉调料等均购买于当地超市。

营养琼脂培养基、MRS 琼脂培养基和苯乙醇琼脂培养基购于青岛高科园海博生物技术有限公司;蔗糖、氢氧化钠(分析纯)均购于天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 设备与仪器

电子分析天平(FA1104,上海天平仪器有限公司);电热恒温培养箱(DNP-9082BS-Ⅲ,上海新苗医疗设备有限公司);超净工作台(SW-CJ-IFD,上海新苗医疗器械机械制造有限公司);高压灭菌锅(SX-700,日本 TOMY 公司);数字酸度计(PHS-3C,上海鹏顺科学仪器有限公司);冷藏箱(SC-230,青岛澳柯玛有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 东北酸菜的制作

东北酸菜的制作采用传统自然发酵方法,将鲜嫩白菜(约 2.5 kg/棵)晾晒两天后进行修整、清洗后层层摆入缸中,层层压实,摆放时每层都要撒入食盐(1 kg/100 kg 白菜)。码好后用腌菜的石头将其压实,注入冷水漫过白菜,密封缸口,在 15℃发酵 28 d,定时取样^[12-13]。

1.3.2 朝鲜族辣白菜的制作

选取适当大小的鲜嫩白菜(每颗 2.5 kg 左右),在白菜梗上撒适量的盐后放入 10% 盐水中腌制 24 h。腌制结束用清水洗净沥干。萝卜切成丝,韭菜和葱白切成 4 cm 片段,大蒜、生姜搅碎。辣椒面温水泡开再放入虾酱和鱼露。经前处理的辅料按表 1 的配料比(用 100 kg 白菜制作朝鲜族辣白菜时的配料量)加入后混合均匀,作成拌料。掀开腌制清洗后的白菜,将拌料均匀地涂抹在叶片之间,最后用外层叶片将整个白菜包裹住放到准备好的容器中并压实,最后密封缸口,在 15℃的条件下发酵 28 d,定时取样^[8]。

表 1 辣白菜拌料配料表

100 kg 白菜

原料	食盐	大蒜	生姜	萝卜	大葱	虾酱	白糖	韭菜	辣椒面	鱼露	苹果梨
重量	500 g	1.5 kg	340 g	14 kg	2 kg	850 g	2 kg	68 g	1 kg	700 g	少许

1.3.3 细菌总数、乳酸菌及明串珠菌数的测定

微生物检测采用平板稀释法。将发酵汁液 10 倍递增梯度稀释,选适宜稀释度均匀涂布于固体培养基中。营养琼脂培养基用于细菌总数的测定,在 37℃恒温培养 48 h 后计数。MRS 琼脂培养基用于乳酸菌总数的测定,在 30℃恒温培养 48 h 后选取具有典型乳酸菌菌落特征的菌落进行计

数。加 2% 蔗糖的苯乙醇琼脂培养基用于明串珠菌数的测定,在 30℃恒温培养 24 h 后,选取产生黏性透明状物质的菌落进行计数^[12-17]。

1.3.4 pH 的测定

取 10 mL 发酵汁液,用酸度计测定 pH 值。

1.4 数据处理

数据分析使用 SPSS 22.0 软件。

2 结果与数据分析

2.1 东北酸菜和朝鲜族辣白菜在发酵过程中明串珠菌数的变化

在发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜明串珠菌数的变化如图1所示。

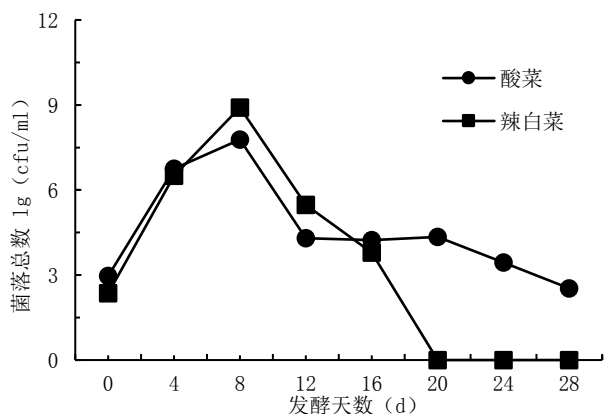


图1 东北酸菜和朝鲜族辣白菜发酵过程中明串珠菌数的变化

明串珠菌是异型发酵乳酸菌的一种,在发酵过程中能够代谢生成二氧化碳、多种风味化合物、特殊的活性成分、细菌素,还具有潜在的益生效果。在蔬菜发酵食品发酵初期明串珠菌属为主要优势微生物,能够改善产品的风味、功能性、组织状态和贮存期^[7-8]。发酵初期酸菜和辣白菜中明串珠菌大量生长繁殖,菌数急剧增加,到发酵8天时达到最高,说明发酵初期明串珠菌大量繁殖且产酸。但是随着乳酸的积累,pH值的降低,逐渐超出了明串珠菌对于酸度的耐受程度,抑制了明串珠菌生长,菌数随发酵进行逐渐降低。东北酸菜发酵至8天时,明串珠菌数量达到 6.1×10^7 cfu/mL,随着发酵时间的延长和乳酸的积累,明串珠菌数量逐渐降低,发酵至28天时明串珠菌数量达到 3.5×10^2 cfu/mL。朝鲜族辣白菜发酵至8天时明串珠菌数量达到 8.3×10^9 cfu/mL,8天之后明串珠菌数迅速降低,发酵至20天时未检测到明串珠菌。这是由于辣白菜中添加各种辅料,糖类营养物质浓度较酸菜高,发酵初期更适合明串珠菌的发酵,随着发酵的进行,产酸量比酸菜多,明串珠菌数迅速减少。酸菜和辣白菜发酵过程中的明串珠菌数量变化有显著性差异($p < 0.05$)。

2.2 发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜乳酸菌数的变化

乳酸菌是指发酵碳水化合物产生乳酸的一类无芽孢、革兰氏阳性细菌的总称。东北酸菜和朝

鲜族辣白菜等蔬菜发酵食品的发酵过程是以乳酸菌发酵为主的微生物发酵,乳酸菌在发酵过程中能够有效地分泌乳酸菌素,从而产生二氧化碳、乳酸、酒精等代谢产物,这些产物会直接影响产品的风味、组织状态、营养价值和功能特性,改变食品的品质和风味。乳酸菌产生的乳酸可有效地抑制腐败菌或者致病菌的生长,当乳酸积累到了一定浓度,也会抑制乳酸菌自身增长的速度。因此,乳酸菌数以及乳酸发酵的优劣程度直接关系到产品的质量^[18-19]。

东北酸菜和朝鲜族辣白菜自然发酵过程中乳酸菌数量的变化如图2所示。

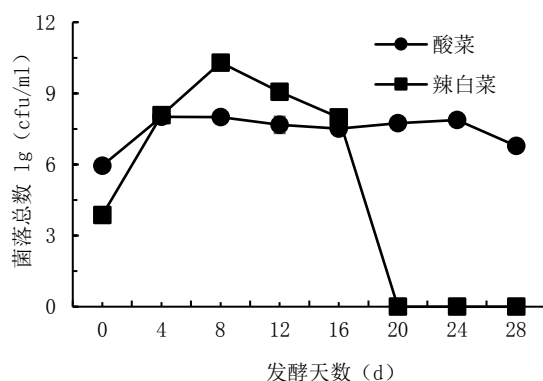


图2 东北酸菜和朝鲜族辣白菜发酵过程中乳酸菌数的变化

发酵初期,乳酸菌利用发酵体系中的糖类营养物质繁殖并积累大量乳酸。酸菜发酵初期乳酸菌呈上升趋势,发酵至4天时数量达到 1.1×10^8 cfu/mL,之后数量趋于平稳,发酵至28天时,乳酸菌数量在 6.1×10^6 cfu/mL,说明乳酸菌仍然正在进行发酵。辣白菜中的乳酸菌在0天至8天时显著上升,发酵至8天时,数量达到 2.1×10^{10} cfu/mL,从第8天开始乳酸菌呈缓慢下降趋势,随着乳酸含量的积累,pH值的下降,总酸含量的升高,逐渐超出乳酸菌耐受的酸度,发酵至20天时,乳酸菌不再能检测到。辣白菜发酵体系中的乳酸菌增长量显著高于酸菜,这是因为辣白菜中添加的调辅料多,糖等营养物质含量较酸菜高,更适合乳酸菌的生长。随着时间的延长,pH值的降低,总酸的积累,体系中的微生物可能也逐渐由最初的以明串珠菌属为主的异型乳酸发酵为主转变为植物乳杆菌等同型乳酸发酵为主的微生物。酸菜和辣白菜发酵过程中的乳酸菌数量变化有显著性差异($p < 0.05$)。

2.3 发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜细菌总数的变化

自然发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜细菌数量的变化如图3所示。

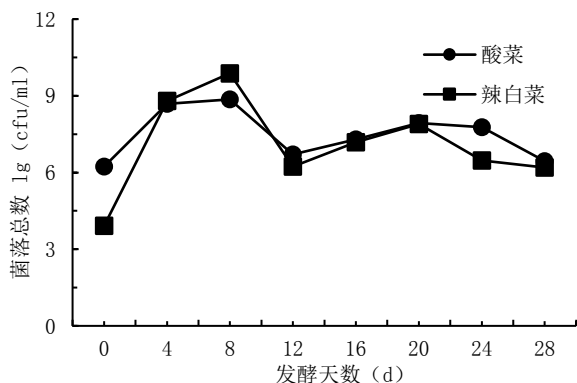


图3 发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜细菌总数的变化

在发酵过程中,酸菜和辣白菜的细菌总数的变化趋势基本一致,初始时随着发酵的开始,乳酸菌开始大量生长繁殖,酸菜和辣白菜发酵体系中的细菌总数也呈上升趋势,8天时达到最高,因酸菜和辣白菜发酵初期主要以乳酸菌发酵为主,所以细菌总数变化与乳酸菌的变化趋势相同。8天以后有小幅度的下降,这是因为随着乳酸的积累,乳酸菌的增长被抑制而菌数减少所致。之后东北酸菜的细菌还是以乳酸菌发酵为主,细菌变化与乳酸菌变化趋势相同。在朝鲜族辣白菜发酵过程中虽然发酵20天以后已经检测不到乳酸菌,但仍存在大量细菌。这是因为朝鲜族辣白菜发酵过程中随着乳酸的积累乳酸菌的生长受到抑制,其他耐酸性细菌快速繁殖所致。

2.4 发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜pH的变化

自然发酵过程中东北酸菜和朝鲜族辣白菜pH值的变化如图4所示。

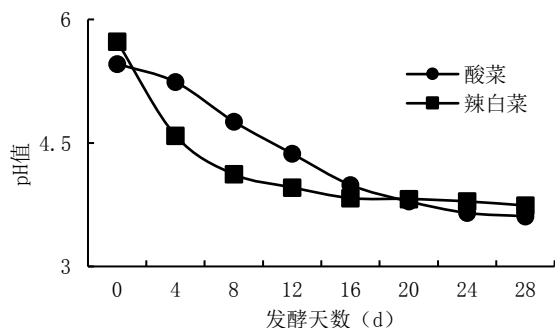


图4 自然发酵过程中pH值的变化

在东北酸菜和朝鲜族辣白菜发酵过程中,pH值的变化是重要指标之一,对于发酵体系有着重要的影响。pH值的变化影响着微生物的群落动

态变化以及代谢产物的积累,酸菜和辣白菜中的营养成分也会随着pH值的变化而发生变化。在蔬菜发酵过程中,微生物种类繁多,但是乳酸菌对于pH值的变化起着主要的影响,同时pH值的降低对于不同微生物也有着不同的影响^[20]。

随着发酵时间的延长,两组发酵蔬菜的pH值均呈明显的下降趋势,且在第0天到第16天的时候,朝鲜族辣白菜的pH值下降速度明显高于酸菜pH值的下降速度。这说明发酵前期在同等发酵条件下,朝鲜族辣白菜的整个发酵体系比酸菜的发酵体系更适合乳酸菌的生长,乳酸菌增长迅速,积累的乳酸增多,pH值极速下降。但是从第20天开始,朝鲜族辣白菜的pH值几乎不再发生明显的变化,而酸菜的pH值继续下降但趋势变缓。结合微生物变化,第20天开始朝鲜族辣白菜中不能检测到乳酸菌,其pH值没有变化,而东北酸菜中20天以后仍有乳酸菌存在,pH值还持续缓慢降低。

3 结 论

以白菜为主要原料分别制作东北酸菜和朝鲜族辣白菜后在相同环境条件下进行发酵,分析微生物变化的结果表明:明串珠菌属是蔬菜发酵食品发酵初期主要优势微生物,发酵至8天时明串珠菌数量达到最高,随着发酵时间的延长,明串珠菌数量逐渐降低。酸菜发酵初期乳酸菌呈上升趋势,发酵至4天时数量达到最高,发酵至28天时仍有乳酸菌检出。辣白菜中的乳酸菌发酵至第8天时数量达到最高,发酵至20天时乳酸菌不再能检测到。因原料和加工工艺的不同,酸菜和辣白菜发酵过程中的明串珠菌数量和乳酸菌数量变化有显著差异。随着发酵时间的延长,酸菜和辣白菜的pH值均有较明显的下降趋势,且辣白菜的pH值下降速度明显快于酸菜。

参考文献:

- [1] Liu S, Han Y, Zhou Z. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods[J]. Food Research International, 2011, 44 (3): 643-651.
- [2] 邹慧芳,渠 畅,吴 昊,等.酸菜发酵过程中微生物多样性的研究进展[J]. 中国调味品,2013,38(11):107-112.
- [3] 李 啸.我国传统泡菜自然发酵与单菌发酵微生物及代谢特性研究[D].南昌:南昌大学,2014.
- [4] 荆雪娇.传统发酵蔬菜微生物群落结构分析[D].太原:山西大学,2016.

(上接第77页)

(下转第82页)

碍了农村社会治理的创新和发展。破解这些困境,加快农村社会治理的“三化”建设,要拓宽融资渠道,加大资金扶持,培育农民生态意识,传承和发扬乡村文化,加大公共文化服务设施建设力度,坚持完善党委领导、政府主导、社会协同、公众参与、法制保障的农村社会治理体系^[14],将秦安县乡村建设成为一个农业产业兴旺、生态宜居、乡风文明、生活富裕的美丽乡村。

参考文献:

- [1] 乡村振兴的决策部署[J]. 人民论坛, 2018(12): 70-73.
- [2] 负顺香. 秦安县水资源管理现状及对策[J]. 甘肃农业, 2019(2): 110-111.
- [3] 胡铭焄. 精准扶贫背景下陕南反贫困路径研究[J]. 东北农业科学, 2018, 43(4): 57-61.
- [4] 王昌森, 董文静. 乡村振兴战略下农业可持续发展政策的完善路径研究—以山东省为例[J]. 东北农业科学, 2018, 43(4): 48-52.
- [5] 潘 杨. 美丽乡村建设背景下农村生态环境治理问题研究[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2018.
- [6] 戚晓明. 乡村振兴背景下农村环境治理的主体变迁与机制创新[J]. 江苏社会科学, 2018(5): 31-38.
- [7] 孙志国, 刘 红, 熊晚珍, 等. 湖北省武陵山片区智力精准扶贫与乡村振兴战略研究—基于涉农专利与农业科技创新[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(16): 120-124, 127.
- [8] 熊友平. 湖州市乡村旅游发展的资源因子及其提升路径研究—基于灰色关联度分析的视角[J]. 东北农业科学, 2018, 43(6): 53-57.
- [9] 吴理财, 解胜利. 文化治理视角下的乡村文化振兴: 价值耦合与体系建构[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2019(1): 16-23, 162-163.
- [10] 宋 宏, 顾海蔚. 乡村振兴背景下农业特色小镇可持续发展影响因素研究[J]. 东北农业科学, 2019, 44(2): 75-80.
- [11] 樊 凡, 刘 娟. 从围观走向行动: 乡村振兴战略背景下农村社会研究范式的转型—兼谈学术何以能中国[J]. 中国农村观察, 2019(1): 129-143.
- [12] 袁婵婵. 中国农村居民参与社会治理研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2015.
- [13] 张飞霞. 乡村振兴背景下农村社会治理法治化建设研究—以重庆市巴南区为例[J]. 学理论, 2018(5): 60-61.
- [14] 田 鹏. 产业扶贫何以可能—湖南省怀化市“四跟四走”精准扶贫模式的启示[J]. 东北农业科学, 2018, 43(1): 59-64.
- [5] 何 扩, 张秀媛, 李育峰, 等. 泡菜优质乳酸菌的筛选及其产酸性能鉴定[J]. 中国调味品, 2012, 37(11): 48-49.
- [6] 孟令帅, 张 颖, 邹婷婷, 等. 辣白菜中乳酸菌的分离鉴定[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 130-133.
- [7] 李冬梅, 郝婷婷, 李 玲, 等. SDS-PAGE电泳法分析酸菜中乳酸菌分布[J]. 食品科技, 2013, 38(9): 258-261.
- [8] 李冬梅, 白月娥, 李 玲, 等. SDS-PAGE电泳法分析朝鲜族辣白菜中乳酸菌分布[J]. 食品科技, 2012, 37(11): 10-13.
- [9] Miyamoto M, Seto Y, Dong H H, et al. *Lactobacillus harbinensis* sp. nov. consisted of strains isolated from traditional fermented vegetables ‘Suan cai’ in Harbin, Northeastern China and *Lactobacillus perolens* DSM 12745[J]. Systematic & Applied Microbiology, 2005, 28(8): 688-694.
- [10] 尼海峰, 邓 冕, 冯月玲. 东北酸菜产业现状与发展对策[J]. 中国调味品, 2011, 36(6): 10-12.
- [11] 金 清. 朝鲜族传统发酵食品的营养保健功能[J]. 延边大学农学学报, 2004(3): 208-212.
- [12] 刁亚娟, 白胡木吉力图, 霍玉洁. 传统方法腌制酸菜和塑料瓶腌制酸菜的腌制工艺的比较[J]. 食品工程, 2017(2): 6-7.
- [13] 王锦鑫, 郭 华, 刁全平, 等. 传统东北酸菜腌制工艺及亚硝酸盐生成规律的研究[J]. 山东化工, 2017, 46(16): 3-4.
- [14] 杨晓晖, 籍保平, 李 博, 等. 泡菜中优良乳酸菌的分离鉴定及其发酵性能的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(5): 130-133.
- [15] 林龙镇, 邹卫玲, 李安章, 等. 产酸、耐酸乳酸菌的分离鉴定及益生特性[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(2): 95-102.
- [16] 凌代文. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法[J]. 微生物学通报, 1999(1): 23.
- [17] 张 平, 张鹏飞, 刘斯琪, 等. 自然发酵豆酱中明串珠菌的分离鉴定[J]. 食品科学, 2018, 39(22): 110-115.
- [18] 闫 征, 王昌禄, 顾晓波. pH值对乳酸菌生长和乳酸产量的影响[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(6): 35-38.
- [19] 刘香英, 田志刚, 范杰英, 等. 大豆品种籽粒品质与酸豆奶品质相关性研究[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 100-105.
- [20] 闫 征, 王昌禄, 顾晓波. pH值对乳酸菌生长和乳酸产量的影响[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(6): 35-38.