

酱腌菜中亚硝酸盐控制技术研究进展

杨颖¹, 王望舒², 吴裕健¹, 张然¹, 刘伟¹

(1. 山东省食品药品检验研究院, 济南 250101; 2. 山东智行检测

技术服务有限公司, 济南 250014)

摘要: 酱腌菜是一种传统的蔬菜加工制品, 以其独特的风味、口感、营养深受消费者喜欢。然而酱腌菜在生产过程中不可避免会产生亚硝酸盐, 影响了产品的质量安全。在分析酱腌菜中亚硝酸盐来源的基础上, 文章对目前酱腌菜中亚硝酸盐控制技术的应用进行了综述, 介绍了控制发酵加工条件、采用微波或超高压处理、添加亚硝酸盐清除物质以及人工接种发酵等技术, 为人们有效控制酱腌菜中亚硝酸盐含量、提升产品品质提供了参考。

关键词: 酱腌菜; 亚硝酸盐; 乳酸菌; 抗氧化剂; 控制技术

中图分类号: TS255.53

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.10.046

文章编号: 1000-9973(2020)10-0197-04

Research Progress on Control Technology of Nitrite in Pickles

YANG Ying¹, WANG Wang-shu², WU Yu-jian¹, ZHANG Ran¹, LIU Wei¹

(1. Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250101, China; 2. Shandong Zhixing Testing Technology Service Co., Ltd., Jinan 250014, China)

Abstract: As a kind of traditional vegetable processing products, pickles are favored by consumers due to their unique flavor, taste and nutrition. However, nitrite is produced during the production of pickles inevitably, which affects the quality and safety of the products. In this paper, on the basis of analyzing the source of nitrite in pickles, the present research and application of control technology of nitrite in pickles are reviewed, the technologies such as controlling fermentation processing conditions, adopting microwave or ultra-high pressure treatment, adding nitrite scavengers and other artificial inoculation fermentation, which has provided reference for people to effectively control the content of nitrite in pickles and improve the quality of product.

Key words: pickles; nitrite; lactic acid bacteria; antioxidants; control technology

1 概述

我国是世界上蔬菜产销大国, 利用蔬菜制作酱腌菜在我国有着悠久的历史, 不仅可以缓解淡季蔬菜供应不足的问题, 而且可以减少蔬菜产后的损失率, 带动蔬菜加工产业的发展。酱腌菜在我国有着广泛的消费基础, 其产品种类丰富, 常见的有泡菜、酸菜、酱菜、榨菜等多种形式, 不仅风味各异、口感鲜脆、增进食欲, 而且含有多种营养与功效成分, 如泡菜具有清洁肠道、抗菌、抗癌、抗衰老、减肥、预防脑溢血和动脉硬化等作用^[1]。

然而酱腌菜生产过程中不可避免地会产生亚硝酸盐。亚硝酸盐会降低血液携氧能力, 导致高铁血红蛋白症, 从而引起身体组织缺氧^[2]; 与食品中的胺反应生成强致癌物质 N-亚硝基化合物^[3]; 同时斑马鱼试验结果表明亚硝酸盐具有一定的致畸性, 可以导致发育缺陷^[4]。因此, 降低酱腌菜中亚硝酸盐的含量是提高酱腌菜品质、保证其安全性的一项重要措施。本文对目前酱腌菜中降低亚硝酸盐含量的主要控制技术进行了综述。

2 酱腌菜中亚硝酸盐的来源

酱腌菜是由蔬菜加工制作而成, 而蔬菜体内都有一定量的硝酸盐。植物吸收氮素后可形成硝酸盐, 并在蔬菜体内进行一定的积累, 氮肥的使用更是加大了硝酸盐在植物体内的积累。蔬菜种类不同, 硝酸盐含量差别较大, 一般叶菜类、根茎类蔬菜的硝酸盐含量较高^[5]。

在腌渍过程中, 蔬菜中的硝酸盐会被细菌的硝酸还原酶作用转化为亚硝酸盐。蔬菜表面以及腌制器具等会含有一定量杂菌, 在腌渍发酵初期, 由于乳酸菌尚未形成优势菌种, 乳酸发酵缓慢, 体系 pH 较高, 杂菌生长相对迅速, 很多杂菌为硝酸还原阳性菌, 如革兰氏阴性菌、肠道细菌等, 可以将硝酸盐还原为亚硝酸盐, 因此蔬菜腌渍过程中不可避免会形成亚硝酸盐。

随着发酵的进行, 乳酸菌逐渐成为优势菌, 乳酸菌的代谢活动使得发酵环境中氧气减少, pH 值下降, 不再有利于产生硝酸盐的需氧硝酸还原菌生存, 乳酸菌不断降解环境中生成的亚硝酸盐。张庆芳等^[6]研究发现乳

收稿日期: 2020-04-16

作者简介: 杨颖(1980-), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向: 食品安全。

酸菌对亚硝酸盐的降解分为两个阶段。发酵初期, pH 值 >4.5 时, 乳酸菌对亚硝酸盐降解以酶降解为主; 发酵后期, 乳酸菌发酵产酸量增多, pH 值降低至 <4.0 后, 主要以酸降解为主。王一茜等^[7]研究发现不同乳酸菌抑制亚硝酸盐产生的机理不同, 短乳杆菌产酸弱, 但降解亚硝离子能力最强, 可能与该菌有亚硝酸盐还原酶基因有关; 鼠李糖乳杆菌产酸能力较强, 但是无亚硝酸盐还原酶基因, 主要靠酸降解亚硝酸盐; 植物乳杆菌与短乳杆菌亲缘相近, 在发酵初期以亚硝酸盐还原酶降解为主, 但同时该菌又有较强的产酸能力, 可以快速产酸, 降低环境 pH 值至低于 4.0, 进入酸降解阶段。除了酸解和酶降解, 乳酸菌还可以代谢产生有机酸、细菌素、短链脂肪酸甚至活性肽等多种抗菌化合物, 如从泡菜中分离出来的棒状乳杆菌 BBE-H3 具有较高的亚硝酸盐降解能力, 其产生的活性抗菌成分可以抑制多种革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌^[8]。

酱腌菜发酵过程中亚硝酸盐含量呈现先上升后下降的趋势, 形成“亚硝峰”。峰值的大小以及出现的时间与原料、发酵温度、食盐浓度、发酵菌种以及 pH 值、操作条件等有关。酱腌菜中亚硝酸盐的含量很大程度上取决于初始发酵阶段有害菌的控制以及乳酸菌的生长速度。

3 降低酱腌菜中亚硝酸盐含量的控制措施

3.1 控制发酵加工条件

3.1.1 控制食盐浓度

自然腌渍发酵初期, 乳酸菌尚未大量繁殖, 主要靠食盐渗透压来进行抑菌, 食盐浓度低则高渗透压作用低, 抑制杂菌生长及硝酸还原酶活性的能力降低, 但是食盐浓度过高则抑制乳酸菌的生长以及亚硝酸盐还原酶的活性。因此, 需要根据产品发酵特点选择最适的食盐浓度。Mözcán^[9]研究认为食盐浓度在 5%~10% 之间有利于乳酸菌发酵刺山柑, 低于 5% 时抑菌作用减弱。人工接种乳酸菌发酵时, 食盐添加量越多, 对发酵剂乳酸菌的抑制越强, 产酸量较少, 亚硝酸盐含量降低缓慢, 应结合口感、总酸、亚硝酸盐含量综合考虑食盐添加量^[10]。

3.1.2 控制发酵温度

发酵温度高, 乳酸菌繁殖速度快, 产酸量也上升, 对杂菌的抑制能力也强。杂菌繁殖数量减低会减少亚硝酸盐形成, 同时生成乳酸也会对亚硝酸盐进行降解。但是温度过高, 一方面会导致发酵过快, 不利于风味物质的形成, 另一方面会产生丁酸细菌发酵, 生成难闻的气味, 因此应综合考虑选择发酵温度。

3.1.3 控制发酵起始 pH

酱腌菜发酵过程中低的 pH 值可以抑制有害菌的生长, 不利于亚硝酸盐的生成, 另一方面亚硝酸盐遇酸后生成亚硝酸, 亚硝酸不稳定, 易进一步分解, 因此酸含量越高, pH 越低, 亚硝酸盐含量越低。何淑玲^[11]研究发现 pH 5.0 是硝酸盐还原酶的启动点, pH 4.5 及以下能够抑制硝酸还原酶的活性, 加速亚硝酸盐降解。柠檬酸、醋酸等常用作酸性物质调节体系 pH、降低亚

硝酸盐含量。除此以外, 草酸、酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸、丁二酸、乙酸等均有降解亚硝酸盐的能力, 其中草酸的降解能力最显著^[12]。

3.1.4 保持厌氧条件

硝酸还原菌是需氧菌, 乳酸菌是厌氧菌, 保持发酵厌氧条件有利于乳酸菌的生长繁殖, 因此发酵过程中需将蔬菜排紧压实、卤液淹没菜体, 发酵坛口水封。在发酵过程中采用减压处理, 可以减少发酵环境中的真空度, 降低氧的含量。王世宽等^[13]对泡菜发酵容器进行了改造, 可以实现对发酵过程的减压处理, 随着真空度的增大, 乳酸菌生长繁殖加速, 体系 pH 值迅速降低, 亚硝酸盐含量不断降低。

3.2 其他物理处理方式

3.2.1 微波处理

少数研究表明适当的微波处理可以降低亚硝酸盐含量。张少颖^[14]研究发现在甘蓝发酵前使用 90 W 的低功率微波处理 30 s, 甘蓝泡菜中亚硝酸盐含量升高, 但是随着微波处理强度增加, 亚硝酸盐含量降低, 当功率 450 W、加热时间 20 s 时, 亚硝酸盐含量最低。低强度微波处理时, 硝酸还原酶被激活, 硝酸盐含量上升; 微波处理强度增大后, 温度升高, 硝酸还原酶蛋白开始变性, 酶活力降低或丧失。另外, 在微波处理下, 蔬菜内部细胞结构被破坏, 细胞内部分可以阻断亚硝酸盐生成的酚类、维生素、生物类黄酮等溶出, 导致亚硝酸盐含量降低。

3.2.2 超高压处理

超高压具有一定的灭菌、灭酶效果, 在一定的压力作用下可以降低酱腌菜中亚硝酸盐含量。张恩广^[15]研究表明低盐渍莴笋经 300 MPa 压力、15 min、25 °C 的超高压处理后, 亚硝峰降低 65.24%。分析其原因为硝酸盐还原酶活性比亚硝酸盐还原酶活性对压力更为敏感, 随着压力的升高, 硝酸还原酶活性降低。压力 ≤ 300 MPa 时, 超高压还保留亚硝酸盐还原酶活力, 因此可以抑制亚硝峰的产生; 当压力达到 400 MPa 时, 亚硝酸盐还原酶活性也降低, 亚硝峰峰值升高。目前超高压处理技术已在韩国等国家用于酱腌菜的商业化生产, 但由于其设备成本高、我国超高压设备性能相对落后等原因, 在我国尚未用于酱腌菜的实际生产。

3.3 添加亚硝酸盐清除物质

3.3.1 添加抗氧化物质

多项研究及应用表明抗氧化维生素、谷胱甘肽、茶多酚等抗氧化剂对亚硝酸盐具有良好的清除效果。抗氧化剂可以与亚硝酸盐发生氧化还原反应将其降解, 或者通过抑制硝酸还原酶的活性减少亚硝酸盐生成。维生素 A、维生素 C、维生素 E 3 种抗氧化性维生素均可以降低泡菜腌制过程中亚硝酸盐的含量, 且亚硝酸盐含量越高, 消减效果越好, 比较 3 种维生素, 维生素 C 的消减作用最强, 其次是维生素 E 和维生素 A^[16]。黄苇等^[17]研究表明抗坏血酸的添加量与亚硝酸盐的清除率呈非线性关系。抗坏血酸浓度较低时, 其含量与亚硝酸盐消除率呈显著的量效关系; 但随着抗坏血酸浓度增大, 消除速度变

缓,当浓度增至1.5 g/kg时,消除率可达89.67%,之后不再随抗坏血酸浓度增加而变化,趋于饱和。谷胱甘肽可以抑制硝酸还原酶活性,其巯基还可以与亚硝酸盐反应生成硫代亚硝酸盐酯,减少亚硝酸盐的含量。甘蓝泡菜添加低浓度谷胱甘肽时,硝酸还原酶活性和亚硝酸盐含量随着谷胱甘肽浓度的增大而降低,当谷胱甘肽浓度大于0.2%以后亚硝酸盐含量峰值变化不大。

多种抗氧化剂联合使用可以有协同增效作用,增强亚硝酸盐的清除效果。如抗坏血酸和柠檬酸有显著的增效作用,使用1.20 g/kg抗坏血酸、2.00 g/kg柠檬酸以及0.90 g/kg茶多酚,可以使腌芥菜中亚硝酸盐含量显著降低,并且无明显的亚硝峰^[18]。

3.3.2 添加辅料

很多食物含有一定的抗氧化、抗菌成分,添加特定的天然食物及其提取物可以促进亚硝酸盐的降解。研究表明,香辛料中含有酸、醛、丙酯、酮等抑菌成分^[19],在泡菜中加入适量姜、大蒜、八角、辣椒等复合香辛料,不仅可以调节酱腌菜的风味,而且可以通过香辛料的抑菌作用降低产品的亚硝酸盐含量^[20,21]。其中大蒜的亚硝酸盐清除效果最强,其清除机理的研究也相对较多。大蒜对多种微生物具有抑制和杀灭作用,被称为“天然植物广谱抗菌素”,可以很好地抑制硝酸还原菌繁殖引起的亚硝酸盐的增加;另外,大蒜含有巯基化合物,可以与亚硝酸盐反应生成硫代亚硝酸盐酯,降低亚硝酸盐含量^[22]。

除了上述辅料以外,宁夏枸杞、美味牛肝菌等食物都可以降低酱腌菜中亚硝酸盐的含量^[23,24]。美味牛肝菌中含有较高活性的亚硝酸盐还原酶,酱腌菜发酵过程中加入美味牛肝菌可以非常显著地降低亚硝酸盐的含量,最高降解率可达97.1%,且新鲜、冷冻保藏以及室温干燥的美味牛肝菌子实体均能够降低泡菜中亚硝酸盐的含量,但室温晾干的活性相对降低。将酱腌菜与降解亚硝酸盐能力较强的美味食品共同搭配发酵,可以既提升产品的口味,又降低产品的亚硝酸盐含量。

3.4 人工接种发酵

很多学者分离筛选出具有降解亚硝酸盐能力的乳酸菌菌株用于酱腌菜发酵,利用人工接种乳酸菌的方式可以显著降低亚硝酸盐的含量。如有学者^[25]从泡菜中分离出6种乳酸菌菌株,降解亚硝酸盐的能力均达97%以上。将其中的戊糖乳杆菌和肠膜明串珠菌作为泡菜的发酵剂,可以快速发酵产生乳酸,降低环境pH,抑制泡菜中硝酸盐还原菌生长,进而显著降低亚硝酸盐的形成。

通过引入一种或多种乳酸菌种发酵的方式均可以降低亚硝酸盐含量,多种菌种共同发酵时清除亚硝酸盐的能力更强。如将短乳杆菌AR123与商业发酵剂混合使用,可以在腌制过程中迅速降解泡菜和泡菜汁中的亚硝酸盐,降解速率大于单独使用短乳杆菌AR123或商业发酵剂,腌制过程中泡菜无明显亚硝峰^[26]。然而由于人工接种菌种相对单一,与酱腌菜风

味、香气形成的有关酶类相对较少,造成产品的口感、风味等与自然发酵相比还有一定的差距,在一定程度上制约着此类技术的应用,目前仅有少数大型企业采用乳酸菌发酵剂生产泡菜、酸菜等酱腌菜。研究人员应加强对优良菌种的筛选,并利用不同菌株的优势,在保持酱腌菜风味的基础上提升产品品质。

4 结语与展望

亚硝酸盐是影响酱腌菜安全性的一个重要指标,控制酱腌菜中亚硝酸盐含量是提高其质量品质的一个重要手段。通过控制酱腌菜发酵条件、使用微波或超高压处理、添加亚硝酸盐清除物质、采取人工接种发酵等方式均可以控制亚硝酸盐的含量。

目前我国酱腌菜粗加工、作坊式生产与现代化、规模化生产并存,但是整体行业标准化程度较低,受自然条件、操作卫生条件、人员技术水平的限制影响,产品质量不稳定。应加强对酱腌菜生产标准化研究与管理,通过标准化生产条件控制生产过程中亚硝酸盐含量,从源头上减少亚硝酸盐的产生;同时加强对新技术、新工艺的研究与应用,如加强对优良乳酸菌种的筛选与人工发酵应用,在保证其丰富营养、独特口味的同时,不断满足人们对安全、健康的需求。

参考文献:

- [1]李书华,蒲彪,陈封政.泡菜的功能及防腐研究进展[J].中国酿造,2005(4):6-8.
- [2]Sohn C H, Seo D W, Ryoo S M, et al. Life-threatening methemoglobinemia after unintentional ingestion of antifreeze admixtures containing sodium nitrite in the construction sites[J]. Clinical Toxicology, 2014, 52(1): 44-47.
- [3]Della Valle C T, Xiao Q, Yang G, et al. Dietary nitrate and nitrite intake and risk of colorectal cancer in the Shanghai Women's Health Study[J]. International Journal of Cancer, 2014, 134(12): 2917-2926.
- [4]Keshari V, Adeeb B, Simmons A E, et al. Zebrafish as a model to assess the teratogenic potential of nitrite[J]. Journal of Visualized Experiments, 2016, 108: e53615.
- [5]王丰.蔬菜中硝酸盐累积机制及控制方法研究[J].安徽农业科学, 2009, 37(27): 13028-13030.
- [6]张庆芳,迟乃玉,郑燕,等.乳酸菌降解亚硝酸盐机理的研究[J].食品与发酵工业, 2002(8): 27-31.
- [7]王一茜,荣金诚,王晓辉,等.常见乳酸菌降解亚硝酸盐机理探讨[J].食品与发酵工业, 2019, 45(8): 50-56.
- [8]Fang F, Feng T, Du G, et al. Evaluation of the impact on food safety of a *Lactobacillus coryniformis* strain from pickled vegetables with degradation activity against nitrite and other undesirable compounds[J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2016, 33(4): 623-630.
- [9]Mözcán. Pickling and storage of caperberries (*Capparis* spp.)[J]. Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und Forschung, 1999, 208(5): 379-382.
- [10]张二康,王修俊,王纪辉,等.发酵萝卜中亚硝酸盐含量影响因素分析[J].中国调味品, 2019, 44(9): 33-38.
- [11]何淑玲.泡菜发酵过程中亚硝酸盐生成和降解机理的研究[D].北京:中国农业大学, 2006.
- [12]商景天,王修俊,王继辉.有机酸对泡菜中亚硝酸盐的降解作用[J].食品与机械, 2018, 34(3): 73-78.

- [13]王世宽,冉燃,潘明,等.减压处理对泡菜乳酸菌及风味物质的影响[J].工业微生物,2010,40(2):46-48,52.
- [14]张少颖.不同处理方法对泡菜发酵过程中亚硝酸盐含量的影响[J].中国食品学报,2011,11(1):133-138.
- [15]张恩广.低盐渍莴笋超高压杀菌、保脆与亚硝峰抑制工艺研究[D].合肥:合肥工业大学,2016.
- [16]张翔宇,潘伟杰,金尚卉.抗氧化维生素消减亚硝酸盐作用的比较[J].中国调味品,2019,44(6):41-43.
- [17]黄苇,李远志,赵玲华,等.消除梅菜中亚硝酸盐的方法研究(上)[J].中国调味品,2003(6):22-25.
- [18]黄苇,李远志,赵玲华,等.消除梅菜中亚硝酸盐的方法研究(下)[J].中国调味品,2003(8):23-25.
- [19]赵梓萍.香辛调味品及其加工技术研究进展[J].中国调味品,2018,43(1):180-183.
- [20]周强,刘蒙佳,雷昌贵,等.乳酸菌发酵韩国泡菜工艺优化研究[J].中国调味品,2019,44(6):11-19.
- [21]周强,刘蒙佳,谭属琼,等.处理条件对大白菜发酵过程中总酸及亚硝酸盐含量的影响[J].中国调味品,2019,44(8):44-48.
- [22]刘瑾,燕平梅,邱建文,等.大蒜对发酵白菜中亚硝酸盐含量影响的研究[J].食品工程,2009(3):31-34.
- [23]Liao M, Wu Z Y, Yu G H, et al. Improving the quality of Sichuan pickle by adding a traditional Chinese medicinal herb *Lycium barbarum* in its fermentation[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 52(4):936-943.
- [24]Zhang W, Tian G, Feng S, et al. *Boletus edulis* nitrite reductase reduces nitrite content of pickles and mitigates intoxication in nitrite-intoxicated mice[J]. Scientific Reports, 2015, 5:14907.
- [25]Yan P M, Xue W T, Tan S S, et al. Effect of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the nitrite concentration of fermenting Chinese paocai[J]. Food Control, 2008, 19(1):50-55.
- [26]Xia Y, Liu X, Wang G, et al. Characterization and selection of *Lactobacillus brevis* starter for nitrite degradation of Chinese pickle[J]. Food Control, 2017, 78:126-131.

(上接第191页)

- [2]尹胜利,杜鉴,徐晨.乳酸菌的研究现状及其应用[J].食品科技,2012,37(9):25-29.
- [3]张甜,刘艳全,丁真真,等.传统发酵酸乳中乳酸菌的分离鉴定[J].中国调味品,2020,45(2):40-48.
- [4]魏宇欣.乳杆菌属(*Lactobacillus*)内13个新种的分类[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [5]王阶平,刘波,刘欣,等.乳酸菌的系统分类概况[J].生物资源,2019,41(6):471-485.
- [6]杜兰威,单蕊,赵蕾,等.乳酸菌的功能及其在食品工业中的应用[J].食品研究与开发,2019,40(13):221-224.
- [7]姜云芸,张健,杨贞耐.益生乳酸菌在乳制品中的应用研究进展[J].食品安全质量检测学报,2017,8(3):808-813.
- [8]许女,王佳丽,陈旭峰.优良乳酸菌的筛选、鉴定及在酸奶中的应用[J].中国食品学报,2019,19(2):98-107.
- [9]翟清燕,郑世超,李新玲,等.乳酸菌的分类鉴定及在食品工业中的应用[J].食品安全质量检测学报,2019,10(16):5260-5265.
- [10]李湘丽,袁廷香,闫吉美.乳酸菌在发酵香肠生产过程中的应用研究进展[J].食品与机械,2014,22(6):233-237.
- [11]赵玲艳,邓放明,杨抚林.乳酸菌的生理功能及其在发酵果蔬中的应用[J].中国食品添加剂,2004(5):77-80.
- [12]李晓忱.酸菜中乳酸菌分离鉴定的研究进展[J].鉴定与检测,2016(2):55-56.
- [13]苗君莅,陈有容,齐凤兰,等.乳酸菌在果蔬及谷物制品中的应用[J].现代食品科技,2005,21(4):129-132.
- [14]张菊华.乳酸菌发酵蔬菜汁的研究进展[J].饮料工业,2003(6):27-31.
- [15]李秀明,周伟,鲍佳彤,等.不同乳酸菌发酵剂对发酵红肠品质的影响[J].肉类研究,2019,33(7):7-13.
- [16]王子靖海,李家欣,朱运平,等.传统发酵豆腐酸浆中高产乳酸菌的分离鉴定及特性分析[J].中国酿造,2019,38(12):14-19.
- [17]胡锦涛,吴曼铃,时瑞,等.乳酸菌在发酵鱼制品加工中的应用研究概述[J].食品与发酵工业,2020(9):289-293.
- [18]An C, Takahashi H, Kimura B, et al. Comparison of PCR-DGGE and PCR-SSCP analysis for bacterial flora of Japanese traditional fermented fish products, Aji-Narezushi and Iwashi-Nukazuke[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(11):1796-1801.
- [19]杜海,邢敏钰,徐岩.芝麻香型白酒酿造过程中乳酸菌分离及其碳源利用特征[J].食品与发酵工业,2018,44(1):13-18.
- [20]李萌,徐一涵,张建华.乳酸菌发酵对淀粉类食品品质的影响[J].中国酿造,2020,39(2):13-18.
- [21]吴万林,余元善,肖更生,等.蓝莓汁乳酸菌发酵特性的研究[J].现代食品科技,2020,36(3):1-8.
- [22]邝格灵,张洁,孔德华.植物乳杆菌与解淀粉芽孢杆菌对食醋风味的影响[J].中国酿造,2018,37(6):25-29.
- [23]陈申习,唐洁,张龙,等.清香型小曲白酒机械化生产中微生物动态变化研究[J].中国酿造,2018,37(6):68-72.
- [24]张豪,章超桦,曹文红,等.传统鱼露发酵液中优势乳酸菌的分离、纯化与初步鉴定[J].食品工业科技,2013,34(24):186-188,194.
- [25]李智琪,史瑛,王萌萌,等.清香型白酒酒醅乳酸菌分离鉴定及其自溶特性研究[J].食品与机械,2020,36(3):14-18.
- [26]唐思,刘章武.醉鱼中菌种的分离筛选与鉴定研究[J].中国酿造,2010(12):120-123.
- [27]贺宇.豆腐酸浆中乳酸菌的分离鉴定及其在酸浆豆腐中的应用[D].无锡:江南大学,2018.
- [28]贾宇,董晨阳,张红星,等.唾液乳杆菌 M18-6 在发酵大豆蛋白体系中的应用[J].食品与发酵工业,2020,46(3):104-109.
- [29]Katoh K, Standley D M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7:improvements in performance and usability[J]. Molecular Biology and Evolution, 2013, 30(4):772-780.
- [30]Hall T. BioEdit 7.0. 5.3 Department of Microbiology, North Carolina State University. (online)available[J/OL]. <http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/Bioedit.html>, 2007.
- [31]Miller M A, Pfeiffer W, Schwartz T. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees[C]//2010 gateway computing environments workshop (GCE). Ieee, 2010:1-8.
- [32]Stamatakis A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies[J]. Bioinformatics, 2014, 30(9):1312-1313.