

# 东北酸菜的发酵工艺及使用食品抗氧化剂和防腐剂的必要性

李继文, 姜爱丽\*, 胡文忠\*, 帅婧雯, 杨 洁, 罗丽波, 史赵健

(大连民族大学生命科学学院, 大连 116600)

**摘 要:** 东北酸菜是一款非即食的发酵蔬菜产品, 在生产加工中因不允许使用食品添加剂而受到很大限制。经市场调研, 发现大部分东北酸菜企业仍采用自然发酵工艺, 针对东北酸菜产业的发展现状, 本文对此现状产生的原因进行了分析, 对发酵蔬菜的定义、东北酸菜自然发酵和工业发酵 2 种发酵工艺进行阐述, 讨论了酸菜中的有害物质, 并基于上述原因阐述了酸菜加工过程中适当使用食品抗氧化剂和防腐剂的必要性。为保证和改善酸菜产品的品质, 延长发酵酸菜的货架期, 确保其在消费市场上正常流通, 减小生产上的损失, 建议在 GB 2760-2014 食品添加剂使用标准在修订时, 允许工业化生产的东北酸菜合理使用适当的食品添加剂。

**关键词:** 东北酸菜; 发酵工艺; 抗氧化剂; 防腐剂; 必要性

## Discussion on the fermentation process of northeast sauerkraut and the necessity of using food antioxidant and preservative

LI Ji-Wen, JIANG Ai-Li\*, HU Wen-Zhong\*, SHUAI Jing-Wen, YANG Jie,  
LUO Li-Bo, SHI Zhao-Jian

(College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

**ABSTRACT:** As a non-ready fermented vegetable product, northeast sauerkraut is greatly restricted in production and processing because it does not allow using food additives. According to market research, it is found that most of the northeast sauerkraut enterprises still adopt natural fermentation technology. According to the development status of the northeast sauerkraut industry, this paper analyzed the reasons for this situation, described the definition of fermented vegetables, 2 kinds of fermentation processes including natural fermentation of northeastern sauerkraut and industrial fermentation, and discussed the harmful substances in the sauerkraut. Based on the above reasons, this paper discussed the necessity of proper use of food antioxidants and preservatives in sauerkraut processing. In order to ensure and improve the quality of sauerkraut products, prolong the shelf life of fermented sauerkraut, ensure its normal circulation in the consumer market, and reduce the loss of production, it is recommended that appropriate food additives be used in industrialized northeastern sauerkraut when the GB 2760-2014 food additive use

基金项目: 大连民族大学大学生创新创业项目(201712026433)

**Fund:** Supported by the University Innovation and Entrepreneurship Project of Dalian Nationalities University (201712026433)

\*通讯作者: 姜爱丽, 博士, 教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: jal@dlnu.edu.cn

胡文忠, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

\*Corresponding author: JIANG Ai-Li, Professor, College of Life Science, Dalian Minzu University, No.18, Liaohe West Road, Jinzhou New District, Dalian 116600, China. E-mail: jal@dlnu.edu.cn

HU Wen-Zhong, Professor, College of Life Science, Dalian Minzu University, No.18, Liaohe West Road, Jinzhou New District, Dalian 116600, China. E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

standard is revised.

**KEY WORDS:** northeast sauerkraut; fermentation process; antioxidant; preservative; necessity

## 1 引言

东北酸菜是东北地区的家常特色食物, 起源于老百姓冬储大白菜的一种方法, 常采用当地盛产的大白菜为原料, 发酵液为低盐清水, 极具东北地方特色<sup>[1]</sup>。酸菜中含有多种维生素、矿物质及活性乳酸菌和膳食纤维, 经常食用可降低胆固醇, 预防心脑血管疾病, 增加胃肠道有益菌, 预防便秘等<sup>[2,3]</sup>。

依据 GB 2760-2014《食品安全国家标准-食品添加剂使用标准》中的食品分类, 对发酵蔬菜制品定义为: 以新鲜蔬菜为原料, 加入盐和(或)其他调味料, 经微生物发酵制成的制品<sup>[4]</sup>。在 GB 2714-2015《食品安全国家标准 酱腌菜》中对酱腌菜的定义为以新鲜蔬菜为主要原料, 经腌渍或酱渍加工而成的各种蔬菜制品, 如酱渍菜、盐渍菜、酱油渍菜、糖渍菜、醋渍菜、糖醋渍菜、虾油渍菜、发酵酸菜和糟渍菜等<sup>[5]</sup>。东北酸菜是以白菜或甘蓝为原料添加一定浓度的食盐, 经乳酸菌充分发酵制得的蔬菜发酵制<sup>[6]</sup>。因此, 东北酸菜属于发酵蔬菜。东北酸菜在北方地区市场需求量大, 产品也日趋产业化, 为了保证产品质量, 本文对东北酸菜生产过程中添加食品添加剂的必要性进行了论述。结合行业发展现状, 为了更好地保障东北酸菜的品质和安全性, 建议在相关法律法规及标准修订阶段应提出合理使用食品添加剂的必要性。

## 2 东北酸菜发酵工艺

### 2.1 自然发酵

自然发酵, 即利用附着在蔬菜表面、泡制器皿以及泡制所用的水中的微生物进行发酵制得东北酸菜, 其中起主导作用的主要是乳酸菌, 同时伴有多种菌种参与发酵。其发酵工艺为: 选料、晾晒、清洗、烫漂、装缸、加盐水(2%)、压石头、封缸、发酵<sup>[7]</sup>。自然发酵的东北酸菜因其工艺传统, 加之天然的发酵条件, 使之具有质地脆嫩、口感酸爽的独特风味, 且保留了白菜原有的营养成分, 如维生素 C、氨基酸、膳食纤维等, 还具有醒酒去腻的特点<sup>[8,9]</sup>。由于是自然发酵, 不可避免地会受到许多因素的影响, 如生产季节、用盐量、操作卫生条件等, 容易导致发酵不良或发酵失败。此外, 采用自然发酵还存在着发酵周期长、发酵质量不稳定以及不利于工厂化、规模化及标准化生产等诸多弊端<sup>[10-12]</sup>。

### 2.2 工业发酵

工业发酵是运用人工筛选的发酵剂对表面经过全部

或者部分灭菌的新鲜蔬菜进行人工接种, 使其在适当温度下进行发酵的方式<sup>[13]</sup>。工业发酵通过直投或其他方式加入经过筛选制备好的单一乳酸菌或由 *Lactobacillus plantarum*、*Lactobacillus acidophilus* 等多种菌种复合的发酵剂, 其发酵工艺为: 选料、晾晒、清洗、烫漂(叶烫 1min、帮烫 2min)、冷却、装罐、接种发酵、压罐、灌水封罐、发酵<sup>[14-16]</sup>。工业发酵能够控制东北酸菜的发酵条件、加快发酵进程、缩短发酵周期, 但与自然发酵的东北酸菜相比, 风味单一, 口感欠佳, 且部分东北酸菜产品仍然存在涨袋、褐变等贮藏问题<sup>[17,18]</sup>。

## 3 酸菜中的有害物质

### 3.1 亚硝酸盐

东北酸菜因其独特的风味而受欢迎, 然而, 亚硝酸盐的积累是一个重要问题<sup>[19]</sup>。因大量使用化学肥料而存在于蔬菜中的硝酸盐在发酵过程中会被硝酸盐还原细菌(例如肠杆菌)还原为亚硝酸盐<sup>[20-22]</sup>。由于生产工艺本身固有的缺陷使得自然发酵和工业发酵生产的产品中均有一定的亚硝酸盐的残留, 这是限制酸菜产业化发展的一个关键性的问题<sup>[23]</sup>。亚硝酸盐不仅可干扰人体对维生素 A 的吸收, 导致人体出现心跳过速、血脂下降等症状, 还可与体内的仲胺生成致癌性极强的亚硝基化合物, 有致癌风险<sup>[24,25]</sup>。

目前酸菜中亚硝酸盐含量问题已被国内外报道, 研究发现, 虽然自然发酵和工业发酵得到的酸菜产品中亚硝酸盐含量均低于 20 mg/kg 的国家限量标准, 但是采用乳酸菌接种发酵酸菜可在 15 d 左右结束发酵, 而自然发酵法则需将生产周期控制在 30 d 以上, 且 2 种发酵方法中亚硝酸盐含量均呈现先升后降的趋势<sup>[5,26,27]</sup>。

### 3.2 其他有害物质

酸菜在生产与销售过程中, 最容易出现的质量问题就是褐变、霉变, 它会引起营养物质损失、组织破坏甚至产生有害物质, 这样就降低了商品档次, 大大妨碍了酸菜的工业化生产<sup>[28,29]</sup>。引起自然发酵酸菜变质的微生物主要为大肠杆菌、假单胞菌等细菌, 在发酵过程中, 可添加白酒或者食盐等物质抑制杂菌的生长<sup>[30,31]</sup>。研究发现, 有机酸可作为原始添加剂, 适量加入发酵液中, 通过改变发酵液 pH 值达到抑制杂菌生长的效果, 从而改善发酵酸菜腐烂、酸败问题, 间接提高发酵酸菜品质, 避免了蔬菜资源的损失及浪费<sup>[32]</sup>。

## 4 大部分东北酸菜企业采用自然发酵的原因

虽然目前工业发酵方式成为许多学者研究的青睐对象,但是酸菜作为一种民间传统美食,其市场上的生产方式还是以家庭作坊式为主,甚至许多规模较大的生产企业采用的也是自然发酵的生产方式<sup>[6]</sup>。经过市场调查,研究认为原因如下:

### 4.1 东北酸菜企业建厂时间早

东北酸菜作为一种历史悠久又深受百姓喜爱的传统食品,随着社会的发展,为满足其日益渐增的市场需求,催生出大批东北酸菜生产企业。通过大量市场调研发现,大部分东北酸菜生产企业成立于20世纪90年代左右。例如目前位居全国东北酸菜市场首位的黑龙江翠花蔬菜集团创始于1997年,沈阳榆园食品工业有限公司创建于1995年,铁岭市铁石调味品有限公司始建于1991年<sup>[33-35]</sup>。然而当时的工业发酵技术还处于实验阶段,无法满足生产需求,大多数东北酸菜企业一直延续自然发酵的工艺。

### 4.2 传统工艺根深蒂固,企业规模参差不齐

由于我国东北酸菜的生产工艺是从民间作坊式的传统工艺不断发展而成,因此传统工艺对生产企业及消费者的影响根深蒂固,机械化普及程度低,大部分工厂仍以劳动密集型为主<sup>[36]</sup>。加工企业酸菜生产规模参差不齐,一部分产能大的企业年产过万吨,绝大部分企业年产能可在1000吨以上,有些企业产能达几百吨,一小部分规模小的生产企业年产能仅有几十吨<sup>[6]</sup>。这些原因都导致工业发酵工艺一时难以投入生产。

### 4.3 科研成果在实际运用中的推广不足

我国学者很早就开展了传统发酵蔬菜方面的研究,并对其中的优良乳酸发酵菌株进行了分离和鉴定,开发了发酵蔬菜专用的乳酸发酵菌剂<sup>[37]</sup>。但是目前仅有极少部分生产企业采用专用乳酸发酵菌剂进行人工接种发酵,同类型的科研成果均面临推广不足、科研转化能力弱的问题。

### 4.4 市场的选择

虽然目前发展起来的人工接种乳酸菌的工业发酵方式正在挑战自然发酵的地位,但是自然发酵特殊的风味与口感仍是目前的工业发酵无法取代的,加之大众对原汁原味的追求,使得自然发酵的东北酸菜产品仍占有很大的市场份额。

## 5 东北酸菜自然发酵使用添加剂的必要性

### 5.1 原料的生理生化特性导致东北酸菜易腐烂

作为东北酸菜的原料,大白菜叶柄肥厚,含水量高达95%,因此在发酵过程中易受温度、气体等环境因素影响,一旦发酵条件控制不佳,容易出现烂根、变软、发黏

等现象。

### 5.2 自然发酵的不可控性导致东北酸菜易腐烂

由于自然发酵是利用白菜表面和空气中的微生物菌群自然发酵制得东北酸菜,参与发酵的菌种多样,导致在发酵过程中杂菌难以避免,容易导致腐烂。且自然发酵易受环境因素影响,不同批次发酵的产品质量参差不齐,使用添加剂后可明显改善产品质量。

### 5.3 东北酸菜的无杂菌生产难以实现

采用人工接种发酵可有效降低杂菌污染,由于上原因,工业发酵没有普及。然而自然发酵使生产难以规模化和机械化,几乎无法达到无杂菌生产的要求,追求无杂菌生产需要大量的资金投入,东北酸菜作为日常生活中餐桌上的常客,具有价格低廉、需求量大特点,目前实现自然发酵的无杂菌生产的可能性很小,因此选择添加适量的食品添加剂是相对经济可行的解决方法。

### 5.4 传统杀菌防腐工艺难以保证产品品质

传统热力杀菌会导致产品营养成分的严重损失,且对产品的色泽造成不可逆的影响,影响产品的感官品质,不利于产品的销售,严重制约了蔬菜深加工所带来的附加值,限制了发酵蔬菜行业的发展创收<sup>[38]</sup>。

### 5.5 东北酸菜的食用方法不同于其他酱腌菜和发酵蔬菜

尽管东北酸菜属于发酵食品,但是按照民间食用惯例,它不是即食食品,需经过烹饪后才可食用。烹饪前需对酸菜产品进行去汁和漂洗,而大部分食品添加剂会随着上述2个步骤被去除,因此添加适量的食品添加剂不会对正常食用产生影响。

### 5.6 食品添加剂的安全性

按国家标准执行的,在限量范围内添加的食品添加剂是安全的。由于不了解和某些误解,食品添加剂被许多人视为食品中的主要安全隐患。而食品添加剂的添加是为了改善食品品质,事实上,只要严格按照国家标准执行,添加量控制在限量范围内,人体可以通过自身调节将其代谢掉,不会产生危害<sup>[39,40]</sup>。

基于酸菜贮藏过程中出现的褐变、霉变等主要问题,研究表明可在酸菜生产过程中适量加入一些抗氧化剂和防腐剂。夏琪娜等<sup>[41]</sup>对D-异抗坏血酸钠和焦亚硫酸钠2种护色剂的最适添加量和酸菜护色的保藏条件进行了探究,结果表明2种护色剂的最适添加量分别为0.1%和0.004%。维生素C能够阻断亚硝酸盐的生成,降低其含量,防止酸菜生霉,减少酸败和异味<sup>[42]</sup>。曹秋阁等<sup>[43]</sup>将优化选取的脱氢乙酸钠、双乙酸钠和山梨酸钾用响应面法确定了发酵酸菜的最佳防腐配方为:脱氢乙酸钠0.016%、双乙酸钠0.266%

和山梨酸钾 0.032%。姜绍通等<sup>[44]</sup>研制出复合防腐剂(Nisin 质量浓度为 0.4 g/L, 脱氢醋酸钠质量浓度为 0.3 g/L, 尼泊金复合酯钠质量浓度为 0.2 g/L), 在这种防腐剂作用下, 酸菜中致病菌的抑制率都达到了 96%以上。

## 6 展 望

根据《中华人民共和国食品安全法》第二十八条的规定, 在制定食品安全国家标准过程中, 食品安全国家标准草案应向社会公布, 并广泛听取食品生产经营者、消费者、有关部门等方面的意见。未来, 东北酸菜行业应加强对食品安全国家标准修订、颁布等信息的关注, 积极提出意见; 在食品安全国家标准修订时, 可考虑将 D-异抗坏血酸钠、焦亚硫酸钠等抗氧化剂和脱氢乙酸钠、双乙酸钠和山梨酸钾等防腐剂列入东北酸菜的使用范围内, 使食品安全国家标准向更合理的方向发展。

## 参考文献

- [1] 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.  
Wang JX, Guo H, Diao QP, *et al.* Study on the pickling process and nitrite production of traditional northeastern sauerkraut [J]. Shandong Chem Ind, 2017, 46(16): 3-4.
- [2] Stonge MP, Farnworth ER, Jones PJH. Consumption of fermented and nonfermented dairy products: effects on cholesterol concentrations and metabolism [J]. Am J Clin Nutr, 2000, 71: 674-681.
- [3] Ried K. Gastrointestinal health the role of pro- and pre-biotics in standard foods [J]. Aus Family Phys, 2004, 33(4): 253-255.
- [4] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].  
GB 2760-2014 National food safety standards-Standards for the use of food additives [S].
- [5] GB 2714-2015 食品安全国家标准 酱腌菜[S].  
GB 2714-2015 National food safety standard-Pickles [S].
- [6] 吴兴壮, 陈玉成, 张华, 等. 东北酸菜产业发展现状与对策[J]. 农业工程技术, 2015, (11): 24-26.  
Wu XZ, Chen YCH, Zhang H, *et al.* Status quo and countermeasures of northeast sauerkraut industry development [J]. Agric Eng Technol, 2015, (11): 24-26.
- [7] 王娟娟, 王顺喜, 马微. 直投式发酵剂生产酸菜及其风味物质的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 82-86.  
Wang JJ, Wang SX, Ma W. Study on the production of sauerkraut and its flavoring substance by direct injection fermentation agent [J]. Food Sci, 2008, 29(4): 82-86.
- [8] 田永峰, 吴天祥, 胡晓瑜, 等. 乳酸菌在酿造和食品工业上的应用[J]. 酿酒科技, 2007(4): 90-93.  
Tian YF, Wu TX, Hu XY, *et al.* Application of lactic acid bacteria in brewing and food industry [J]. J Brew Sci, 2007, (4): 90-93.
- [9] 尹军霞, 沈国娟, 沈蓉, 等. 酸菜汁中降胆固醇乳酸菌的分离鉴定[J]. 中国食品学报, 2008, 8(2): 47-51.  
Yin JX, Shen GJ, Shen R, *et al.* Isolation and identification of cholesterol-lowering lactic acid bacteria in pickled vegetable juice [J]. Chin J Food Sci, 2008, 8(2): 47-51.
- [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.  
Ni HF, Deng M, Feng YL. Current status and development countermeasures of sauerkraut industry in northeast China [J]. Chin Cond, 2011, 36(6): 10-12.
- [11] 李宝树, 杨文铎. 关于东北酸菜(酸渍大白菜之一)若干问题的探讨[J]. 吉林蔬菜, 2012, (7): 45-48.  
Li BSH, Yang WD. Discussion on some problems of northeast sauerkraut (one of acidic Chinese cabbage) [J]. Jilin Veget, 2012, (7): 45-48.
- [12] 杨荣玲, 肖更生, 吴晓玉, 等. 我国蔬菜发酵加工研究进展[J]. 保鲜与加工, 2006, (2): 15-18.  
Yang RL, Xiao GS, Wu XY, *et al.* Research progress in vegetable fermentation processing in China [J]. Preserv Proc, 2006, (2): 15-18.
- [13] 宋春璐, 胡文忠, 陈晨, 等. 酸菜发酵工艺与贮藏特性的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 376-379.  
Song CL, Hu WZ, Chen C, *et al.* Research progress in fermentation process and storage characteristics of sauerkraut [J]. Food Sci Technol, 2016, 37(9): 376-379.
- [14] 徐俐, 戴岳宗. 乳酸菌对酸汤挥发性物质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 505-509.  
Xu L, Dai YZ. Effect of lactic acid bacteria on volatile matter of acid soup [J]. Food Sci, 2008, 29(11): 505-509.
- [15] 贾志成, 成培芳, 韦婉, 等. 酸菜复合发酵剂中乳酸菌的特性研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2012, 33(2): 109-113.  
Jia ZC, Cheng PF, Wei W, *et al.* Characteristics of lactic acid bacteria in yoghurt compound starter [J]. J Inner Mongolia Agric Univ (Nat Sci Ed), 2012, 33(2): 109-113.
- [16] 孙庆申, 王艺, 杨丽娟, 等. 复合酸菜发酵剂乳酸菌的优选及鉴定[J]. 黑龙江大学工程学报, 2013, 4(4): 35-39.  
Sun QS, Wang Y, Yang LJ, *et al.* Optimization and identification of lactic acid bacteria in compound sauerkraut starter [J]. J Eng Heilongjiang Univ, 2013, 4(4): 35-39.
- [17] 燕平梅, 薛文通, 畅晓晖, 等. 自然发酵和接种发酵方法对白菜品质的影响[J]. 农业工程学报, 2008 (3): 286-290.  
Yan PM, Xue WT, Chang XH, *et al.* Effects of natural fermentation and inoculation fermentation methods on the quality of Chinese cabbage [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2008, (3): 286-290.
- [18] 李晓博, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 自然发酵与人工接种发酵酸菜的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42 (3): 251-255.  
Li XB, Hu WZ, Jiang AL, *et al.* Research progress in natural fermentation and artificial inoculation of fermented sauerkraut [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(3): 251-255.
- [19] Hashimoto T. The cause on the abnormal accumulation of nitrite in pickles of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* Rupr) [J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 2001, 48(6): 409-415.
- [20] Rabie MA, Siliha H, Elsaidy S, *et al.* Reduced biogenic amine contents in sauerkraut via addition of selected lactic acid bacteria [J]. Food Chem, 2011, 129(4): 1778-1782.
- [21] Wu C, Zheng J, Huang J, *et al.* Reduced nitrite and biogenic amine concentrations and improved flavor components of Chinese sauerkraut via co-culture of *Lactobacillus plantarum*, and *Zygosaccharomyces rouxii* [J]. Annal Microbiol, 2014, 64(2): 847-857.
- [22] Eichholzer M, Gutzwiller F. Dietary nitrate and nitroso-compounds and cancer risk: A review of the epidemiological evidence [J]. Nutr Rev, 1998, 54(4): 95-105.
- [23] 李响, 阎雪皎. 浅谈《发酵酸菜产业化生产工艺及其标准化体系的建立》[J]. 品牌与标准化, 2012, (4): 26-27.  
Li X, Yan XJ. Discussion on The establishment of industrialized production process and standardization system of fermented sauerkraut [J].

- Brand Standard, 2012, (4): 26–27.
- [24] 何金奎, 王丹丹. 亚硝酸盐中毒临床分析[J]. 中国社区医师, 2013, 15 (1): 176.
- He JK, Wang DD. Clinical analysis of nitrite poisoning [J]. Chin Commun J, 2013, 15(1): 176.
- [25] 黄相波, 王润胜, 王苏晓. 浅谈亚硝酸盐中毒的预防[J]. 中国保健营养, 2013, (4): 1773.
- Huang XB, Wang RS, Wang SX. Prevention of nitrite poisoning [J]. Chin J Health Nutr, 2013, (4): 1773.
- [26] 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.
- Ma HH, Lu XR, Lin Y, *et al.* Synchronous analysis of lactic acid bacteria and nutrients in the traditional fermentation process of traditional northeast sauerkraut [J]. Food Ferment Ind, 2017, 43(2): 79–84.
- [27] 刘广福, 王硕, 朱兴旺, 等. 接种发酵和自然发酵酸菜的亚硝酸盐含量对比分析[J]. 中国酿造, 2013, 32 (7): 74–76.
- Liu GF, Wang S, Zhu XW, *et al.* Comparative analysis of nitrite content in inoculated fermentation and naturally fermented sauerkraut [J]. China Brew, 2013, 32(7): 74–76.
- [28] 潘鹤峰, 刘秀珠. 北方酸菜中亚硝酸盐生成规律的研究[J]. 黑龙江商学院学报, 1988, (2): 25–30.
- Pan HF, Liu XZ. Study on the formation of nitrite in northern sauerkraut [J]. J Heilongjiang Univ Commer, 1988, (2): 25–30.
- [29] 马占玲. 白菜和酸菜中亚硝酸盐含量的变化规律[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6505–6506.
- Ma ZL. Changes of nitrite content in Chinese cabbage and sauerkraut [J]. Anhui Agric Sci, 2012, 40(11): 6505–6506.
- [30] 李雪萍, 孟先刚, 李建宏. 白菜和酸菜中亚硝酸盐含量的变化规律[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6505–6506.
- Li XP, Meng XG, Li JH. Changes of nitrite content in Chinese cabbage and sauerkraut [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 40(11): 6505–6506.
- [31] 林颖, 王旭太, 刘仁奎. 酸菜在腌渍过程中的变化及毒理学研究(综述)[J]. 中国食品卫生杂志, 2000, 12(5): 38–39.
- Lin Y, Wang XT, Liu RF. Changes in sauerkraut during pickling and toxicology research (review) [J]. Chin J Food Hyg, 2000, 12(5): 38–39.
- [32] 黄琴. 有机酸对发酵蔬菜品质影响的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- Huang Q. Study on the effect of organic acids on the quality of fermented vegetables [D]. Chongqing: Southwest University, 2009.
- [33] 黑龙江翠花集团官方网站 [DB/OL]. <http://www.cuihuagroup.com/kejililiang.htm>.
- Heilongjiang Cuihua Group official website [DB/OL]. <http://www.cuihuagroup.com/kejililiang.htm>.
- [34] 沈阳榆园食品工业有限公司官方网站 [DB/OL]. <http://www.yuyuanfood.cn>
- Shenyang Yuyuan Food Industry Co., Ltd. official website [DB/OL]. <http://www.yuyuanfood.cn>
- [35] 铁岭市铁石调味品有限公司官方网站 [DB/OL]. <http://www.tltstw.com/gsjj.html>
- Tieling City Iron and Stone Condiment Co., Ltd. official website [DB/OL]. <http://www.tltstw.com/gsjj.html>
- [36] 尹立明, 李旭, 魏莹, 等. 浅谈我国酱腌菜的生产现状及发展[J]. 中国调味品, 2012, 37(9): 16–18.
- Yin LM, Li X, Wei Y, *et al.* Discussion on the production status and development of pickles in China [J]. Chin Cond, 2012, 37(9): 16–18.
- [37] 郑恒光, 陈君琛, 汤葆莎, 等. 中外蔬菜发酵加工技术的对比研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(5): 171–175.
- Zheng HG, Chen JC, Tang BS, *et al.* Comparative study on fermentation processing technology of Chinese and foreign vegetables [J]. Anhui Agric Sci, 2018, 46(5): 171–175.
- [38] 曹秋阁. 发酵酸菜保藏过程中品质变化规律及防腐护色的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- Cao QG. Study on the quality change law and anti-corrosion color protection during the process of fermented sauerkraut preservation [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2014.
- [39] 牟冠文, 李光浩. 食品防腐剂的使用安全[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(3): 528–530.
- Mou GW, Li GH. Safety of the use of food preservatives [J]. Chin J Health Lab Technol, 2007, 17(3): 528–530.
- [40] 刘洋, 黄晨, 王万寿. 浅析食品防腐剂的安全应用[J]. 食品研究与开发, 2014, (18): 127–130. DOI: 10.3969/j. issn.1005-6521.2014.18.033.
- Liu Y, Huang C, Wang WQ. Analysis of the safe application of food preservatives [J]. Food Res Dev, 2014, (18): 127–130. DOI: 10.3969/j. issn.1005-6521.2014.18.033.
- [41] 夏琪娜, 侯俊财, 韩晶, 等. 发酵酸菜护色方法的研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(3): 17–20.
- Xia QN, Hou JC, Han J, *et al.* Study on the method of color protection of fermented pickled vegetables [J]. China Cond, 2015, 40(3): 17–20.
- [42] 刘邻渭. 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- Liu LW. Food chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002.
- [43] 曹秋阁, 夏琪娜, 侯俊财, 等. 响应面法优化酸菜抑菌配方的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(5): 86–89.
- Cao QG, Xia QN, Hou JC, *et al.* Study on optimization of antibacterial formula of sauerkraut by response surface methodology [J]. Food Ind, 2014, 35(5): 86–89.
- [44] 姜绍通, 孙磊, 罗水忠, 等. 复合防腐剂对腌制蔬菜中腐败细菌的抑制效果研究[J]. 食品科学, 2010, 31(9): 54–58.
- Jiang ST, Sun L, Luo SZ, *et al.* Study on the inhibitory effect of compound preservatives on spoilage bacteria in pickled vegetables [J]. Food Sci, 2010, 31(9): 54–58.

(责任编辑: 武英华)

## 作者简介



李继文, 主要研究方向为食品质量与安全。  
E-mail: 522091252@qq.com

姜爱丽, 博士, 教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与加工。  
E-mail: jal@dlnu.edu.cn

胡文忠, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。  
E-mail: hwwz@dlnu.edu.cn