

中外蔬菜发酵加工技术的对比研究

郑恒光, 陈君琛*, 汤葆莎, 吴俐, 翁敏劼 (福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建福州 350003)

摘要 简要对比分析了中、韩、德、美等几个世界典型发酵蔬菜的起源、异同点、优势与不足。结果表明, 中国是世界发酵蔬菜技术的主要发源地之一, 中外发酵蔬菜技术之间存在一定的历史渊源; 尽管中外发酵蔬菜技术原理相同, 但在制作方法方面差异较大; 我国传统发酵蔬菜技术的优势和不足并存。通过对比分析, 明确了世界发酵蔬菜技术的总体态势, 找出了我国发酵蔬菜技术差距, 讨论了解决这些问题的有效途径, 包括鼓励加工企业拥有自己的蔬菜原料基地、促进加工企业优胜劣汰、切实提高科技对产业发展的贡献率、推动国内外技术交流等建议。

关键词 发酵蔬菜; 乳酸菌; 加工工艺; 产品特性; 对比研究

中图分类号 TS255.54 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)05-0171-05

Comparison of the Fermented Vegetable Technology between China and Foreign Countries & Enlightenment

ZHENG Heng-guang, CHEN Jun-chen, TANG Bao-sha et al (Research Institute of Agri-Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003)

Abstract The world's typical processing technology of fermented vegetable in China, Korea, Germany and America were compared and analyzed. The origin, differences and similarities, the advantages and the disadvantages were discussed. Result shows that China is one of the major regions in the world that originated the fermentation of vegetables for food, and it has relationship with other countries in historical origin. Although the fermentation principal of vegetable is the same, there is still difference in the detail of manufacture between domestic and overseas. As for Chinese traditional fermented technology, both advantages and disadvantages were possessed. By comparing the situations in these countries, the overall situation and the gap of industrial technology and marketing between China and other countries are clarified. Some thoughts for the development of future fermented vegetable technology in China are presented. They include encouraging the fermented vegetable producers to have their own supply base of vegetable, promoting producers' survival of the fittest, enhancing the contribution of science and technology to industry development, and accelerating technical exchange at home and abroad.

Key words Fermented vegetable; Lactic acid bacteria; Process technology; Product features; Comparative study

蔬菜通常包括植物和食用菌类, 是人们日常饮食中必不可少的食物之一, 它提供人体所必需的多种维生素、矿物质和膳食纤维, 同时还起到增加饱腹感的作用。蔬菜的发酵加工是利用有益微生物的作用, 控制一定生产条件对蔬菜进行加工的一种方式^[1]。蔬菜的发酵加工过程同时也是一种冷加工方式, 它不仅可以延长蔬菜贮藏期, 而且还具有保持蔬菜的营养、工艺简单、成本低廉等优点, 且发酵蔬菜风味独特, 可促进食欲、帮助消化等^[2]。

中、韩、德、美 4 个国家的发酵蔬菜各具特色, 在国际市场上享有盛誉, 是世界发酵蔬菜的典型代表。其中, 中国是世界蔬菜种植第一大国, 年产量占世界总量的 60% 以上, 但是蔬菜加工量不到其中的 15%^[3]。发酵蔬菜加工制成品仍以传统酱腌菜为主, 创新力度严重不足, 在国际上的影响力更是十分有限^[4]。而韩、德、美等国, 他们将本国的传统发酵蔬菜加工工艺和现代食品加工技术相结合, 不断推陈出新, 形成了很强的竞争力。为此, 笔者将中、韩、德、美 4 个国家发酵蔬菜的加工工艺进行横向比较, 找出差异和差距, 以推动深入研究发酵蔬菜的科学问题和新品开发, 提升加工水平, 促进国内外相关的技术和文化交流。

1 中外发酵蔬菜技术的起源对比

早在 3 000 多年前, 我国祖先就利用盐渍法来保藏和加工生鲜蔬菜, 其制成品称为酱腌菜^[5]。经过千百年的世代相

传和不断改进, 我国已经形成了品种繁多、色香味俱全、享誉国内外的盐渍(酱腌)系列制品。其中, 发酵型酱腌菜通常以四川泡菜和东北酸菜为代表。

我国的盐渍菜制作方法大约在 1 300 年前传到了韩国, 与韩民族的饮食文化结合, 发展成为今天家喻户晓的韩国泡菜(Kimchi), 它具有酸脆爽口、清凉开胃的特点^[6]。其制作原辅料选择范围更广, 除添加了韩国本土生产的辣椒粉, 通常还添加海鲜、肉类、米糊、水果等食材, 具有较低的含盐量, 以及高效的乳酸发酵^[7]。

欧洲发酵蔬菜的历史尽管可以追溯到古希腊和罗马帝国时期, 但是真正的兴起始于 13 世纪。据称, 当时闯入欧洲的蒙古人又把我国的酸菜制作技艺也带到了欧洲, 此后酸菜在东欧尤其盛行, 西欧北部的一些国家也慢慢接受了酸菜。在德国、荷兰和波兰, 酸菜成了冬天必备的食物。18 世纪的远洋航行中, 船员由于条件限制吃不到新鲜蔬菜, 为了预防由于维生素缺乏而造成的坏血病, 远洋船员往往会带上大量的酸菜。德国酸泡菜(Sauerkraut)具有开胃和帮助消化的功能, 尤其是与份量不少的肉类套餐搭配时, 更能降低菜肴的油膩感, 已成为一道具有代表性的西方菜肴, 并以其丰富的营养和多种保健功能风靡世界^[8]。

美国典型的发酵蔬菜是腌制酸黄瓜(Pickled cucumber), 其消费习惯源自欧洲。据文字记载, 酸黄瓜最早可能产生于公元前 2 000 多年的中东地区。腌制酸黄瓜味道酸甜, 大量运用在西式烹饪的沙拉、热狗、汉堡、三明治、烧烤肉类食物中, 用以提升食物的口感和味道, 以及增加食欲^[9]。

尽管我国的盐渍菜制作技术历史上也传到了日本, 但未

基金项目 农业部公益性行业(农业)科研专项(201503142); 福建省农业科学院科技创新团队 PI 项目(2016PI-3)。

作者简介 郑恒光(1970—), 男, 福建福州人, 副研究员, 博士, 从事食用菌精深加工研究。* 通讯作者, 研究员, 从事食用菌加工及保健食品开发研究。

收稿日期 2017-11-29

对日本人的饮食产生较大的影响。现代国际上流行的“日式泡菜”虽然也被称为“泡菜”,但其实不是真正意义上的“泡菜”,基本上属于非发酵类盐渍菜,基本不具备四川泡菜和韩国泡菜那样携带乳酸益生菌的保健功能。日式泡菜是韩国泡菜在日本市场竞争的产物,它利用简单廉价的非发酵调味技术取代复杂的韩国泡菜发酵技术,其辣味更适合日本人而且价格低廉,最终挤占了韩国泡菜在日本的大部分市场份额。日式从口味到制作均与我国和韩国有明显区别,多使用天然色素和酱油泡制,以低盐、低酸、本色的较低程度发酵或不发酵的蔬菜制品为主^[10]。

在东南亚一些国家的人民也有使用盐渍技术保存蔬菜的传统,一般作为配菜或沙拉食用,其中包括越南的酸白菜(Dhamuoi)以及泰国和菲律宾的发酵芥菜(Dakguadong和Burong mustasa)^[9]。

从以上分析可以看出,中外各种发酵蔬菜技术之间存在一定的历史渊源关系,蔬菜发酵技术大多起源于盐渍保存蔬菜的习俗。

2 中外典型发酵蔬菜制品的制作工艺对比

2.1 我国泡菜和酸菜

2.1.1 四川泡菜。我国泡菜以四川泡菜最出名,其味道咸酸、口感脆嫩、色泽鲜亮、香味扑鼻可增进食欲、帮助消化,含盐量为4%~8%,其制作流程如下:鲜菜→整理→洗涤→切分→晾干明水→入坛→加盐水泡制→密闭发酵→成品^[11]。

2.1.2 东北酸菜。东北酸菜是我国酸菜的典型,是以大白菜为原料发酵而成,其特点是清酸而脆爽,色泽鲜亮,香气扑鼻,开胃提神,醒酒去腻。根据漂烫与否,可将其分为生渍和熟渍两种工艺。可采用不加盐的清水发酵,或采用2%~3%的淡盐水发酵,其流程如下:大白菜→晾晒→整理清洗→(漂烫)→入缸→加清水或淡盐水→压重石→封口→密闭发酵→成品^[12]。

2.2 韩国泡菜 韩国泡菜因每个家庭都使用独特的祖传方法制作,使泡菜口味及种类多种多样,其基本的制作流程如下:大白菜→清洗→整形→淡盐渍→盐渍→清洗→沥水→拌辅料→入缸→压实→密闭发酵→成品^[13]。

2.3 德国酸菜 德国酸菜主要以卷心菜为原料,加盐量为2%~3%。其制作流程为:卷心菜→清洗→细切→装桶→逐层撒盐→加柔性桶盖(迫使桶内析出的蔬菜汁浸没蔬菜)→密闭发酵→成品^[14]。

2.4 美式腌制酸黄瓜 美式腌制酸黄瓜加盐量为6%左右。其制作流程如下:新鲜黄瓜→清洗→切去瓜蒂→装入容器→加入香料→加入含醋盐水(至完全浸没黄瓜)→密闭发酵→成品^[15]。

2.5 中外典型发酵蔬菜制品的异同点分析 尽管世界各国的发酵蔬菜制品形态各异且风味千差万别,但加工原理却基本相同。即:利用食盐的高渗透作用、微生物的发酵作用、蛋白质的分解作用以及其他一系列的生物化学作用,抑制有害微生物的活动,同时增进产品的色、香、味,从而获得风味各异的发酵制品^[16]。

在差异性方面,蔬菜和配料本身的风味以及由乳酸菌、酵母菌和醋酸菌等微生物组成的微生态环境对其风味的影响较大。蔬菜的加工条件如发酵温度、盐水浓度、总酸度、溶氧浓度以及pH等因素也会对发酵蔬菜的风味产生一定的影响^[17]。发酵过程要促进有益乳酸菌活动,抑制大肠杆菌、丁酸菌等腐败菌以及霉菌、酵母等有害菌。乳酸菌的特点是厌氧或兼性厌氧,能耐较高的盐度($\leq 10\%$),较耐酸(pH 3.0~4.0),生长适宜温度为25~40℃。对于耐高温又耐酸、不耐盐的腐败菌,通常利用较高的酸度、较低的发酵温度或是提高盐液浓度来控制;而对于好气的霉菌和酵母菌,主要利用绝氧措施加以控制^[18]。

表1具体对比了四国发酵蔬菜在选材、制作工艺、制品酸度以及产品风味等指标上的差异,其各自突出特点如下所述。

四川泡菜采用特殊的泡菜坛发酵,其制作时加盐量(6%)较大,酵母菌和醋酸菌比较活跃,酒精发酵和醋酸发酵特征明显,发酵时间较短,其制品酸度较小。东北酸菜采用清水或淡盐水浸渍低温发酵,酸度较大。韩国泡菜采用独特的低温半湿态腌制发酵工艺,而四川泡菜、东北酸菜、德国酸菜以及美国腌制酸黄瓜都采用了盐水泡制的湿态发酵工艺。德国酸菜虽然类似于我国东北酸菜,但德式酸菜是以卷心菜为制作原料,而东北酸菜以大白菜为原料;并且德式酸菜通常采用加固体盐析出蔬菜汁,然后将蔬菜浸没于蔬菜汁中发酵,而东北酸菜通常加清水发酵。美式腌制酸黄瓜兼具我国东北酸菜和四川泡菜的特点,它像东北酸菜一样经过较长时间发酵且酸度都很高,又像四川泡菜一样采用6%盐水发酵,酵母和醋酸发酵比较明显,风味复杂;而且它可在夏季30℃高温下露天发酵,其发酵温度通常高于四川泡菜。

通过对比可以看出,德式酸菜和韩国泡菜虽然源于我国,但经过长时间的演变和改进,已经和我国传统加工技术产生较大差异。尽管美国腌制酸黄瓜的制作工艺和四川泡菜的差别较小,但在制作细节方面也存在一定差异。因此,消化吸收一些国外发酵蔬菜加工技术对促进我国相关技术发展很有帮助。

3 我国发酵蔬菜加工技术的优势和不足分析

3.1 我国发酵蔬菜技术的优势分析 我国制作加盐酱腌菜的历史甚为悠久,品种极为丰富,是中华美食的重要组成部分。其工艺独特,技术精湛,在世界加工行业中并不多见。除泡酸菜等传统发酵型盐渍酱腌菜外,还包括酱渍、酱油渍、糖渍、醋渍、糖醋渍、虾油渍、糟渍等大量酱腌制品^[19]。事实上,这部分传统非发酵型酱腌菜也可认为是发酵蔬菜制品,只不过采用高盐腌制,抑制了乳酸发酵过程,导致产酸不大明显^[20]。而伴随着现代人工接种发酵蔬菜技术的大量应用,这部分传统高盐酱腌菜制品如今也可以用低盐发酵工艺制作,这为发酵蔬菜新产品的开发提供了广阔空间。

此外,由于传统发酵蔬菜采用自然发酵工艺,其产品特色在一定程度上取决于微生态环境中的微生物,使得发酵老汤成为分离益生菌的宝贵资源库。从中分离出来的益生菌

可用于蔬菜的纯菌种发酵,有助于合理地控制发酵参数、避免杂菌和有害菌群的污染、缩短生产周期以及开发益生菌的保健功能。

表 1 中、韩、德、美四国发酵蔬菜的异同点分析

Table 1 Analysis of the similarities and differences of fermented vegetables products from China, Korea, Germany and America

泡菜类别 Pickles	主要原料 Main material	主要配料 Main ingredients	发酵方式 Fermentation ways	发酵温度 Fermentation temperature//°C	发酵时间 Fermentation time//d
四川泡菜 Pickles, Sichuan Style	白菜、青菜、萝卜、豆角、鸡爪等	姜、蒜、辣椒、萝卜、盐等	加盐水浸渍,使用特殊泡菜坛厌氧发酵	10~25	5~16
东北酸菜 Northeastern sauerkraut	大白菜等	除盐以外可不添加其他配料	加盐水浸渍,兼性厌氧发酵	2~20, 其中 2~8 风味更好	30 左右
韩国泡菜 Korean Kimchi	大白菜、萝卜、黄瓜等	姜、蒜、海鲜、辣椒粉、糖、梨、盐、肉汤等	半湿态兼性厌氧发酵	0~10 最好, 10~20 略差	30 左右
德国酸菜 Sauerkraut	卷心菜、甘蓝、黄瓜丝等	除盐以外可不添加其他配料	利用蔬菜自身盐渍液浸渍,兼性厌氧发酵	18 左右	30 左右
美式酸黄瓜 American Sour Cucumber	黄瓜	盐、醋、生姜、辣椒、氯化钙等	加盐水浸渍,兼性厌氧发酵	20~30	14~30

泡菜类别 Pickles	制品的 pH pH of the product	制品的酸度 Acidity//%	加盐量 Salt content//%	制品含盐量 Salinity//%	保质期 Shelf-life
四川泡菜 Pickles, Sichuan Style	3.4~3.6	0.4~0.8	6~10	4~6	≤15 d(不杀菌,4 °C 冷藏)
东北酸菜 Northeastern sauerkraut	3.1~4.0	2.0~3.0	2~3	2~3	≥180 d(杀菌后常温密闭保藏)或 90 d(不杀菌,5 °C 密闭冷藏)
韩国泡菜 Korean Kimchi	4.2~4.5	0.5~0.6	3	2~3	≥90 d(不杀菌,4 °C 下密闭保藏)
德国酸菜 Sauerkraut	3.0	1.7~2.3	2~3	2~3	≥180 d(杀菌后常温密闭保藏;不杀菌,15 °C 以下密闭贮藏)
美式酸黄瓜 American Sour Cucumber	3.1~3.5	1.5	9~12	5~6	≥360 d(杀菌后常温密闭保藏)

3.2 我国蔬菜发酵加工技术的不足分析

3.2.1 蔬菜原料质量难以保证。我国现行的蔬菜经营模式存在较大的食品安全隐患,因为国内蔬菜目前主要由农户分散种植生产,而加工企业通常需要从市场上采购原料,使得加工企业难以从源头上对蔬菜品质进行有效控制。我国蔬菜种植地受到周边污染的情况比较严重,普遍存在施肥不合理以及不合理使用农药的情况,蔬菜原料中的农药残留、重金属、硝酸盐、亚硝酸盐等有毒有害物质的含量相对较高,蔬菜在流通中保存不当以及受到二次污染问题也比较突出,这同韩国及欧美发达国家蔬菜的无公害、标准化、产销一体化种植以及尖端的物流系统和流通设备存在明显差距。

3.2.2 加工企业的装备和技术相对落后。尽管我国的蔬菜加工行业近年来取得了较大发展,但在发酵蔬菜加工领域依然问题突出。目前大多数企业仍然以家庭作坊式生产为主,采用自然发酵工艺,卫生条件差,生产规模偏小,装备和技术比较落后,从业人员素质较低,缺乏必要的产品质量控制体系;采用高盐腌制导致废水污染环境,缺乏新型成品保鲜工艺,产品研发能力差,滥(乱)用食品添加剂现象严重,产品中亚硝酸盐等有毒有害物质的含量相对较高。

反观国外,韩国泡菜在 1950 年以前也停留在家庭作坊阶段,但随着韩国观光业的发展,韩国泡菜已从家庭作坊发展成了工业化大生产。德式酸菜的制作方式已由传统作坊式的木桶或水泥池发酵演变成了不锈钢大罐室内低温发酵,人工接种发酵替代了自然发酵^[21],实现了低盐发酵,并减少发酵废水中食盐的排放量^[22]。美国腌制酸黄瓜工业更已实现从种植到加工的一条龙集约化生产,生产过程标准化、自

动化,一个大型酸黄瓜生产基地甚至拥有 1 000 个 40 t 发酵罐,其发酵废水能够循环使用,减少了废水中食盐的排放^[23]。

3.2.3 科研对我国发酵蔬菜技术的贡献比较小。我国学者很早就开展了传统发酵蔬菜方面的研究,分析了蔬菜发酵过程中的菌相变化^[24],对其中的优良乳酸发酵菌株进行了分离和鉴定^[25],开发了发酵蔬菜专用的乳酸发酵菌剂^[26],开展了采用人工接种替代传统自然发酵蔬菜试验^[27],研究了降低亚硝酸盐等有害物质的措施^[28],探讨了风味形成机理^[29],优化了加工工艺^[30]等。

韩国一些研究机构对泡菜制作及其营养、风味进行了深入研究,进一步开发了泡菜的内涵,改进了泡菜的制作工艺。韩国国内一些高校还相继开设了泡菜食品专业,把泡菜作为研究的对象,建立了“泡菜研究所”,对泡菜的营养成分、生化反应和保健功能等进行全方位研究,并对韩国泡菜中的优质乳酸菌种进行分离与开发,大大提高了韩国泡菜的科技含量。其保健功能包括抑菌^[31]、抗氧化^[32]、减肥^[33]、预防心脑血管疾病^[34]、维持人体消化道健康^[35]、肝脏保健^[36]等。韩国科研人员甚至还发明了制作韩国泡菜的专用冰箱,并在国内外申请了专利^[37],让消费者在家里就能体验到制作泡菜乐趣,同时也拓展和巩固了韩国泡菜消费人群。

欧美学者近年来着重对德式酸菜的食品安全、营养和加工工艺等方面进行了研究。其中,在食品安全研究方面,采用低盐发酵导致发酵蔬菜产品中肠道病毒含量升高的风险分析^[38],通过人工接种发酵工艺有效降低发酵蔬菜当中亚硝酸盐和生物胺等有害物质含量^[39];在营养的研究方面,通

过发酵对蔬菜中抗营养物质的降解^[40],开发富硒发酵蔬菜^[41],利用基因工程乳酸菌进行人工接种发酵降低产品中D-乳酸含量^[42]等;在加工工艺研究方面,采用充氮包装保护发酵蔬菜中的高抗氧化物质^[43],从传统地方特色德式酸菜产品中分离益生菌^[44],研制低钠发酵蔬菜^[45]等。

在美式腌制酸黄瓜研究方面,国外学者主要针对其工业化生产过程进行研究。具体包括:腌制酸黄瓜中腐败菌的鉴定及快速检测技术^[46-47]、黄瓜病虫害自动图像监测技术^[48]、发酵老汤的菌相分析^[49]、酸黄瓜罐头杀菌技术^[50]等。

从以上可以看出,中外发酵蔬菜的加工技术研究大多集中于微生物变化、营养和功能性、安全性、风味机理、加工工艺等方面。韩国在发酵蔬菜科研转化方面成效显著,特别是通过开发其保健功效,使韩国泡菜不仅是一种传统地方特色菜肴,而且还成为了益生菌的载体,其保健新观念已逐步被其他国家消费者所认可,帮助韩国泡菜成功地跨出国门,行銷世界。欧美国家在发酵蔬菜科研方面的广度、深度值得我国借鉴。通过比较可以看出,尽管我国在发酵蔬菜研究取得了不少成绩,但差距仍十分明显,主要包括:对发酵蔬菜的研究不够深入、科研转化能力弱、对国外先进技术消化吸收较少等。此外,我国对发酵蔬菜保健功能的开发研究开展得比较少。

4 国外经验对我国发酵蔬菜技术的启示

4.1 鼓励加工企业参与蔬菜原料基地建设 针对国内蔬菜加工原料质量难以保证的问题,可鼓励加工企业积极参与蔬菜生产,促进加工企业和蔬菜种植合作社长期合作,加大设施农业建设,提高蔬菜种植和加工水平,降低蔬菜被污染的风险。引导蔬菜种植向无公害、绿色、有机方向同步发展。

4.2 促进加工企业优胜劣汰 鉴于国内发酵蔬菜企业数量众多、水平低下的现状,建议国家可通过制定更加严格的安全法规,提高加工企业的准入门槛,逐步淘汰落后产能,促进加工企业向规模化、标准化和科学化发展。亦可制订更为详细的发酵蔬菜产品等级标准,让零售发酵蔬菜在外包装上标明其质量等级,引导消费者购买高等级的安全健康产品,使有实力的企业更容易脱颖而出。此外,国家还可扶持一些有实力的企业进行产学研科技示范,促使其技术升级,并与国际市场接轨,让其生产工艺从传统自然发酵技术向现代人工接种发酵方式转变,有效控制蔬菜发酵过程中亚硝酸盐等有害化学物质的产生,保障其食用安全性;促进加工企业制定规范的生产规程,保证产品的稳定性;积极开发适销对路的新产品,努力开拓国际市场;推动建立益生菌发酵蔬菜产品的冷链销售系统。

4.3 切实提高科研对技术发展的贡献率 应当学习借鉴韩国泡菜的成功经验,重视相关的科研工作,加大对相关领域的科研项扶持力度。积极搭建产学研合作平台,重点扶持新技术的开发与应用。鼓励对我国传统优势酱腌菜进行深入研究 and 挖掘,阐明色、香、味形成机制,分离与纯化优良益生菌乳酸菌,进一步完善传统发酵制品的人工接种发酵新技术,在保持传统酱菜的品种、风味味的同时,开发生产出符合现代

消费者口味的低盐、低糖、清淡和营养的产品。尤其要重视发酵蔬菜的保健功能开发,利用相关的科学研究成果导引消费方向。积极开发适合大众的产品,打破传统发酵蔬菜产品消费的地域性,挖掘我国沿海地区不喜好辛辣风味人群的消费潜力。借鉴韩国泡菜制作技术,进一步扩大我国发酵蔬菜原辅料的选择范围,积极开发肉类、海鲜、谷物、水果、食用菌等我国传统酱腌菜中不常采用的食材,丰富发酵蔬菜的品种。努力提高科研水平,使之和国际接轨。

4.4 积极推动国外相关技术的交流 鉴于我国发酵蔬菜技术落后现状,国家可鼓励建立中外合作研究机构,促进国外学术交流,同时积极引进一些国际知名的发酵蔬菜加工企业,使我国快速提升相关领域的科研和工业化水平,发挥蔬菜种植的成本优势,扩大我国发酵蔬菜加工制品在国际市场的份额,刺激国内相关市场的需求。

参考文献

- [1] 纪晓缙. 优良乳酸菌的筛选及其发酵蔬菜的应用研究[D]. 杭州:浙江大学,2014.
- [2] 纪晓缙,阮晖,樊奇良. 我国蔬菜发酵加工现状与发展方向[J]. 现代食品,2016(24):18-20.
- [3] 赵晓燕. 我国蔬菜采后加工产业现状及展望[J]. 中国蔬菜,2013(3):1-5.
- [4] 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.
- [5] 杨保刚. 我国酱腌菜行业质量调研报告[J]. 质量与标准化,2014(11):31-33.
- [6] KWON D Y, JANG D J, YANG H J, et al. History of Korean gochu, gochujang, and kimchi [J]. Journal of ethnic foods, 2014(1):3-7.
- [7] JUNG J Y, LEE S H, KIM J M, et al. Metagenomic analysis of Kimchi, a traditional Korean fermented food[J]. Applied and environmental microbiology, 2011, 77(7):2264-2274.
- [8] WIKIPEDIA. Sauerkraut [EB/OL]. (2015-07-01)[2015-07-10]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sauerkraut>.
- [9] FRED B, ROGER F M, ILENYS P D, et al. Fermented vegetables [C] // Food microbiology: Fundamentals and frontiers., 4th ed. Washington D. C.: ASM Press, 2013:841-855.
- [10] 卢沿钢,董全. 中、日、韩三国泡菜加工工艺的对比[J]. 食品与发酵科技,2011,47(4):5-9.
- [11] 阎红,辛松林,贾洪峰,等. 传统自然发酵四川泡菜生产及配方优化研究[J]. 中国调味品,2015,40(1):1-3.
- [12] 马涛. 泡菜制作规范与技巧[M]. 北京:化学工业出版社,2011.
- [13] 徐清平,孙芸. 酱腌菜生产技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [14] PLENGVIDHYA V, BREIDT J F, LU Z J, et al. DNA fingerprinting of lactic acid bacteria in Sauerkraut fermentations [J]. Applied and environmental microbiology, 2007, 73(23):7697-7702.
- [15] U. S. Department of agriculture. Complete guide to home canning and preserving[M]//Brennan. Guide 6, preparing and canning fermented foods and pickled vegetables. 2nd ed. New York: Dover Publications Inc, 1999:1-23.
- [16] 何玲,唐爱均,杨公明. 蔬菜发酵机理探讨[J]. 中国酿造,2007,26(2):26-29.
- [17] 燕平梅,薛文通. 乳酸菌与发酵蔬菜的风味[J]. 中国调味品,2005(2):11-14.
- [18] 赵丽芹. 果蔬加工工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002:178-140.
- [19] 中国国家标准委员会. 酱腌菜:SB/T 10439—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [20] 陆兆新. 果蔬贮藏加工及质量管理技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2004.
- [21] CAGNO R D, CODA R, ANGELIS M D, et al. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation [J]. Food microbiology, 2013, 33(1):1-10.
- [22] LU Z, BREIDT F, PLENGVIDHYA V, et al. Bacteriophage ecology in commercial sauerkraut fermentations [J]. Applied and environmental microbiology, 2003, 69(6):3192-3202.

- [23] LU Z, PÉREZ-DÍAZ I M, HAYES J S, et al. Bacteriophage ecology in a commercial cucumber fermentation [J]. Applied and environmental microbiology, 2012, 78(24): 8571–8578.
- [24] 关倩倩. 我国传统发酵泡菜菌系结构及其消长规律研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2012.
- [25] 张良, 曾泽生, 邢雅阁, 等. 四川特色泡菜发酵微生物区系状况调查研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(11): 43–47.
- [26] 张良, 向文良, 曾泽生, 等. 四川泡菜乳酸发酵菌剂的研究[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 200–206.
- [27] XIA Y J, LIU X F, WANG G Q, et al. Characterization and selection of *Lactobacillus brevis* starter for nitrite degradation of Chinese pickle [J]. Food control, 2017, 78: 126–131.
- [28] 葛焱, 郭双霜, 陈安均. 泡菜中亚硝酸盐消长规律及调控技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 382–385.
- [29] 许雅楠, 池承灯, 姚闰娜. 泡菜的风味化学及呈味机理的探讨[J]. 农产品加工, 2014(7): 31–32.
- [30] 丁健, 谭书明, 张若男. 响应面法优化水芹菜自然发酵酸菜工艺研究[J]. 广东农业科学, 2014, 41(16): 90–95.
- [31] LEE M, SONG J H, JUNG M Y, et al. Large-scale targeted metagenomics analysis of bacterial ecological changes in 88 kimchi samples during fermentation [J]. Food microbiology, 2017, 66: 173–183.
- [32] LEE N K, HAN K J, SON S H, et al. Multifunctional effect of probiotic *Lactococcus lactis* KC24 isolated from kimchi [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1036–1041.
- [33] CHOI W H, AHN J, JUNG C H, et al. Korean diet prevents obesity and ameliorates insulin resistance in mice fed a high-fat diet [J]. Journal of ethnic foods, 2017, 4(1): 36–43.
- [34] CHOI E A, CHANG H C. Cholesterol-lowering effects of a putative probiotic strain *Lactobacillus plantarum* EM isolated from kimchi [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 210–217.
- [35] KHAN L, KANG S C. Probiotic potential of nutritionally improved *Lactobacillus plantarum* DKG-17 isolated from Kimchi: A traditional Korean fermented food [J]. Food control, 2016, 60: 88–94.
- [36] WOO M, KIM M, NOH J S, et al. Kimchi methanol extracts attenuate hepatic steatosis induced by high cholesterol diet in low-density lipoprotein receptor knockout mice through inhibition of endoplasmic reticulum stress [J]. Journal of functional foods, 2017, 32: 218–225.
- [37] LG 电子株式会社. 泡菜冰箱及其控制方法: 200710088110.8 [P]. 2007–03–15.
- [38] GAGNÉ M J, BARRETTE J, SAVARD T, et al. Evaluation of survival of murine norovirus-1 during sauerkraut fermentation and storage under standard and low-sodium conditions [J]. Food microbiology, 2015, 52(11): 119–123.
- [39] RABIE M A, SILIHA H, EL-SAIDY S, et al. Reduced biogenic amine contents in sauerkraut via addition of selected lactic acid bacteria [J]. Food chemistry, 2011, 129(4): 1778–1782.
- [40] PALANI K, HARBAUM-PIAYDA B, MESKE D, et al. Influence of fermentation on glucosinolates and glucobrassicin degradation products in sauerkraut [J]. Food chemistry, 2016, 190: 755–762.
- [41] PE ÑAS E, VILLALUENGA C M, FRIAS J, et al. Se improves indole glucosinolate hydrolysis products content, Se-methylselenocysteine content, antioxidant capacity and potential anti-inflammatory properties of sauerkraut [J]. Food chemistry, 2012, 132(2): 907–914.
- [42] JIN Q, LI L, MOON J S, et al. Reduction of D-lactate content in sauerkraut using starter cultures of recombinant *Leuconostoc mesenteroides* expressing the *ldhL* gene [J]. Journal of bioscience and bioengineering, 2015, 121(5): 479–483.
- [43] PE ÑAS E, MARTÍNEZ-VILLALUENGA C, PIHLAVA J M, et al. Evaluation of refrigerated storage in nitrogen-enriched atmospheres on the microbial quality, content of bioactive compounds and antioxidant activity of sauerkrauts [J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 61(2): 463–470.
- [44] BEGANOVIĆ J, KOS B, PAVUNČIĆ A L, et al. Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures [J]. Microbiological research, 2014, 169(7/8): 623–632.
- [45] WOLKERS-ROOIJACKERS J C M, THOMAS S M, NOUT M J R. Effects of sodium reduction scenarios on fermentation and quality of sauerkraut [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 54(2): 383–388.
- [46] JOHANNINGSMEIER S D, MCFEETERS R F. Metabolic footprinting of *Lactobacillus buchneri* strain LA1147 during anaerobic spoilage of fermented cucumbers [J]. Food control, 2015, 51(5): 390–396.
- [47] FRANCO W, PÉREZ-DÍAZ I M, JOHANNINGSMEIER D J, et al. Characteristics of spoilage-associated secondary cucumber fermentation [J]. Applied and environmental microbiology, 2012, 78(4): 1273–1284.
- [48] LU R F, ARIANA D P. Detection of fruit fly infestation in pickling cucumbers using a hyperspectral reflectance/transmittance imaging system [J]. Postharvest biology and technology, 2013, 81: 44–50.
- [49] LU Z, PÉREZ-DÍAZ I M, HAYES J S, et al. Bacteriophage ecology in a commercial cucumber fermentation [J]. Applied and environmental microbiology, 2012, 78(24): 8571–8578.
- [50] MORAWICKI R O, SCHMALKO M E. Prediction of out-of-container pasteurization of pickled cucumbers using the finite-difference method [J]. Journal of food engineering, 2011, 107(3/4): 289–295.

(上接第 116 页)

研究中,通过对不同生根瓶苗在不同的环境条件下培养及移栽于不同基质比体积中进行系统比较,结果表明,生根瓶苗在自然环境条件下培养 60 d,随着光照时间的延长,白芨幼苗假鳞茎随着增大,移栽成活率最高,主要是因为白芨生根瓶苗在自然光充足的环境下培养,温湿度是影响白芨生长的关键因素,温湿度过大幼苗易黄化,甚至腐烂,温度超过 30 ℃,需要加盖遮阳网,大棚注意通风及喷水降温,雨季要搭建拱棚防雨,减少污染。

由于光照充足,幼苗基部易形成假鳞茎多而大,叶片变宽大而厚,植株粗壮,脱瓶清洗时,幼苗假鳞茎呈丛生状态,根系粗壮,移栽成活率较高。采用腐熟艾蒿:腐熟锯木渣:腐质土:火烧土(1:2:4:3)比体积的复合基质移栽,保肥、保水性好,移栽成活率达 94.7%。

参考文献

- [1] 林福林,杨昌云,杨薇薇,等. 中药白芨的现代研究概况[J]. 中国医院药学杂志, 2013, 33(7): 571–573.

- [2] 付志惠, 张建霞, 李洪林, 等. 白芨种子萌发与快速繁殖技术的研究[J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(1): 80–82.
- [3] 张亦诚. 白芨的生物特性及栽培技术[J]. 农业科技与信息, 2007(10): 45.
- [4] 周至明, 黄程生, 彭丽丽, 等. 白芨人工种植初步研究[J]. 中药材, 2006, 29(1): 7–8.
- [5] 刘光斌, 黄忠, 黄长干, 等. 天然植物白芨胶的功能及在化妆品中的应用[J]. 日用化学品科学, 2005, 28(8): 22–24.
- [6] 李嵘, 王喆. 白芨的研究概述及其资源利用对策[J]. 中草药, 2006, 37(11): 1751–1752.
- [7] 叶静, 郑晓君, 管常东, 等. 白芨的无菌萌发与组织培养[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2010, 32(S1): 422–425.
- [8] 和寿星, 徐中志, 薛润光, 等. 白芨无菌播种育苗技术[J]. 云南农业科技, 2010(6): 38–39.
- [9] 张洁, 王军晶, 方小波, 等. 贵州道地药材白芨工厂化育苗技术[J]. 种子, 2014, 33(3): 114–115.
- [10] 袁宁, 何俊蓉, 何锐, 等. 白芨组培快繁育苗技术研究[J]. 西南农业学报, 2009, 22(3): 781–785.
- [11] 张燕, 黎斌, 李汝娟, 等. 白芨种子的无菌萌发过程观察和组培快繁研究[J]. 中草药, 2013(3): 158–160.
- [12] 张燕, 黎斌, 李思锋. 不同培养基上白芨的种子萌发与幼苗形态发生[J]. 西北植物学报, 2009, 29(8): 1584–1589.
- [13] 张建霞, 付志惠, 李洪林, 等. 白芨胚发育与种子萌发的关系[J]. 亚热带植物科学, 2005, 34(4): 32–35.