

## 萝卜干加工贮藏与高值化利用关键技术研究进展

崔方超<sup>1</sup>, 胡雨倩<sup>1</sup>, 王当丰<sup>1</sup>, 檀茜倩<sup>1</sup>, 吕欣然<sup>1</sup>, 俞张富<sup>2</sup>, 沈荣虎<sup>2</sup>, 励建荣<sup>1\*</sup>  
(<sup>1</sup>渤海大学食品科学与工程学院 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心 辽宁锦州 121013  
<sup>2</sup>杭州萧山农业发展有限公司 杭州 311200)

**摘要** 萝卜是我国第二大蔬菜作物,2021 年我国萝卜总产量约为 1 817.6 万 t,占全球萝卜产量的比重约为 45%,年收获量约占蔬菜年产量的 1/14。萝卜干是以萝卜为原材料,经腌制、发酵等工艺制成的具有特殊风味的萝卜食品。其口感爽脆、营养丰富,加工方法历史悠久,品种繁多,深受人们喜爱。萝卜干种类庞杂,在制作工艺上也有所差异。目前中国的萝卜干加工业依旧停留在初级阶段,种类单一,缺乏高值化加工技术。本综述简要介绍国内外萝卜干的生产工艺、加工现状、工艺优化等,阐述萝卜干贮藏与加工过程中的品质变化、影响因素以及萝卜干保鲜的措施;综述萝卜干的功能因子及其潜在的高值化利用技术。这对改善萝卜干腌制工艺,提高产品品质与安全性,推进萝卜干高值化加工利用具有重要的意义。

**关键词** 萝卜干; 加工; 贮藏; 品质; 高值化利用

**文章编号** 1009-7848(2024)06-0455-11 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.06.040

随着新品种、栽培技术和运输业的发展,萝卜市场消费量和需求稳步上升,播种面积及产量逐年提高。据农业部统计,我国每年的萝卜种植面积保持在 120 万 hm<sup>2</sup>,接近于世界萝卜总种植面积的 50%。2021 年我国萝卜总产量约为 1 817.6 万 t,占全球萝卜产量的比重约为 45%,是我国仅次于白菜的第二大蔬菜作物<sup>[1]</sup>。

萝卜在我国种植历史悠久,常被用来制作家常菜。其中最常见的一种加工方式是将萝卜腌制成萝卜干。萝卜干是一种经腌制、发酵制成的独特风味泡菜,综合了萝卜和泡菜的特性,深受喜爱,常备于家中,富含多种维生素和药用价值<sup>[2]</sup>。萝卜干富含糖类、蛋白质、胡萝卜素、抗坏血酸等营养成分,以及钙、磷等人体不可缺少的矿物质,同时萝卜干中含有的胆碱物质还具有减肥的效果<sup>[3]</sup>。萝卜干的功效如图 1 所示。其制作方法简单,口味香脆爽口,是人们加工利用萝卜的首选产品。萝卜干在中国各地区均有其特色腌制方法,形成了众多知名萝卜干特产品牌,例如:萧山萝卜干、江东萝卜干、安东萝卜干、上杭萝卜干等<sup>[4]</sup>。萧山萝卜干因

三腌三晒的制作工艺而闻名;上杭萝卜干最著名的是晒、腌、藏 3 道工序;信阳萝卜干的特点为选用当地独有青萝卜为原料,在腌制过程中还添加了特有的光州姜,最后使用传统工艺在泥瓦盆中进行腌制。腌制萝卜干时,所用的发酵菌种主要是乳酸菌<sup>[5-7]</sup>。乳酸菌使萝卜干等产品具有改善肠胃功能<sup>[8]</sup>、降低胆固醇等作用<sup>[9-11]</sup>。

加工工艺是影响萝卜干品质的主要因素。其中,食盐的添加量是影响萝卜干品质的重要因素之一。一般腌制萝卜干的食盐用量在 8%~10%<sup>[12-13]</sup>。同时,萝卜干品质也受发酵菌株影响。乳酸菌接种量一般 1%~5%<sup>[14]</sup>。此外,萝卜的干燥方式也影响萝卜干成品品质。萝卜的干燥方式主要有两种,即盐渍脱水和传统风脱水。不同的杀菌方法对风味萝卜的品质有不同的影响。常见的杀菌方法有超高压杀菌、巴氏杀菌、微波杀菌等<sup>[15]</sup>。萝卜干的色泽和脆度是影响其品质特性的重要参数,萝卜干在贮藏及运输过程中易发生失脆与变色现象,从而影响萝卜干的口感与外观。对原料进行护脆处理可以减缓萝卜干的失脆现象<sup>[16]</sup>。此外,碱性条件可以抑制萝卜的变色现象<sup>[17]</sup>。

虽然萝卜干产业遍布全国,种类繁多,随着经济的发展,产业逐渐形成,但是其在国内不像其它腌制蔬菜(如泡菜)的市场广阔。萧山萝卜干产业由原始粗糙的小作坊生产模式发展至现在的产业化生产模式<sup>[18]</sup>,已成为萝卜干产业发展的最典型

收稿日期: 2023-06-01

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD0901702);辽宁省自然科学基金博士科研启动基金计划项目(2022-BS-301)

第一作者: 崔方超,男,博士,副教授

通信作者: 励建荣 E-mail: lijr6491@163.com

案例。但是,目前萝卜干产业还存在不足,成品都处在初级加工阶段,过于单一,缺乏精深加工。探究萝卜干高值化利用技术很有必要<sup>[9]</sup>。

本文简要介绍国内外萝卜干的生产工艺、加工现状、工艺优化等,阐述萝卜干贮藏与加工过程中的品质变化和影响因素以及萝卜干保鲜的措施,综述萝卜干的功能因子及潜在的高值化利用技术。

## 1 萝卜干的主要生产工艺

### 1.1 国内萝卜干的加工现状

萝卜干是一种中国百姓爱吃的家常腌制小菜。由于中国地大物博、人口众多,各个地区都有其关于萝卜干的独特加工方式。下面主要介绍了最具有代表性的:萧山萝卜干、上杭萝卜干、信阳萝卜干和安东萝卜干。其工艺流程如表1所示。每



图1 萝卜干的功效<sup>[75-76, 79-80]</sup>

Fig.1 Efficacy of dried radish<sup>[75-76, 79-80]</sup>

种萝卜干加工过程中萝卜的选择和腌制方式各有其特点。

表1 萝卜干种类及其工艺流程

Table 1 Types of dried radish and its process flow

萝卜干品种	工艺流程
萧山萝卜干	原料选择→洗净切条→白条出晒→加盐腌制→拌料装坛
上杭萝卜干	选料→清洗→腌制→洗净晾晒→盐水冲洗→晾晒→冷却装坛
信阳萝卜干	清洗→去头尾→切成萝卜条→晾晒→调味→熬汁→调拌入味→撒五香粉→成品
安东萝卜干	选料→洗涤去皮→刀工成型→腌制→晾晒→吊卤→发酵→成品

1.1.1 萧山萝卜干 萧山萝卜干是中国最具代表性的萝卜干特色品牌之一。萧山萝卜干可追溯到1890年,历史悠久。经过不断地发展,于20世纪20年代起,萧山萝卜干开始在中国大陆、港澳地区及新加坡等多地销售。2004年,原国家质检总局对“萧山萝卜干”实施原产地产品保护。萧山萝卜干以杭州萧山本地种植的“一刀种”萝卜为原料,该萝卜品种味道甘甜、口感脆嫩多汁<sup>[20]</sup>。萧山萝卜干的关键成香工艺为“三腌三晒”,主要工艺流程为:原料选择→洗净切条→白条出晒→加盐腌制→拌料装坛。陈延<sup>[21]</sup>对萧山萝卜干生产过程中的发酵菌株进行了分离与鉴定,首次开发出了萧山萝卜干的直投式发酵剂,并在试验条件下进行应用。邹礼根等<sup>[22]</sup>对萧山萝卜干腌制过程中的菌株进行鉴定和成长特性研究,确定了其最适生长条件。

1.1.2 上杭萝卜干 上杭萝卜干是福建“闽西八大干”之一,名声享誉中外,最早于明朝初期已经声名鹊起<sup>[23]</sup>。上杭萝卜干是纯手工制作的安全食品。其特有的风味来自于其独特的制作工艺。

其制作一般都是在冬至前后进行,须经“晒、腌、藏”三道工序<sup>[24]</sup>,制作时间一般在冬至前后五、六天之内最好,尤其吹北风的晴天最佳。上杭萝卜干以上杭城郊附近所产萝卜为原料<sup>[25]</sup>。此种萝卜鲜嫩清脆、甘甜可口,主要工艺流程为:选料→清洗→腌制→洗净晾晒→盐水冲洗→晾晒→冷却装坛。石小琼等<sup>[26]</sup>研究得出通过外加酵母的方法可以缩短上杭萝卜干的腌制期且不影响其应有的感官品质。汤文辉<sup>[23]</sup>分析了上杭萝卜干产业中存在的问题并提出了解决对策,以此实现上杭萝卜干产业的可持续发展。

1.1.3 信阳萝卜干 河南省信阳市骆店村生产的

信阳萝卜干是一种极具特色的地方小菜。其原料为骆店村当地独有的沙质土壤中所种植的青萝卜。在腌制过程中还添加了该地特有的光州姜。使用传统工艺在泥瓦盆中进行腌制,腌制出的萝卜干口感脆爽、风味独特<sup>[2]</sup>。其工艺流程为:萝卜清洗→去头尾→切成萝卜条→晾晒→调味→熬汁→调拌入味→撒上五香粉→成品。张园园等<sup>[2]</sup>通过单因素及正交试验得出了制作信阳萝卜干的最佳工艺。该方法制得的信阳萝卜干韧性十足且美味可口,感官评价为95分。

**1.1.4 安东萝卜干** 安东萝卜干是江苏省淮安市涟水县的一种美味脆爽的江苏小菜。其原料为一种叫“愣头紫”的紫心萝卜,该萝卜种植于淮安涟水一带<sup>[26]</sup>。“愣头紫”萝卜经过多日腌制,制成的萝卜干色泽鲜艳,香脆可口<sup>[27]</sup>。其工艺流程为:选料→洗涤去皮→刀工成型→腌制→晾晒→吊卤→发酵→成品。罗来庆等<sup>[28]</sup>通过对安东萝卜干的制作工艺进行分析,改良了其制作方法从而使安东萝卜干实现产业化生产,推动其批量生产与推广性发展。

## 1.2 国外萝卜干加工现状

国外的萝卜干制作与消费人群主要集中在日本与韩国。由于饮食差异,韩国与日本在萝卜干的制作方法上不尽相同。添加的调味料等也有所差异。以下具体介绍了韩国萝卜干与日本萝卜干的不同加工方式。

**1.2.1 韩国萝卜干加工现状** 韩国因泡菜而著名,许多人称韩国为“泡菜国”,因而各种腌制小菜是韩国人饭桌上必不可少的一道日常菜品。其原料为韩国本地培育的一种白玉春萝卜,该萝卜外表洁白如玉,味道甘甜,深受韩国消费者喜爱<sup>[28]</sup>。用此品种腌制的萝卜干味甜鲜香、香脆爽口。韩国萝卜干的工艺流程为选料→清洗→切条→配制发酵液→罐装→冷却→密封→冷藏发酵→成品。韩国的萝卜干产业发展迅速,由小作坊生产发展为机械化生产,已进入工业化生产的成熟期<sup>[29]</sup>。产业主要着眼于生产的产品品质变化。

**1.2.2 日本萝卜干加工现状** 萝卜在日本深受人们喜爱,是家中不可或缺的小菜。萝卜在日本的吃法有很多,其中就有制成萝卜干的做法。日本人腌制萝卜干用的是产自日本岐阜的守口萝卜。守口

萝卜表皮白嫩光滑、脆甜多汁、无苦味和辣味、粗细均匀、果肉紧实而坚硬,非常适宜腌制<sup>[30]</sup>。用守口萝卜腌制成的萝卜干风味独特,口感非常好<sup>[31]</sup>。日本萝卜干的工艺流程为选料→清洗→切条→晾晒→盐渍→腌制→密封→成品。日本萝卜干是靠改良韩国萝卜干腌制工艺得出的产品。经过改良后的产品在国际市场竞争中遥遥领先,如今在日本国内,产量和销量早已超过韩国产品而稳居第一<sup>[32]</sup>。

## 1.3 萝卜干工艺优化

萝卜干的腌制方式对其最终的感官品质影响极大,通过优化萝卜干腌制工艺,可以极大地改善萝卜干的感官品质,各国的学者们都对萝卜干的工艺优化进行了探究。

韩国极东大学的 Kim 等<sup>[29]</sup>研究了不同白葡萄酒添加量对萝卜干腌制的影响,感官检查结果显示,在外观、口味和整体喜好度上,添加 10.48%白葡萄酒的萝卜泡菜感官效果最好。通过观察添加白葡萄酒的泡菜质量特征,与未添加白葡萄酒的对照组相比,其脆度保持较长时间,确定添加白葡萄酒有助于增加泡菜储存期的质量特性。Choi 等<sup>[34]</sup>研究了甜菊叶添加量对萝卜干品质的影响,结果表明加入甜菊叶时,泡菜能够保持良好的质构,如果综合考虑萝卜泡菜的质量特性和外观颜色,如物理特性和抗氧化能力,最好添加甜菊叶 2.0 g。易宇文等<sup>[35]</sup>对川味萝卜干的工艺进行了优化,其最佳工艺为:在 160 ℃下炼制辣椒油;用 0.5%的 CaCl<sub>2</sub> 溶液对萝卜进行以浸泡 1 h 的预处理;腌料的成分为 6.5%的辣椒油、2%的花椒粉、3%的绵白糖、5%的精盐;最后将原料与腌料拌匀腌制 2 d 可得风味最佳的川味萝卜干。阳晖等<sup>[36]</sup>对风味胭脂萝卜干工艺进行了优化,其最佳工艺为:胭脂萝卜的添加量 50%、食盐的添加量 8%、泡菜原汁的添加量 20%。萝卜原料用鼓风机在 60 ℃干燥 3 h。调味料为 0.65%辣椒、0.03%生姜、0.09%大蒜、0.03%八角茴香粉、0.10%芝麻、0.05%花椒、0.03%白砂糖。牛广财等<sup>[37]</sup>对麻辣风味萝卜干工艺进行优化,其最优配方为味精 0.5%,食盐 6%、辣椒粉 4%、白糖 3%、胡椒粉 0.5%,使用此工艺制成的萝卜干外观澄黄,口感爽脆,口味独特,具有特殊萝卜风味。叶诗等<sup>[38]</sup>对萝卜干腌制工艺

进行优化,得到最佳加工工艺为:烘干温度 40 ℃,烘干时间 14 h,添加 4%盐,短时腌制,腌制 2 d,并进行熟拌料。刁丽婷<sup>[39]</sup>对低盐萝卜干的工艺进行优化,得到最佳工艺为:食盐 5%、辣椒 4.0%、大蒜粉 1.5%、生姜粉 0.15%、花椒粉 0.2%、桂皮粉 0.1%、白砂糖 2.0%、白酒 0.5%。乳酸接种量为 5%,在此工艺条件下的萝卜干成品各项理化指标较优。

## 2 萝卜干贮藏过程中的品质变化及影响因素

### 2.1 萝卜干贮藏过程中的品质变化

萝卜干在贮藏及运输过程中会发生失脆与变色现象,从而影响萝卜干的口感与外观,因此有必要对产生这些现象的原因进行分析,并探究减缓此类因素对萝卜干品质影响的方法。

**2.1.1 失脆现象** 萝卜干等制品发生失脆现象的原理是蔬菜组织中的果胶物质的分解<sup>[39]</sup>。彭梦瑶等<sup>[16]</sup>通过观察贮藏期间胡萝卜泡菜的相对硬度和相对剪切力变化,得出了成品的相对硬度和相对剪切力随着贮藏时间的延长逐渐降低。但经护脆处理后的泡菜的质地变化明显小于未处理组。证明对原料进行护脆处理可以减缓萝卜干的失脆现象。

**2.1.2 变色现象** 除了失脆现象外,萝卜干在储藏及运输中由于机械力与微生物等因素会发生变色现象,影响其感官品质。研究表明,这种变色现象与萝卜加工中生成了黄色素有关。毛劲<sup>[17]</sup>研究得出碱性条件可以抑制萝卜的变色现象。

### 2.2 萝卜干品质变化影响因素

**2.2.1 盐度** 控制萝卜干加工过程中食盐的用量,对萝卜干的品控有重要影响。食盐在萝卜干腌制中主要有以下几个作用:调味,利用其产生渗透压抑制萝卜干生产过程中致腐微生物的繁殖;食盐与萝卜干作用产生鲜味,为萝卜干中有益微生物制造良好发酵环境。食盐浓度太低,容易造成腌萝卜干颜色发暗、脆性降低,影响质量,且无法起到防腐效果;高盐浓度太大,会抑制有益菌的繁殖,使萝卜干缺乏特有风味。通常,腌制萝卜干的盐用量以 8%~10%为佳<sup>[14]</sup>。但有研究表明<sup>[40-41]</sup>,8%盐含量对革兰氏阳性、阴性菌均有较良好的控制



图2 影响萝卜干品质变化的因素

Fig.2 Factors affecting the change of dry quality of radish

功效,高盐含量越高其控制功效就愈好,而在高盐含量>10%时,对有益菌就会引起较强的抑制作用。欧雪等<sup>[42]</sup>发现盐分在 2%~5%下泡菜更具有优质四川泡菜所特有的味道与口感。但相反,在 8%盐浓度下则会阻止乳酸菌的繁殖,延缓了泡菜的发酵且影响其感官。

**2.2.2 发酵菌株** 发酵菌株的种类也影响着萝卜干的品质变化<sup>[42]</sup>。乳酸菌是风味萝卜发酵的主要菌株<sup>[43-46]</sup>。传统的萝卜干制作工艺不仅周期长、工艺复杂而且生产过程不可控,不能满足工业化需求。使用乳酸菌进行发酵可降低有害细菌<sup>[47-50]</sup>,减少了亚硝酸盐浓度<sup>[50-52]</sup>,从而减少了发酵时间,提高萝卜干的质量<sup>[53]</sup>。一般乳酸菌的接种量约为 1%~5%左右效果较好,但如果接种剂量过大,则产酸较多、发酵速率过高,且风味物质产生量较低;如果接种数量不够,则发酵时间太久,萝卜干的状态不佳,口感较差<sup>[14]</sup>。李庆羊等<sup>[54]</sup>根据各方面风味指标资料和感官评定的结论,得出采用混合菌株作发酵剂后所获得的干制品颜色、品质和气味俱佳,且质量明显优于自然发酵和单菌株发酵后的萝卜干。

**2.2.3 干燥方法** 干燥方法是影响萝卜干品质变化的主要因素之一。萝卜的脱水方式主要有两种,即盐渍脱水和传统风脱水。盐渍脱水方法省时省力,也有利于腌渍萝卜干的工业化生产,但是这种方法也会提高萝卜干的盐度,并在脱盐后导致萝卜干营养物质的丧失。而传统风脱水方法能去掉萝卜干的辣味成分,使腌渍而成的萝卜干带有“味

甘而不辣”的特性。研究人员通过电子鼻技术和固相微萃取-气质联用技术<sup>[55-56]</sup>两种手段,对经过常规脱水的萧山萝卜干的香味组成进行了研究,发现常规风脱水腌渍萝卜干中存在的大部分芳香元素,其数量超过了盐渍脱水腌制萝卜干,其产生香味的一烯醛、二烯醛和硫醚衍生物等的相对浓度,也超过了盐渍脱水腌制萝卜干,这都表明了常规风脱水方法腌渍萝卜干的香味比常规盐渍脱水腌制萝卜干更为强烈<sup>[57]</sup>。王鑫等<sup>[58]</sup>的研究表明振动远红外法干燥后的白萝卜干产品,细胞组织保存得相对完善,重复水稳定性也相对较高,在口感、香、味、形等诸方面均有所改善,且各项技术指标都显著高于普通远红外干燥。

**2.2.4 杀菌方式** 不同的杀菌方法对风味萝卜干成品的品质有不同程度影响,萝卜干成品在细菌作用下会出现酸化、变软、产气等现象。所以,若要延长萝卜干的保质期,就必须控制并清除萝卜干加工过程中的微生物。目前常用的消毒方式主要有超高压技术杀菌、巴氏杀菌、微波杀菌、辐照杀菌等。巴氏杀菌和辐照杀菌是常用于发酵食品的杀菌方式<sup>[59-63]</sup>。超高压消毒技术能够较好地保存食品的颜色、质构<sup>[64]</sup>。樊爱萍等<sup>[65]</sup>研究了热熨护色对超高压消毒泡菜口味的影响,并发现热熨使泡菜脂香和气味降低,进而增加了超高压泡菜的口味。陈姝娟等<sup>[66]</sup>的研究表明微波杀菌后的产品质量高于巴氏杀菌的产品质量,且利用微波技术杀菌后产品VC浓度最高。而王刚等<sup>[15]</sup>的研究则表明,微波杀菌后可推迟盐渍泡菜中亚硝酸盐高峰的发生时间。申光辉等<sup>[67]</sup>发现在300~600 MPa超高压条件下,处理5~25 min可显著降低泡萝卜中微生物数量。处理压力越高,时间越长,杀菌效果越好。600 MPa环境下处理以25 min为宜,可将泡萝卜细菌残存量减少4.36的比数值。泡菜萝卜中霉菌和酵母菌对压力比较敏感,在500 MPa环境下处理约5 min为宜,无菌落检出。

## 2.3 萝卜干保鲜

**2.3.1 植物提取物保鲜** 为了避免化学合成防腐剂引起的毒性,人们倾向于使用天然植物提取物作为保鲜剂使用。研究发现,很多植物如银杏叶、肉桂、丁香、迷迭香等植物的提取物等有很强的杀菌作用<sup>[67]</sup>。萝卜干中的主要腐败菌为蜡样芽孢杆

菌、克柔念珠菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌。王向阳等<sup>[69]</sup>从13种植物中提取有效成分对这些腐败菌进行抑制。结果表明,茶叶提取液的抗菌作用良好且在pH值为3~7范围内的抗菌效果保持稳定,因此适用于加入在pH值5以下的萝卜干中,用作保鲜剂。

**2.3.2 天然防腐剂保鲜** 除植物提取物保鲜外,人们也倾向于使用天然防腐剂。王向阳等<sup>[70]</sup>为防止萝卜干腐败,试验研究了竹叶等的植物提取液以及茶多酚、乳酸菌素、溶菌酶共6种天然防腐剂对萝卜干中腐败微生物的抑制作用。结果表明3%肉桂乙醇提取液和3%丁香乙醇提取液可以很好地抑制6种腐败微生物的生长。可以在考虑风味的条件下可以进行复配达到抑菌效果。研究发现<sup>[71-74]</sup>在香辛料中独特的挥发性成分和生物活性化合物赋予泡菜独特香气和防治病毒、抗致突变、防癌、抗衰老等功能。

**2.3.3 酸味剂保鲜** 此外,添加酸味剂也是萝卜干保鲜的一种方式。这是通过调节萝卜干的酸度从而抑制萝卜干储藏过程中腐败菌的生长活动。王向阳等<sup>[75]</sup>为了抑制萝卜干中腐败菌表皮葡萄球菌和短乳杆菌,研究了3种酸味剂对这两种腐败菌的抑制作用。结果表明添加富马酸、醋酸、磷酸对抑制表皮葡萄球菌效果比较好,对抑制短乳杆菌效果相对较差。在盐度为4%~8%的培养基中添加0.03%富马酸可以完全抑制表皮葡萄球菌。富马酸对表皮葡萄球菌和短乳杆菌的抑制效果强于醋酸和磷酸。

## 3 萝卜干功能因子

### 3.1 萝卜干抑菌活性

萝卜干腌制提取物中存在抑菌活性的物质。赵雪等<sup>[76]</sup>利用HPLC分析了不同产地萝卜腌渍制品中的化学成分,并对其进行了抑菌试验。结果表明各种极性溶液对腌渍萝卜的萃取效果不同,在甲酸、酒精、乙醇、丙酮和乙酸乙酯的萃取物中,分别含有5种、6种、12种、11种、12种抗菌活性组分,其中以醋酸丙萃萃取物的抗菌活性最高。部分萃取物对酿酒酵母并无明显抗菌效果,但对消化道的致病毒肠道杆菌、金黄色葡萄球菌却有很好的控制。

### 3.2 萝卜干抗癌活性

除了抑菌活性外,萝卜干可能存在潜在的抗癌活性。赵雪等<sup>[76]</sup>利用 HPLC 分析了不同产地萝卜腌渍制品中的化学成分,并对其进行了细胞毒性试验。研究发现在提取产物的标准质量浓度为 50  $\mu\text{g/mL}$  的状态下,22 种提取产物均对 LO2 细胞无毒,对 Hep G2 细菌的抑制率为 22.60%~63.63%,说明了腌渍萝卜的提取物质中很可能具有抗肿瘤活性成分。萝卜提取物抑制了癌细胞的,增殖程度也和细菌种类有关密切相关<sup>[77]</sup>。

### 3.3 萝卜干营养成分

除此之外,萝卜干营养物质丰富,其中存在许多对人体有益的物质。蔡楷钰等<sup>[78]</sup>通过对江东萝卜干进行检测。结果表明,该萝卜干中富含糖类、蛋白质、胡萝卜素、抗坏血酸等营养物质元素,同时还有 Ca、P 等一般人类所不能缺乏的矿物质。江东萝卜干高纤维、低糖、低油脂,且亚硝酸盐浓度较低,是时尚的保健食品,同时食用方便快捷,满足了现代人在简单日常生活的基本需要。

## 4 结语

萝卜干在贮藏过程中容易出现失脆和变色等品质劣变的现象,而这些变化的发生是多种因素影响的结果。盐度、发酵菌株的选择、干燥方法以及杀菌方式等都在萝卜干的制作过程中起着重要作用。为了保持萝卜干的品质,在生产过程中需要综合考虑这些因素,采取相应的措施进行调控和处理。同时,本文综述了萝卜干的营养成分,并阐述了其潜在的抑菌和抗癌活性,为其功能性的开发和研究提供了借鉴。因此,未来深入研究萝卜干的精深加工工艺和品质控制技术,不仅有助于提高其商品化价值,也符合人们对健康食品的需求。

### 参 考 文 献

- [1] 冉剑钊,孔垂豹,雍晓平,等. 萝卜种质资源根肿病抗性鉴定与抗性基因遗传分析[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(11): 16-23.  
RAN J Z, KONG C B, YONG X P, et al. Evaluation of resistance to clubroot disease in radish germplasm and inheritance analysis of resistance genes[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2023, 36(11): 16-23.
- [2] 张园园,王子伟,张思颖. 信阳萝卜干制作工艺研究[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(7): 136-138, 173.  
ZHANG Y Y, WANG Z W, ZHANG S Y. Study on the production technology of Xinyang radish[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2021, 27(7): 136-138, 173.
- [3] 金龙. 萝卜干的加工工艺及保藏研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.  
JIN L. Study on the processing technology and preservation of the pickled radish [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang Univeristy, 2015.
- [4] 陈功. 试论中国泡菜历史与发展[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(3): 1-5.  
CHEN G. The history and development of Chinese pickles[J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2010, 46(3): 1-5.
- [5] 李庆羊,吴祖芳,翁佩芳,等. 植物乳杆菌和棒状乳杆菌对发酵萝卜干风味品质的影响[J]. 中国食品学报, 2021, 21(9): 150-159.  
LI Q Y, WU Z F, WENG P F, et al. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rodarum* on flavor quality of fermented dried radish [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(9): 150-159.
- [6] YAM B, KHOMEIRI M, MAHOUNAK A, et al. Isolation and identification of yeasts and lactic acid bacteria from local traditional fermented camel Milk [J]. Chal Food Processing & Technology, 2015, 6(7): 1000460.
- [7] WANG J, WANG R, XIAO Q, et al. et al. Analysis of bacterial diversity during fermentation of Chinese traditional fermented chopped pepper[J]. Letters in Applied Microbiology, 2019, 69(5): 346-352.
- [8] 闫凯. 泡菜发酵工艺及保藏性的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.  
YAN K. Study on salted technics and storing technology of pickles[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [9] PARK K Y, JEONG J K, LEE Y E, et al. Health benefits of kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food [J]. Journal of Medicinal Food, 2014, 17(1): 6-20.
- [10] 吕秀红,陈凯飞,朱祺,等. 降胆固醇乳酸菌的筛选与鉴定[J]. 中国食品学报, 2016, 16(3): 198-204.

- LÜ X H, CHEN K F, ZHU Q, et al. Screening and identification of lactic acid bacteria of degrading cholesterol[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(3): 198–204.
- [11] WU R, YU M, LIU X, et al. Changes in flavour and microbial diversity during natural fermentation of suan-cai, a traditional food made in Northeast China[J]. International Journal of Food Microbiology, 2015, 211: 23–31.
- [12] YAN W, YAN P, ZHE L, et al. De novo transcriptome sequencing of radish (*Raphanus sativus* L.) and analysis of major genes involved in glucosinolate metabolism[J]. BMC Genomics, 2013, 14(1): 1–13.
- [13] YANG J, LI F, ZHANG Y, et al. Metagenomic analysis of microbial community succession during the pickling process of Zhacai (preserved mustard tuber) and its correlation with Zhacai biochemical indices[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 101(4): 1646–1658.
- [14] 刘宗敏, 谭兴和, 周红丽, 等. 萝卜干腌制技术研究进展[J]. 中国酿造, 2017, 36(6): 19–22.
- LIU Z M, TAN X H, ZHOU H L, et al. Research advance of pickled dried turnip technology[J]. China Brewing, 2017, 36(6): 19–22.
- [15] 王刚, 熊发祥. 不同杀菌方式对盐渍泡菜品质变化的影响[J]. 中国调味品, 2012, 37(2): 59–64.
- WANG G, XIONG F X, Impact of hydrochloric acid-modified processon on the quality change of pickles[J]. China Condiment, 2012, 37(2): 59–64.
- [16] 彭梦瑶, 高畅, 迟原龙, 等. 护脆处理对贮藏期间胡萝卜泡菜质地的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(10): 159–63.
- PENG M Y, GAO C, CHI Y L, et al. Effects of crispness-protecting treatment on texture of carrot pickles during storage[J]. The Food Industry, 2018, 39(10): 159–163.
- [17] 毛劲. 腌制白萝卜黄变及其抑制的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- MAO J. Studies on the yellowing and inhibitory effect of curing white radish [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009.
- [18] 敖雪妍. 潍坊市寒亭区“潍县萝卜”产业化发展研究 [D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2023.
- AO X Y. Study on Industrialization development of ‘Weixian radish’ in Hanting district of Weifang city [D]. Qinhuangdao: Hebei Normal University of Science & Technology, 2023.
- [19] WU J, ZHANG Y, YE L, et al. The anti-cancer effects and mechanisms of lactic acid bacteria exopolysaccharides *in vitro*: A review[J]. Carbohydrate Polymers, 2021, 253: 117308.
- [20] 张德纯. 杭州萧山萝卜干[J]. 中国蔬菜, 2021(3): 64.
- ZHANG D C. Hangzhou Xiaoshan radish dry [J]. China Vegetables, 2021(3): 64.
- [21] 陈延. 萧山萝卜干直投式发酵剂的研究[D]. 浙江大学, 2017.
- CHEN Y, Study on Xiaoshan radish dry direct cast starter[D]. Zhejiang University, 2017.
- [22] 邹礼根, 吴元锋, 朱丽敏. 萧山萝卜干腌制过程中乳酸菌分离及其特性研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(2): 81–85.
- ZOU L G, WU Y F, ZHU L M, Studies on the isolation and characteristics of lactic acid bacteria from natural pickled process of Xiaoshan dried radish slices[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2007, 7(2): 81–85.
- [23] 汤文辉. 上杭县萝卜产业化发展问题研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- TANG W H, Research of radish industrialization development of Shanghang County[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [24] 江雅文. 品尝闽西八大干[J]. 东方食疗与保健, 2006(2): 51.
- JIANG Y W. Taste the eight famous dried delicacies of Western Fujian [J]. Oriental Diet-Therapy and Health Care, 2006(2): 51.
- [25] 汤文辉, 曾纪华, 范水生. 运用SWOT分析上杭县萝卜产业[J]. 中国科技信息, 2014(5): 220–221.
- TANG W H, ZENG J H, FAN S S. SWOT analysis of radish industry in Shanghang County[J]. China Science and Technology Information, 2014(5): 220–221.
- [26] 石小琼, 黄慧欢, 汪聿坤, 等. 外加酵母缩短上杭萝卜干腌制期的配方研究[J]. 龙岩学院学报, 2017, 35(5): 76–81.
- SHI X Q, HUANG H H, WANG Y K, et al. Study on the optimum formulation of yeast added to Shanghang dried radish to shorten pickled time[J]. Journal of Longyan University, 2017, 35(5): 76–81.
- [27] 蒋功成. 淮安特色萝卜品种——淮阴紫芽青与安东

- 楞头紫[J]. 长江蔬菜, 2018(10): 36-38.
- JIANG G C. Huaiyin Ziyaqing and Andong Lengtouzi, two special radish cultivars in Huai'an city[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2018(10): 36-38.
- [28] 罗来庆, 林海明. 安东萝卜干标准制作工艺与工业化生产分析研究[J]. 现代食品, 2020(2): 107-109.
- LUO L Q, LIN H M. Analytical study on standard manufacturing process and industrialized production of Andong dried turnip[J]. Modern Food, 2020(2): 107-109.
- [29] KIM K B, AN D G, HWANG S Y, et al. Quality characteristics of radish pickle added with different amounts of white[J]. Wine Culinary Science & Hospitality Research, 2015, 21(4): 72-85.
- [30] 赵丽珺, 齐凤兰, 陈有容. 泡菜研究现状及展望[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(3): 21-24.
- ZHAO L J, QI F L, CHEN Y R. Present situation and developing prospects of kimchi [J]. Food Research and Development, 2004, 25(3): 21-24.
- [31] 高俊杰. “守口大根”萝卜的栽培及加工技术[J]. 农产品开发, 1996(12): 34-35.
- GAO J J. Cultivation and processing technology of 'Shoukou Dagen' radish[J]. Agriculture Products Development, 1996(12): 34-35.
- [32] 木下贺律子. 大根と日本人[J]. Bulletin of Toyohashi Sozo Junior College, 2019(36): 61-72.
- KONSHITA H. Okone and Japanese[J]. Bulletin of Toyohashi Sozo Junior College, 2019(36): 61-72.
- [33] 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.
- LU Y G, DONG Q. The Comparison of Chinese pickle, Japanese pickle and Kimchi processing technology [J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2011, 47(4): 5-9.
- [34] CHOI S N, LEE K J, JOO M K, et al. Quality characteristics of radish pickles added with different amounts of stevia leaf[J]. Journal of the East Asian Society of Dietary Life, 2017, 27(3): 295-303.
- [35] 易宇文, 范文教, 胡金祥, 等. 川味萝卜干加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(2): 55-59.
- YI Y W, FAN W J, HU J X, et al. Research on the processing technology of Szechuan pickled radish [J]. Food Research and Development, 2015, 36(2): 55-59.
- [36] 阳晖, 杨飞飞. 风味胭脂萝卜干的研制[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 263-266, 271.
- YANG H, YANG F F. Preparation of the flavoured dried rouge turnip [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(23): 263-266, 271.
- [37] 牛广财, 魏文毅, 朱丹, 等. 低盐麻辣风味萝卜干的研制[J]. 包装与食品机械, 2013, 31(1): 62-65.
- NIU G C, WEI W Y, ZHU D, et al. Preparation of spicy-hot pickled radish with low-salt[J]. Packaging and Food Machinery, 2013, 31(1): 62-65.
- [38] 叶诗, 何建军, 关键, 等. 萝卜干腌制加工工艺研究[J]. 长江蔬菜 2013(20): 75-77.
- YE S, HE J J, GUAN J, et al. Curing and processing technology for dried radish [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2013(20): 75-77.
- [39] 刁丽婷. 低盐萝卜干加工及卫生评价[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015.
- DIAO L T. Processing and sanitation evaluation of low sodium salt dried radish[D]. Guangzhou: Zhongkai University of Agriculture and Engineering, 2015.
- [40] VICENTE A R, SALADIÉ M, ROSE J K C, et al. The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87 (8): 1435-1448.
- [41] 尹爽, 王修俊, 刘佳慧, 等. 高盐大头菜脱盐因素的研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(7): 135-138.
- YIN S, WANG X J, LIU J H, et al. Study on desalination factors of high salt root-mustard[J]. China Brewing, 2016, 35(7): 135-138.
- [42] 欧雪, 吴梦西, 廖一漠, 等. 不同盐浓度对接种发酵萝卜泡菜品质的影响[J]. 四川农业大学学报, 2022, 40(3): 438-448.
- OU X, WU M X, LIAO Y M, et al. Effects of different salt concentrations on the quality of radish pickles produced by inoculated fermentation[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2022, 40 (3): 438-448.
- [43] PEDERSON C S, ALBURY M N. Factors affecting the bacterial flora in fermenting vegetables[J]. Journal of Food Science, 1953, 18(1/2/3/4/5/6): 290-300.
- [44] TAMOGHNA GHOSH T G, ARUN BENIWAL A B, ANUPAMA SEMWAL A S, et al. Mechanistic insights into probiotic properties of lactic acid bacteria associated with ethnic fermented dairy products [J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 502.
- [45] GARDNER N J, SAVARD T, OBERMEIER P, et



- al. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 64(3): 261-275.
- [46] JOSHI V K, SHARMA S A. Panorama of lactic acid bacterial fermentation of vegetables[J]. International Journal of Food and Fermentation Technology, 2013, 2(1): 1-12.
- [47] 杜晓华, 刘书亮, 蒲彪, 等. 植物乳杆菌纯种半固态发酵泡菜工艺条件的研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(1): 63-66.
- DU X H, LIU S L, PU B, et al. Production technology of pickle by semi-solid fermentation of *Lactobacillus plantarum*[J]. China Brewing, 2011, 30(1): 63-66.
- [48] AGRIPOULOU S, STAMATELOPOULOU E, SACHADYN-KRÓL M, et al. Lactic acid bacteria as antibacterial agents to extend the shelf life of fresh and minimally processed fruits and vegetables: Quality and safety aspects[J]. Microorganisms, 2020, 8(6): 952.
- [49] CUI L, GUO W G. Antibacterial substances produced by lactic acid bacteria and their mechanism[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(11): 2578-2584.
- [50] DI CAGNO R, SURICO R F, SIRAGUSA S, et al. Selection and use of autochthonous mixed starter for lactic acid fermentation of carrots, French beans or marrows[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 127(3): 220-228.
- [51] YU S M, ZHANG Y. Effects of lactic acid bacteria on nitrite degradation during pickle fermentation[J]. Advanced Materials Research, 2013, 781: 1656-1660.
- [52] HUANG Y, WANG X, WANG J, et al. *Lactobacillus plantarum* strains as potential probiotic cultures with cholesterol-lowering activity[J]. Journal of Dairy Science, 2013, 96(5): 2746-2753.
- [53] 李清, 王英, 刘小莉, 等. 接种乳酸菌对发酵萝卜品质及亚硝酸盐含量的影响[J]. 江西农业学报, 2015, 27(2): 88-90, 94.
- LI Q, WANG Y, LIU X L, et al. Effects of different *Lactobacillus* strains inoculation on nitrite content and sensory quality of pickled radish[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2015, 27(2): 88-90, 94.
- [54] 李庆羊, 吴祖芳, 翁佩芳, 等. 植物乳杆菌和棒状乳杆菌对发酵萝卜干风味品质的影响[J]. 中国食品学报, 2021, 21(9): 150-159.
- LI Q Y, WU Z F, WENG P F, et al. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rodarum* on flavor quality of fermented dried radish[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(9): 150-159.
- [55] WANG C, LIU L, ZHANG Z, et al. Magnetic biomass activated carbon-based solid-phase extraction coupled with high performance liquid chromatography for the determination of phenylurea herbicides in bottled rose juice and water samples[J]. Food Analytical Methods, 2016, 9(1): 80-87.
- [56] ZHAO D, TANG J, DING X. Analysis of volatile components during potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss.) pickle fermentation using SPME-GC-MS[J]. LWT-Food Science & Technology, 2007, 40(3): 439-447.
- [57] 刘大群, 华颖. 基于电子鼻与 SPME-GC-MS 法分析不同脱水方式下萧山萝卜干中的挥发性风味物质[J]. 现代食品科技, 2014, 30(2): 279-284.
- LIU D Q, HUA Y. Detection of volatile flavor compounds in different dehydrated Xiaoshan pickled radish by SPME-GC-MS and e-nose methods[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(2): 279-284.
- [58] 王鑫, 车刚, 万霖, 等. 不同干燥方式对白萝卜干制品品质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2017, 29(2): 58-63.
- WANG X, CHE G, WAN L, et al. Influences of different drying methods on product quality of white dried turnip[J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2017, 29(2): 58-63.
- [59] CHA B S, KIM W J, BYUN M W, et al. Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of kimchi[J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 1989, 21(1): 109-119.
- [60] BYUN M W, LEE K H, KIM D H, et al. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid[J]. Journal of Food Protection, 2000, 63(7): 934-939.
- [61] BYUN M W, KIM D H, YOON H S, et al. Changes in microbiological and general qualities in gamma irradiated doenjang (fermented soybean paste)

- [J]. Food Science and Biotechnology, 2001, 10(1): 7-11.
- [62] KIM D H, JO C, YOON H S, et al. Enhancement of preservation characteristics of Meju, an intermediate material for Korean legume-based fermented soy sauce, Kanjang, by irradiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 64(4): 317-322.
- [63] DEPREE J A, HOWARD T M, SAVAGE G P. Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulphur compounds of Wasabi (*Wasabia japonica*) [J]. Food Research International, 1998, 31(5): 329-337.
- [64] OEY I, LILLE M, VAN LOEY A, et al. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(6): 320-328.
- [65] 樊爱萍, 董鹏, 苏宇, 等. 热烫对超高压杀菌泡菜风味成分的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(11): 227-233.
- FAN A P, DONG P, SU Y, et al. The effect of blanching on flavor compositions of pickles pasteurized by ultra-high hydrostatic pressure[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015, 15(11): 227-233.
- [66] 陈姝娟, 陈安均, 何利, 等. 红萝卜泡菜微波杀菌工艺的优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 202-206.
- CHEN S J, CHEN A J, HE L, et al. Optimization of radish pickle microwave sterilization process [J]. Food and Machinery, 2016, 32(7): 202-206.
- [67] 申光辉, 陈安均, 陈姝娟, 等. 超高压对泡萝卜的杀菌效果及其动力学研究[J]. 食品科学, 2016, 37(5): 67-71.
- SHEN G H, CHEN A J, CHEN S J, et al. Inactivation and kinetics analysis of microorganisms in pickled radish processed by high hydrostatic pressure [J]. Food Science, 2016, 37(5): 67-71.
- [68] 徐燕, 黄敬华. 迷迭香中天然防腐剂的提取方法及其抑菌作用研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(2): 1-4.
- XU Y, HUANG J H. Study on the method of extracting natural preservative in rosemary and its bacteriostasis[J]. Amino Acids & Biotic Resources, 2007, 29(2): 1-4.
- [69] 王向阳, 王芳, 刘绘景. 天然植物提取物对萝卜干腐败菌抑菌研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(5): 36-38, 51.
- WANG X Y, WANG F, LIU H J. Study on inhibition effects of botanical extracts on putrefying microbes from pickled radish[J]. China Condiment, 2012, 37(5): 36-38, 51.
- [70] 王向阳, 管佳. 天然防腐剂对萝卜干腐败微生物的控制研究[J]. 中国调味品, 2008, 33(11): 34-37.
- WANG X Y, GUAN J. Study on the effects of natural preservatives on control of spoilage organisms in pickled radish[J]. China Condiment, 2008, 33(11): 34-37.
- [71] 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, 26(3): 208-212.
- JIN Q. The nutrition and health function of Korean traditional fermented food[J]. Agricultural Science Journal of Yanbian University, 2004, 26(3): 208-212.
- [72] KO Y T, HWANG J K, BAIK I H. Effects of Jeotkal addition on quality of Kimchi[J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 2004, 36(1): 123-128.
- [73] 章献, 赵勇, 刘源, 等. 2种韩国泡菜挥发性风味物质分析研究[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(1): 150-156.
- ZHANG X, ZHAO Y, LIU Y, et al. Analysis of the volatiles in two kinds of Korea Kimchi by gas chromatograph-mass spectrometry with solid phase microextraction[J]. Food and Fermentation Industries, 2009, 35(1): 150-156.
- [74] PARK H D, RHEE C H. Antimutagenic activity of *Lactobacillus plantarum* KLAB21 isolated from kimchi Korean fermented vegetables[J]. Biotechnology Letters, 2001, 23(19): 1583-1589.
- [75] 王向阳, 江一菲. 三种酸味剂对不同盐度下萝卜干腐败菌的抑制研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(10): 39-41, 47.
- WANG X Y, JIANG Y F. Study on three acids inhibited decay microbes from packed pickled radish in series concentration NaCl[J]. China Condiment, 2011, 36(10): 39-41, 47.
- [76] 赵雪, 卢珍华, 曾荣急, 等. 不同产地腌渍萝卜化学成分分析及抑菌活性比较[J]. 中国酿造, 2019, 38(5): 141-145.
- ZHAO X, LU Z H, ZENG R J, et al. Chemical composition analysis and antibacterial activity comparison of preserved radish from different regions[J].

- China Brewing, 2019, 38(5): 141-145.
- [77] BEEVI S S, NARASU M L, GOWDA B B. Polyphenolics profile, antioxidant and radical scavenging activity of leaves and stem of *Raphanus sativus* L.[J]. Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands), 2010, 65(1): 8-17.
- [78] 蔡楷钰, 刘秀贞, 张晓芝, 等. 潮州江东萝卜干营养成分分析及亚硝酸盐的含量检测[J]. 江西化工, 2010, 26(4): 28-31.
- CAI K Y, LIU X Z, ZHANG X Z, et al. The research of nutritional ingredient analysis and nitrite on Chaozhou Jiangdong dried turnip[J]. Jiangxi Chemical Industry, 2010, 26(4): 28-31.
- [79] MATSUYAMA H, TANAKA W, MIYOSHI N, et al. Beneficial effects of the consumption of sun-dried radishes (*Raphanus sativus* cv. YR-Hyuga-Risou) on dyslipidemia in apolipoprotein E-deficient mice [J]. Journal of Food Biochemistry, 2021, 45(5): e13727.
- [80] KANEKO Y, KIMIZUKA-TAKAGI C, BANG S W, et al. Radish[M]//Vegetables. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007: 141-160.

### Research Progress on Key Technologies of Processing, Storage and High Value Utilization of Dried Radish

Cui Fangchao<sup>1</sup>, Hu Yuqian<sup>1</sup>, Wang Dangfeng<sup>1</sup>, Tan Qianqian<sup>1</sup>, Lü Xinran<sup>1</sup>,  
Yu Zhangfu<sup>2</sup>, Shen Ronghu<sup>2</sup>, Li Jianrong<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>College of Food Science and Engineering, Bohai University, National and Local Joint Engineering Research Center of Fresh Agricultural Product Storage, Processing and Safety Control Technology, Jinzhou 121013, Liaoning

<sup>2</sup>Hangzhou Xiaoshan Agricultural Development Co., Ltd., Hangzhou 311200)

**Abstract** Radish is the second largest vegetable crop in China. In 2021, the total radish production was approximately 18.176 million tons in China, accounting for approximately 45% of the global radish production, and the annual harvest accounted for about 1/14 of the annual output of vegetables. Dried turnips are a special flavor radish food made of radish as raw material through curing and fermentation. It tastes crisp and nutritious. It has a long history of processing methods and is widely loved by people. Dried radish has various kinds and different production techniques. At present, the dried radish processing industry in China is still in the primary stage, with single variety and lack of high-value processing. This review briefly introduces the production technology, processing status and process optimization of dried radish at home and abroad, discusses the quality changes and influencing factors in the process of dried storage and processing of radish, and summarizes the measures of dried preservation of radish. Finally, the functional factors of dried radish and its potential high-value utilization techniques were discussed. This review has important guiding significance for improving the curing process of dried radish, improving product quality and safety, and promoting the high-value processing and utilization of dried radish.

**Keywords** dried radish; processing; storage; quality; high value utilization