

肉干品种及肉干保藏技术研究进展

张益卓, 李 腾, 陈菲菲, 赵 阳, 李洋洋, 赵长青

Research Progress of Meat Jerky Varieties and Meat Jerky Preservation Technology

ZHANG Yizhuo, LI Teng, CHEN Feifei, ZHAO Yang, LI Yangyang, and ZHAO Changqing

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090106>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

发酵及添加鸡脂肪对鹿肉干营养特性和风味的影响

Effect of Fermentation and Adding Chicken Fat on the Nutritional Properties and Flavor of Venison Jerky

食品工业科技. 2021, 42(9): 60-69

包装技术在肉制品保鲜中的研究进展

Research Progress of Packaging Technology in the Preservation of Meat Products

食品工业科技. 2021, 42(16): 367-373

环境因子对扁形绿茶贮藏品质影响研究及货架期预测初探

Effects of Environmental Factors on Storage Quality of Flat Green Tea and Preliminary Study on Shelf Life

食品工业科技. 2020, 41(12): 275-280

不同保鲜纸对枇杷货架期品质及生理特性的影响

Effect of Different Preservative Paper on the Quality and Physiological Characteristics of Loquat Fruits during Shelf Life

食品工业科技. 2021, 42(3): 272-276

低温等离子体冷杀菌对盐水鸭货架期及风味品质的影响

Effects of Cold Plasma Sterilization on Shelf Life and Flavor Quality of Salted Duck

食品工业科技. 2021, 42(17): 70-77

1-MCP处理对库尔勒香梨货架期香气成分及品质的影响

Effects of 1-MCP Treatment on Aroma Components and Quality of Korla Fragrant Pear Fruits during Shelf Life

食品工业科技. 2018, 39(18): 230-237



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

张益卓,李腾,陈菲菲,等.肉干品种及肉干保藏技术研究进展[J].食品工业科技,2021,42(20):440-448. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090106

ZHANG Yizhuo, LI Teng, CHEN Feifei, et al. Research Progress of Meat Jerky Varieties and Meat Jerky Preservation Technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(20): 440-448. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090106

肉干品种及肉干保藏技术研究进展

张益卓,李 腾,陈菲菲,赵 阳,李洋洋,赵长青*

(四川轻化工大学生物工程学院,四川宜宾 644000)

摘要:肉干作为一种营养丰富、健康美味、携带方便的肉制品,受到众多消费者的喜爱。肉干包括牛肉干、羊肉干、猪肉干、马肉干等畜牧类肉干,鸡肉干、鸭肉干、鹅肉干等家禽类肉干,鱼肉干,蛇肉干、兔肉干等其他类肉干。本文论述了不同品种肉干的研究现状,对引发肉干腐败变质的因素以及常用于肉干等肉制品的保藏技术进行了说明。通过论述不同品种肉干的研究现状和保藏技术,以对肉干风味口感的提升方式、品质的稳定方式以及肉干货架期的延长方式等方面进行分析。本文的研究内容将对市售肉干品质的提升、新品种肉干的研发制作与新型保藏方法的开发有参考意义,也在一定程度上推动了肉制品行业的发展。

关键词:肉干,风味,品质,保藏,货架期

中图分类号:TS251.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2021)20-0440-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090106



本文网刊:

Research Progress of Meat Jerky Varieties and Meat Jerky Preservation Technology

ZHANG Yizhuo, LI Teng, CHEN Feifei, ZHAO Yang, LI Yangyang, ZHAO Changqing*

(College of Bioengineering, Sichuan University of Science and Engineering, Yibin 644000, China)

Abstract: As a nutritious, healthy, delicious and portable meat product, meat jerky was favored by many consumers. Jerky includes beef jerky, mutton jerky, pork jerky, horse jerky, poultry jerky, goose jerky and other poultry jerky, fish jerky, frog jerky and other aquatic jerky, snake jerky, rabbit jerky and other types jerky. This article reviews the research status of different kinds of meat jerky, explains the factors that cause the spoilage of meat jerky, and the preservation techniques commonly used in meat jerky and other meat products. In this paper, the research status and preservation technology of different meat jerky are summarized, and the methods of improving the flavor and taste of dried meat, stabilizing the quality and prolonging the shelf life of dried meat are analyzed. The research content of this paper would have reference significance for the improvement of the quality of meat jerky in the market, the research of new varieties of meat jerky and the development of new storage methods, and also promote the development of meat products industry to a certain extent.

Key words: jerky; flavor; quality; preservation; shelf life

随着经济的发展,居民肉类消费量逐年递增,人们越来越追求健康、安全且美味的肉制品。肉干营养丰富、口感好、携带方便,是一种深受消费者喜爱的传统肉制品^[1]。目前,市售的肉干以牛肉干为主,另外还有羊肉干、猪肉干、鸡肉干、鸭肉干、鹅肉干、驼肉干、鱼肉干和兔肉干等,多样化的肉干品种增加了消费者的可选择性。

长期以来,肉干制作过程中沿用了传统的工艺

条件,造成肉干的口感与风味较为单一,并由于肉干含有丰富的营养物质,给微生物生长繁殖创造了良好条件,导致肉干产品易发生胀袋、发霉等现象,从而影响了肉干的品质与货架期,这些问题严重制约了肉干产业的发展^[2-3]。近年来,研究人员对不同品种肉干的开发、加工辅料的选择、保藏方式的研发等方面做了大量研究,在一定程度上解决了肉干产品常见的口味单一、品质不稳定、保藏期较短等问题^[2]。本文

收稿日期:2020-09-10

基金项目:四川省科技厅项目(2019YFG0169)。

作者简介:张益卓(1996-),男,硕士,研究方向:肉制品精深加工,E-mail: yizhuozzz@163.com。

*通信作者:赵长青(1981-),女,博士,教授,研究方向:食品微生物,E-mail: cqz2019n@yeah.net。

对不同品种肉干的研究现状,肉干保藏技术的背景和引发肉干腐败变质的因素,及常见的肉干保藏技术进行了论述,以对新品种肉干的研发与新型保藏方法的开发提供参考。

1 不同品种肉干的研究现状

肉干是以肉(主要为瘦肉)为原料,切成规格大小统一的肉片,加入食盐、香辛料等调味料,经初煮、加料复煮、烘烤、灭菌、包装等步骤加工成的传统肉制品^[1]。由于我国地理辽阔,人口众多,各区域间的饮食习惯不同,造就了品种丰富、风味各异的肉干制品。研究人员对能够改善肉干产品的风味、口感和营养组成的辅料进行了大量研究与开发,并应用在不同品种肉干的加工过程中,制作出口感独特、营养丰富且健康的肉干。目前,关于不同品种肉干的研究主要分为以下几类:牛肉干、羊肉干、猪肉干、马肉干等畜牧类肉干,鸡肉干、鸭肉干、鹅肉干等家禽类肉干,鱼肉干,螺肉干、蛇肉干、兔肉干等其他类肉干。

1.1 牛肉干

牛肉脂肪含量低,蛋白质含量高,且含有多种氨基酸,牛肉氨基酸组成更接近人体的需要,是我国居民餐桌上常见的肉品之一。牛肉越来越多被开发为风味独特、方便携带、营养丰富和耐储藏的牛肉干,目前,对于不同风味牛肉干的研究已获得诸多进展。任志刚^[4]研制了添加木瓜蛋白酶和复合磷酸盐的五香味牛肉干,发现当木瓜蛋白酶和复合磷酸盐的用量分别为 0.03% 和 0.3% 时,牛肉干色泽棕黄、口感好、风味独特。朱效兵等^[5]利用菠萝蛋白酶与转谷氨酰胺酶对牛肉干进行嫩化处理,当菠萝蛋白酶用量为 4%,转谷氨酰胺酶作用时间为 40 min,并在 49 °C 条件下烘干时,牛肉干总糖和蛋白质含量高,感官评分高。相玉秀等^[6]将牛肉原料浸泡红酒,添加 24% 的白糖、适当食盐和味精,并在 60 °C 的温度下烘干 5 h,制作出的红酒牛肉干口感好,品质佳。高倩倩^[7]在牛肉干制作过程中添加 7% 的白砂糖、10% 的黄酒、20% 的番茄酱和其他适量调味料,研制出口感好的番茄牛肉干。徐晓霞等^[8]通过单因素和正交试验,确定选用 3.6% 的食盐、6% 的当归和 8% 的红枣作为牛肉干辅料,研制出较高营养价值和新鲜口味的当归红枣牛肉干。另外,南方某些地方喜爱的蜜糖酱汁牛肉干、果皮熏烤牛肉干,也是受欢迎的美食。

1.2 羊肉干

羊肉性温,可以帮助人体抵御寒冷,还能增加消化酶,帮助消化,是深受大家喜爱的滋补性肉类。羊肉含有多种氨基酸和丰富的蛋白质,羊肉比其他肉制品含有更多的硫胺素、核黄素,在一些国家,羊肉是上等食品^[9]。羊肉和牛肉一样,羊肉也被制作成羊肉干,关于羊肉干的风味、口感等研究有许多报道。孙钰涵^[10]通过正交试验对风味羊肉干的调料配比进行了优化,发现添加 2.75% 的生姜、5.50% 的红葱、

0.07% 的地椒叶、3.50% 的食盐、1.50% 的辣椒粉、0.20% 的花椒粉、2.00% 的白砂糖和 2.00% 的白酒后,制作出的风味羊肉干肉香浓郁,咀嚼感好,并且在保藏期间肉干微生物水平较低。朱建等^[11]选用木瓜蛋白酶应用在羊肉干的制作过程中,通过正交试验表明木瓜蛋白酶最佳用量为 40 U/g,最佳 pH 为 8.0,最佳温度为 25 °C,最佳酶作用时间为 60 min,制作出的羊肉干可溶性胶原蛋白含量高,羊肉干肉质嫩,口感好。不过由于羊肉有一股天然的羊膻怪味,所以不能被一些人接受,并且经常食用羊肉易造成上火,因而在羊肉干的加工过程中,应选择合适的辅料去解决这些问题。

1.3 猪肉干

猪肉是我国除回族以外各族人民都喜爱的肉类食品,目前,对于猪肉干的研究已有许多报道。娄爱华等^[12]用 0.4% 复合磷酸盐、0.1% 木瓜蛋白酶和 1% 氯化钙对猪肉进行嫩化处理,得到的猪肉干口感脆嫩爽口,色泽诱人。王志江等^[13]在猪肉干加工过程中添加了 4% 的地瓜粉,制作出的肉干口感较好,咸度适中,有特征的地瓜甜味。陈星^[14]研究了在猪肉的腌制过程中添加有机酸来提高猪肉干的品质,结果表明有机酸会增加猪肉干的亮度值,并提高猪肉干的咀嚼性。袁列江等^[15]将多聚磷酸钠、甘油、甘露醇等保湿剂应用在猪肉干的加工中,发现添加 3 mL/100 g 甘油能够明显提高猪肉干的品质。田娜娜^[1]在猪肉干加工中加入弹性蛋白酶和猕猴桃蛋白酶,发现对猪肉干有明显的嫩化效果,显著提高了猪肉干的嫩度和感官品质。李淑慧等^[16]在猪肉干的制作过程中加入紫薯和山药,得到的猪肉干色泽、口感和营养价值均高于传统猪肉干。

目前,市面上有多种肉干产品,但多以五香、麻辣味等为主,风味品种较少,并且质地较硬,影响了口感,严重影响了猪肉干的发展,如何改善猪肉干的质构和品质将是重要的研究方向。

1.4 其他畜牧类肉干

马肉、驼肉、驴肉和鹿肉是我国边疆地区人民喜爱的畜牧类肉制品,这些种类肉的脂肪较少,肉质较嫩,含有独特的鲜香味道,但关于这些肉干的报道并不多。李真^[17]通过响应面优化得出熏马肉干的配料最佳添加量为:白砂糖 3.44%、食盐 1.25%、酱油 1.35%,腌制时间 2.64 h,煮制时间 37.22 min,并采用真空干燥方式制作马肉干,发现肉干的感官评分为 9.71,色泽红润,品质好。杨丽等^[18]通过单因素和响应面试验得出五香驼肉干最优调料配比为白砂糖 8%、食盐 1.5%、姜粉 0.25%、五香粉 0.25%、葱 0.25%、黄酒 1%、味精 0.2%,在 55 °C 下烘烤 315 min,感官品评结果发现五香驼肉干风味独特,口感好。邹琪等^[19]以新鲜驴肉为原料,添加食盐、花椒、桂皮、白砂糖、八角和酱油,在 65 °C 下烘烤时间 5 h,制作出的驴肉干产品品质好。孔维洲^[20]在鹿肉干制备过程

中加入鸡脂,并选用植物乳杆菌、戊糖片球菌和木糖葡萄球菌作为发酵剂,实验结果表明发酵鹿肉干的氨基酸和脂肪酸含量高,具有较高的营养价值,并且在色泽、口感、风味等品质方面具有一定优势。

由于养殖环境的限制,马、驴、驼、鹿在我国的养殖较为分散,多分布于辽阔的边疆与草场地区,独特的地理环境使这些畜牧动物肉质好,富有嚼劲。在消费者越来越追求肉干独特口感的同时,富有嚼劲的肉干将使产品更加独特,增加消费者的购买欲,从而提高经济效益^[17]。

1.5 家禽类肉干

鸡肉营养丰富,肉质细嫩,有滋补养身的作用。鸡肉是我国第二大食用肉类,鸡肉产品的开发是国内外研究热点,鸡肉干是一种方便携带且脂肪含量低的鸡肉制品,深受消费者的喜爱。卜宁霞等^[21]以鸡胸肉为主要原料,采用响应面法优化了姜汁鸡肉干的加工工艺参数,并以鸡肉干的质构特性为指标,优化结果表明。当姜汁浓度为50%、腌制时间为2.7 h、腌制温度为44℃、烘烤温度为83℃时,鸡肉干品质最嫩。宋佳^[22]以鸡胸肉为原料,通过优化实验确定选用6%的乳酸钙、16%的氯化钾和8%的氯化钙来替代部分食盐,检测结果发现鸡肉干中的食盐含量由3.82%降低到2.85%,研制出低盐、色泽良好的鸡肉干。

鸭肉蛋白质含量高于普通家禽,脂肪分布均匀,营养价值与鸡肉相仿。鸭肉干易于加工,方便食用,但关于鸭肉干的报道少。Kim等^[23]将魔芋粉和胶原蛋白按照40:60的比例应用在鸭肉干的加工中,发现制作出的鸭肉干产品嫩度高,口感好。詹昌玲等^[24]使用乳酸钙替代食盐加入到鸭肉制作中,可降低鸭肉干的含盐量,并显著提高鸭肉干产品的口感和色泽。

我国是世界上鹅肉产品消费最多的国家,鹅肉不仅含有丰富的优质蛋白质和亚麻酸,而且脂肪含量较低,对人体健康有利。与鸡肉和鸭肉一样,鹅肉也可制作为肉干。陈景鑫等^[25]通过优化实验确定出鹅肉嫩化剂的配方为1.0%氯化钙、0.4%木瓜蛋白酶和0.2%的复合磷酸盐,制作出的鹅肉干品质好,感官评价高。

目前,我国仍以活禽交易为主,经济价值较低,家禽肉干等肉制品的研发与家禽的精深加工能够提高家禽的附加价值,并扩大市场,有利于我国家禽产业的快速发展。

1.6 鱼肉干

随着时代的发展,人们开始将家畜、家禽以外的一些动物肉制作成肉干,以丰富肉制品市场。郭思亚等^[26]对鲟鱼肉干的腌制和熟化过程进行了优化,当盐用量为0.92%、腌制时间为27 min时,制作出的鱼肉干硬度适中,胶着性和咀嚼性较好。张根生等^[27]以鲤鱼肉为原料,添加植物乳杆菌进行发酵,发现当菌种接种量为3%,白砂糖添加量为2%,食盐添加量

为4%,在35℃条件下发酵时间20 h制作出的鲤鱼肉干肉质弹性好,色泽鲜艳,口味独特。

1.7 其他类肉干

另外,螺肉干^[28]、蛙肉干^[29]、蚬肉干^[30]、蛇肉干^[31]和兔肉干^[32]等肉干也有报道。品种丰富的肉干给人们的休闲生活带来不一样的体验,也对肉制品未来的研究方向提供了参考。

2 肉干腐败变质因素概述

肉干作为加工类食品,肉干产品的质构、风味和色泽等品质指标与许多因素关系密切,外界环境和内部结构的变化均会改变肉干产品的品质,导致肉干腐败变质现象的发生。这些因素主要包括物理因素、化学因素和生物因素。

2.1 物理因素

常见的物理影响因素有温度、水分活度(A_w)、光照强度等。温度的升高主要促进了肉干中相关酶反应的发生,从而影响了微生物的生长速度。 A_w 反映了食品中水分与非水组分结合能力的强弱,水分活度越低,结合程度越低,此时的食品质构也越容易发生改变^[33]。强光线的照射直接促进部分化学反应的发生,例如肉干中脂质物质的氧化反应与蛋白质的分解反应^[34]。

2.2 化学因素

引发肉干腐败变质的化学因素主要有酶作用、非酶作用和脂质氧化作用。酶的功能和来源多种多样,酶具有高度的特异性和催化性,当肉干 A_w 低于0.15时,才能抑制酶的活性,所以酶作用是导致肉干变质的重要因素。非酶作用又称非酶褐变,主要是由美拉德反应引起,非酶作用的发生会使肉干感官品质下降。脂质氧化作用经常发生在肉干的保藏过程中,由于肉干中的油脂会发生水解反应,分解为脂肪酸等物质,这些物质进而发生氧化、聚合等反应,使肉干风味物质变质,造成产品气味难闻,并伴随肉干酸败等现象的发生^[35]。

2.3 生物因素

能引起肉干变质的微生物主要包括细菌和霉菌。一般来说,肉干的变质主要是由于微生物菌群的生理活动造成食物中蛋白质、脂质或氨基酸被分解,产生异味而导致的。肉干在保藏过程中易滋生的细菌有芽孢杆菌属、假单胞菌属、葡萄球菌属、志贺氏菌属、肠杆菌属等。霉菌有毛霉属、根霉属、曲霉属等^[33]。同时有研究表明,各种微生物都有最适生长 A_w ,例如肉干中易滋生的金黄色葡萄球菌(最适生长 A_w 范围为0.80~0.87)、沙门氏菌(最适生长 A_w 范围为0.91~0.95)、志贺氏菌(最适生长 A_w 范围为0.95~1.00),当 A_w 低于0.80时,一般微生物不生长。当食品加工过程中控制好 A_w ,便可控制微生物的初始数量,以稳定食品品质^[36-37]。所以在食品加工过程中要保持低水平的微生物数量,再结合产品保藏

技术,才能保证产品的品质。

3 常见的肉干保藏技术

3.1 肉干保藏的背景

早在很久以前,人类已学会将海水晒干取盐来保藏鱼肉干、牛肉干等食物,后来又学会利用天然冰雪和烟熏的方式来保藏肉制品,这些方法便是现代的盐腌、低温、烟熏技术的雏形^[33]。现代食品保藏技术是基于传统食品保藏技术的原理开发出的能够实现自动化和机械化的技术,这种现代技术是以消费为导向的技术,消费者需要什么,就开发什么,向着更安全、新鲜、健康的食品发展^[35]。现代保藏技术的发展能满足消费者对食品感官、营养、保健效果等各方面的要求,也能够食物保藏过程中品质的稳定、减少食物资源的浪费等方面发挥巨大作用。

3.2 低温保藏技术

采用低温保藏技术保藏的肉干制品的营养、质构、风味等品质指标与新鲜肉干更为接近,低温保藏技术是最常用的一种技术。由于微生物的生长繁殖建立在复杂的反应基础上,而这些反应的速率随着温度的降低而减慢,当温度降低至微生物的最低生长点时,微生物便会停止生长,并出现死亡现象^[38-40]。肉干营养成分丰富,极易滋生金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、志贺氏菌以及大肠杆菌等腐败、致病微生物,低温的条件会影响微生物酶系统的正常工作,从而影响微生物的生长繁殖^[36]。腐败菌和致病菌的初始数量越少,肉干的贮存期越长,所以低温保藏技术可用于延长肉干产品的贮存期。常见的低温保藏技术有低温冷藏、低温冻藏、低温气调保藏等技术。

3.3 包装保藏技术

由于肉制品应满足消费者对食品货架期的基本需求,并且研究人员已经证明高氧包装可能会导致肉制品的感官退化,所以在肉制品的包装过程中不宜直接选用普通包装^[41]。研究人员在肉制品常用包装技术的优化与创新方面做了大量工作,研究表明,肉制品包装常采用真空包装、气调包装以及其它新型材料包装,适当的包装方式可以发挥较好的保鲜、保藏效果,以保证产品品质,并延长货架期^[41]。但关于肉干的包装保藏技术研究报道较少,故本文引用肉及肉制品的包装保藏技术以对肉干产品的保藏技术发展起到参考作用。

3.3.1 真空包装 真空包装是将包装内的空气抽出,使包装袋内处于减压状态,使微生物的生长繁殖条件受到限制的一种包装技术。颜向红等^[42]探讨了普通真空包装和铝箔真空包装对发酵鸡肉干的影响,发现在铝箔包装下的发酵鸡肉干氨基酸总量较高,鸡肉干产品品质也更为稳定。Lacroix 等^[43]研究了真空包装对鲜猪肉的影响,发现真空包装能够很好抑制肠杆菌与假单胞杆菌属等腐败菌的生长,但对猪肉色泽有影响。Daniloski 等^[44]使用聚合物材料用来真空包

装鲜猪肉,发现这种包装方式可以提高肉品的货架期,在长达 14 d 的保藏过程中,鲜猪肉的理化性质、感官特性、微生物数量均未发生重大变化,说明在真空包装时选取隔绝氧气效果好的聚合物材料有利于鲜猪肉的保藏。Maqsood 等^[45]发现真空包装可以有效抑制脂质氧化、微生物生长和蛋白质降解,保持新鲜骆驼肉的感官品质。

传统的真空包装基本上会去除所有的氧气,从而抑制细菌生长。因为肉及肉制品具有代谢活性,密封后残留在包装中的少量氧气会被代谢转化为二氧化碳,这有助于延长货架期^[46]。若将真空包装技术结合隔绝氧气能力强的包装材料,真空包装将在保证产品色泽的前提下延长产品的保藏时间。

3.3.2 气调包装 气调包装是在密封前去除包装内的空气或填充惰性气体混合物以代替空气的一种包装方式。在气调包装中最常用的气体是 CO₂ 和 N₂,它会抑制细菌生长、避免脂肪氧化,阻止厌氧菌生长并保持肉的颜色,从而维持产品的品质,延长货架期,因此气调包装被认为是一种有效的肉及肉制品保藏技术^[47]。马骋等^[48]研究发现在高 O₂ 浓度条件下,牛肉中的乳酸脱氢酶(LDH)活性和还原型辅酶 I(NADH)含量更高,LDH 活性和 NADH 含量是影响肉色稳定性的主要因素,所以在 O₂ 含量为 60% 的气调包装下可以维持牛肉肉色的稳定性。党亚丽等^[49]用不同组分的气调包装对鸭肉进行保鲜处理,发现采用 20% CO₂+40% O₂+40% N₂ 的包装方式对肉中微生物生长和蛋白质分解都有很好的抑制作用。Chen 等^[50]采用 30% CO₂、50% CO₂ 或 50% CO 的气调包装用于烤鸭保藏中,发现 CO₂ 或 CO 气体对假单胞菌、乳酸菌等微生物有很好的抑制作用,使烤鸭肉的脂质氧化速率降低,颜色更加稳定,货架期延长了 7 d。Lyu 等^[47]证明在包装中填充一定浓度的 O₃ 和 CO 对保持牛肉品质是有效的。气调包装的成本比其他包装方式高,但这种保藏技术具有较好的防腐保质效果,仍被广泛应用于肉制品行业。

3.3.3 新型材料包装 由于单一包装材料对肉制品的保藏效果欠佳,许多学者研发出复合的新型包装材料,选取适当的添加剂应用在传统包装膜材料中,以发挥更好的保藏效果。郭宗林^[51]使用沙棘渣提取物添加进包装膜材料中,并将这种材料应用于牛肉干的保藏中,发现这种包装材料能够有效减缓牛肉干品质的变化。也有人使用含有山梨酸的纳米颗粒涂膜的包装材料用来包装鲜猪肉,发现猪肉的菌落总数保持在较低水平,且有效地抑制了脂质氧化,延长了货架期^[52]。Yang 等^[53]使用红茶、乌龙茶和绿茶提取物作成包装膜材料,用这种包装材料包装猪肉,发现肉中的脂质氧化速率降低,且有很好的抗氧化性。李红梅^[54]将氧化锌纳米颗粒与活性膜进行负载处理,应用在猪肉香肠的保藏,发现这种包装材料可以很好地抑制猪肉蛋白质降解和细菌生长。也有人将含有绿

茶提取物的壳聚糖膜用于猪肉肠的包装,发现这种材料可以有效延缓微生物生长,并提高猪肉肠的色泽^[55]。Gaikwad等^[56]研发了新型聚异戊二烯活性膜,应用在牛肉干的包装中,发现在经过90 d后,牛肉干仍保持较低的微生物水平。也有人将可以吸收O₂、水分或释放CO₂、抗菌剂的活性包装技术应用在牛肉保鲜中,发现这种包装材料比传统聚丙烯材料有更好的抑制脂质氧化和蛋白质分解的作用^[57]。新型包装材料的研发不仅对肉制品行业有积极意义,还对食品行业的健康发展有重要作用。

3.4 发酵保藏技术

发酵食品主要是指微生物在一定条件下通过生命活动来制作具有特定指标的食品。随着科学技术的发展,发酵技术已成为一门独立的学科。发酵型肉干是在传统肉干加工过程中接种发酵剂制作而成的,微生物发酵技术应用在肉干的生产工艺中,可以使肉干的肉质变嫩,赋予肉干独特的风味,并提高肉干的营养价值^[58-59]。由于在肉干加工过程中加入了菌种发酵剂,经微生物发酵后,肉干的pH和Aw下降,进而抑制了大肠杆菌、致病菌(金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、志贺氏菌)等不利微生物的生长繁殖,使发酵肉干的安全性得到提升,货架期也得到延长^[60]。

3.4.1 单菌种发酵 目前,在肉干发酵过程中主要选用乳杆菌和球菌作为单菌种发酵剂。张开屏等^[61]利用戊糖片球菌应用在羊肉干的制作过程中,检测结果表明发酵羊肉干产酸速率提高,抗氧化性能提升,产品的口感也得到改善。Negishi等^[62]使用保加利亚乳杆菌制作发酵猪肉干,肉干的质构特性经发酵后发生了较大改变,经检测,肉干中乳酸菌活菌数为10⁷~10⁸ CFU/g,大量乳酸菌使猪肉干具有独特的风味,并抑制了大肠杆菌的生长,延长了货架期。

3.4.2 复合菌种发酵 文献综述表明,选用复合发酵剂用来发酵肉干已成为研究热点。庞国强^[63]选用汉逊德巴利酵母菌、木糖葡萄球菌和乳酸片球菌作为复合发酵剂发酵牛肉干,发现经过发酵后产品的组胺明显减少,游离氨基酸含量提升,感官品质也显著提高。蔡永敏等^[64]在羊肉干的制作中添加植物乳杆菌和肉葡萄球菌,发现这种复合发酵剂有助于改善羊肉干的品质和口感,维持羊肉干在保藏过程中的品质稳定性。高小翊^[65]将植物乳杆菌和酿酒酵母以2:1的比例制成复合发酵液,检测发现发酵猪肉干口感和风味良好,肉干咀嚼性、弹性、胶着性均有所降低,货架期比非发酵的猪肉干产品更长。王新惠等^[66]以清酒乳酸杆菌和木糖葡萄球菌为复合发酵剂发酵猪肉,检测结果表明发酵猪肉干产品的风味、色泽、滋味等品质指标均高于自然发酵组。Katutaro等^[67]研究了德氏乳杆菌和嗜热链球菌作为发酵剂对发酵猪肉干的影响,蛋白水解检测结果表明,猪肉干在发酵过程中发生了肌原纤维蛋白的水解,使肉干的口感得到提升,也增强了猪肉干的抑菌效果。

对发酵剂进行研究,能够有效提高发酵肉干的品质。然而发酵肉制品也存在一定的安全问题,主要包括肉中致病菌的生长、生物毒素的累积和亚硝酸盐的危害。另外,肉干富含蛋白质和氨基酸,在发酵过程中,携带氨基酸脱羧酶的杂菌容易将肉中的游离氨基酸转化为生物胺,而生物胺是致癌物亚硝酸盐的前体物质^[68]。

3.5 化学保藏技术

肉制品的保藏效果受到保藏过程中的微生物、空气、水分、光照等因素的影响,导致产品货架期变短,并引发一系列食品安全问题,许多学者选用化学保藏技术来对肉干的货架期进行研究。化学保藏技术主要是以加入防腐剂、抗氧化剂等添加剂的方式来达到对食品货架期延长的目的。防腐剂是通过影响微生物酶的活性、影响微生物细胞膜的通透性、影响微生物的遗传物质等作用来抑制食品中微生物的生长^[69]。抗氧化剂是通过防止或延缓食品的氧化反应,以提高食品品质的稳定性。防腐剂的选择是依靠食品微生物的种类和防腐剂抑菌谱的匹配度,并考虑防腐剂的最佳反应温度和食品加工温度等条件。研究表明,常选用山梨酸钾、亚硝酸钠等化学防腐剂,乳酸链球菌素、纳他霉素、溶菌酶、植物提取物、香辛料提取物、茶多酚等天然防腐剂用于肉干产品的防腐^[69]。

研究人员常用化学合成防腐剂应用于肉干产品的保鲜。凌道等^[70]将山梨糖醇、乙二胺四乙酸二钠和丙三醇按照最佳配比添加进猪肉干中,发现猪肉干产品的A_w降低至0.63,这对猪肉干货架期的延长有重要的作用。金佳幸等^[71]将肉桂醛-β环糊精防腐剂应用在猪肉干保藏中,发现该防腐剂对猪肉干A_w具有较好的降低效果,霉菌生长受到明显抑制。宋佳^[22]通过正交试验确定选用6%山梨醇、5%丙三醇和2%丙二醇制作鸡肉干,发现鸡肉干A_w为0.71,货架期为135 d,远高于空白对照组。Wongwiwat等^[72]将蔗糖、果糖、山梨醇按照一定比例加入鸡肉干的制作工艺中,并对真空和好氧条件下鸡肉干的品质进行了研究,发现真空条件下的鸡肉干产品色泽鲜艳,脂质氧化速率低,肉干品质较好。另外,也有许多研究人员将天然防腐剂或抗氧化剂应用在肉及肉制品中。黄现青等^[73]在猪肉制品中加入乳酸链球菌素和双乙酸钠,发现这两种添加剂可以有效抑制霉菌和细菌的生长繁殖,保鲜效果明显。刘梅^[74]对聚赖氨酸与乳酸链球菌素对鸡肉产品的保鲜做出研究,检测结果表明这两种天然防腐剂的协同作用能够高效地抑制鸡肉中常见腐败菌。Kim等^[75]将洋葱皮提取物应用于猪肉干的加工中,增加了猪肉干的风味,也延长了货架期。本课题组前期研究发现,在30℃条件下保藏一个月后,分别添加了纳他霉素和聚赖氨酸的猪肉干均未检出致病菌(沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、志贺氏菌),且菌落总数≤10000 CFU/g,大肠菌群≤

30 MPN/100 g。

随着绿色健康食品概念的常态化,人们清楚地认识到化学防腐剂的危害,天然防腐剂的出现很好地解决了这一问题。如何真正让消费者吃到安全健康且具有一定货架期的肉干产品,将成为未来的研究热点。

3.6 微波、辐照等保藏技术

微波技术的热效应和非热效应能够在瞬间杀死许多微生物,在微波环境中,部分微生物的生物结构或蛋白质结构会被破坏,直接造成细菌的死亡。研究表明,在 40 ℃ 条件下,微波处理数分钟可明显提高产品安全稳定性,并改善肉干的风味与感官品质。辐照技术是借助某些物质所产生的高能量,在常温常压下对包装产品进行彻底的杀菌^[76]。目前,对于微波技术的研究主要集中于利用其他技术与微波技术相结合,并对控制条件进行优化,以达到加工出的产品具有更好的保藏效果。

文献综述表明,微波等杀菌技术已非常成熟的应用在肉干加工中,尤其以牛肉干居多。曹效海等^[77]使用微波干燥杀菌技术用于鲜牦牛肉干的加工,发现经过微波干燥后的牛肉干色泽比传统干燥牛肉干更诱人,菌落总数明显低于空白组,货架期得到延长。王俊山^[78]利用微波-热风耦合干燥牛肉干,发现当微波功率为 250 W,热风温度为 75 ℃,干燥 5 min 后牛肉干产品的色泽、质构特性和感官评分明显高于其他干燥组,这种干燥方式赋予了牛肉干纯正的烤香风味,并提高了肉干品质,延长了保质期。Kim 等^[79]在牛肉干制作过程中采用电子束辐照技术,微生物学检测结果表明该牛肉干菌落总数少,微生物安全性较高。Yong 等^[80]将柔性薄层等离子体系统用于牛肉干产品杀菌,发现这种杀菌方式对牛肉干中大部分细菌、霉菌均有较好抑制效果,延长了保质期。Kim 等^[81]利用射频常压等离子体放电系统灭活牛肉干中的金黄色葡萄球菌,发现杀菌效果明显。刘梦等^[82]在牛肉片腌制过程中应用超声干燥方式,降低了牛肉干的硬度,并提高了牛肉干产品的品质。微波、辐照等技术在肉干中的成熟应用,很好地抑制了肉干微生物的生长,并保证了肉干品质,对肉干产业的发展有重要意义。

4 结论与展望

本文论述了不同品种肉干的研究现状,包括牛肉干、羊肉干、猪肉干、马肉干等畜牧类肉干,鸡肉干、鸭肉干、鹅肉干等家禽类肉干,鱼肉干,以及螺肉干、蛇肉干、兔肉干等其他类肉干。研究发现,目前主要是通过添加蛋白酶等物质以改善肉干的口感,添加食源性辅料以丰富肉干的营养及风味,添加食盐代替物以降低肉干中的盐含量并改善肉干品质。另外,由于肉干营养丰富,极易滋生微生物,导致腐败变质,故本文对引发肉干腐败变质的物理因素、化学因素和生物因素进行了说明。最后,肉干产品品质的稳定

需采取特定的保藏技术,以减少或杜绝腐败变质现象的发生,因此本文对肉干常见保藏技术的研究进展进行了综述,发现目前常用于肉干的保藏技术有低温保藏技术,包括真空包装、气调包装、新型材料包装在内的包装保藏技术,包括单菌种发酵和复合菌种发酵在内的发酵保藏技术,采用防腐剂和抗氧化剂在内的化学保藏技术,以及微波与辐照保藏技术等,这些保藏技术的成熟运用,保证了肉干品质的稳定性,延长了产品货架期,提供给消费者健康安全的产品。不过由于不同品种肉干的性质存在差异,未来的研究仍需对肉干的营养配比、口感提升、品质稳定、保藏技术、杀菌技术等过程进行优化,将健康安全、营养丰富、口感独特、耐储藏的不同品种肉干产品推向市场。

参考文献

- [1] 田娜娜. 半干猪肉干加工及贮藏稳定性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2019. [Tian N N. Study on processing and storage stability of semi-dried pork porky[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2019.]
- [2] Hernandez H, Frankova A, Kloucek P, et al. The effect of the application of thyme essential oil on microbial load during meat drying[J]. Jove-Journal of Visualized Experiments, 2018(133): 57054.
- [3] Surendhiran D, Li C, Cui H, et al. Fabrication of high stability active nanofibers encapsulated with pomegranate peel extract using chitosan/PEO for meat preservation[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 23: 100439.
- [4] 任志刚. 嫩化型五香味牛肉干的研制[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(5): 1541-1547. [Ren Z G. Preparation of tenderized spiced beef jerky[J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2020, 11(5): 1541-1547.]
- [5] 朱效兵, 郭瑞. 传统中式风味牛肉干的生产工艺[J]. 现代食品科技, 2020, 36(6): 235-242, 154. [Zhu X B, Guo R. Optimization of process parameters for chinese-style beef jerky[J]. Modern food Technology, 2020, 36(6): 235-242, 154.]
- [6] 相玉秀, 王鑫茹, 郭玲玲. 红酒牛肉干的研制[J]. 肉类工业, 2018(10): 7-10. [Xiang Y X, Wang X R, Guo L L. Development of red wine beef jerky[J]. Meat Industry, 2018(10): 7-10.]
- [7] 高倩倩. 番茄牛肉干的研制[J]. 肉类工业, 2017(8): 12-16. [Gao Q Q. Development of tomato beef jerky[J]. Meat Industry, 2017(8): 12-16.]
- [8] 徐晓霞, 张怀珠, 杨富民, 等. 当归红枣牛肉干生产工艺的研究[J]. 肉类工业, 2013(12): 14-17. [Xu X X, Zhang H Z, Yang F M, et al. Study on processing technology of angelica and jujube beef jerky[J]. Meat Industry, 2013(12): 14-17.]
- [9] 王芳, 王宏博, 席斌, 等. 不同品种绵羊肉品质比较与分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(1): 229-235. [Wang F, Wang H B, Xi B, et al. Comparison and analysis of meat quality of different breeds of sheep[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(1): 229-235.]
- [10] 孙钰涵. 风味羊肉干和陕北风味炖羊肉加工技术研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018. [Sun Y H. Study on processing

- technology of flavor dried mutton and flavor stewed mutton in Northern Shaanxi[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2018.]
- [11] 朱建, 陈海霞, 侯大军. 木瓜蛋白酶处理对羊肉干嫩度的影响[J]. 食品与发酵科技, 2017, 53(4): 64-67, 72. [Zhu J, Chen H X, Hou D J. Effect of papain treatment on dried mutton tenderness[J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2017, 53(4): 64-67, 72.]
- [12] 娄爱华, 马美湖. 嫩化型五香猪肉干的加工工艺[J]. 肉类工业, 2007(4): 20-23. [Lou A H, Ma M H. Study on producing technology of tenderization pork jerky[J]. Meat Industry, 2007(4): 20-23.]
- [13] 王志江, 吴小勇, 陈丽香. 地瓜猪肉干加工工艺研究[J]. 肉类工业, 2015(8): 8-11. [Wang Z J, Wu X Y, Chen L X. Study on processing technology of pork jerky of sweet potato[J]. Meat Industry, 2015(8): 8-11.]
- [14] 陈星. 酸辣猪肉干加工工艺及产品特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 10-25. [Chen X. Study on the processing technology and product characteristics of acid/hot pork jerky[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016: 10-25.]
- [15] 袁列江, 白慧如, 付湘晋, 等. 几种保湿剂对宁夏乡花猪肉干食用品质的影响[J]. 肉类工业, 2014(12): 38-41. [Yuan L J, Bai H R, Fu X J, et al. Effects of several moisturizers on the quality of ningxiang flower pork[J]. Meat Industry, 2014(12): 38-41.]
- [16] 李淑慧, 王艳, 师文添. 果蔬复合重组肉干的加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 101-104, 110. [Li S H, Wang Y, Shi W T. Study on processing technology of fruit and vegetable composite recombination meat jerky[J]. Food Research and Development, 2016, 37(7): 101-104, 110.]
- [17] 李真. 熏马肉干制备及工业化设计研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016. [Li Z. Study on processing technology of smoked horse jerky and industry design[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016.]
- [18] 杨丽, 傅樱花, 陈钢粮, 等. 五香驼肉干加工工艺及产品特性研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(22): 73-81. [Yang L, Fu Y H, Chen G L, et al. Study on processing technology and product characteristics of spiced camel dried meat[J]. Food Research and Development, 2019, 40(22): 73-81.]
- [19] 邹琪, 马宇媛, 张晶, 等. 驴肉干产品的开发[J]. 农产品加工, 2018(10): 11-13, 17. [Zou Q, Ma Y Y, Zhang J, et al. Development of dried donkey products[J]. Agricultural Products Processing, 2018(10): 11-13, 17.]
- [20] 孔维洲. 一种发酵鹿肉干的制备及货架期预测模型的建立[D]. 银川: 宁夏大学, 2019. [Kong W Z. Preparation of fermented deer jerky and establishment of shelf life prediction model[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2019.]
- [21] 卜宁霞, 魏超昆, 赵宇慧, 等. 姜汁嫩化鸡肉干研制及其挥发性风味成分分析[J]. 中国调味品, 2017, 42(11): 11-17, 23. [Pu N X, Wei C K, Zhao Y H, et al. Preparation and analysis of volatile flavor components of tender dried chicken in ginger juice[J]. Chinese Condiment, 2017, 42(11): 11-17, 23.]
- [22] 宋佳. 水分活度控制技术与食盐替代技术在鸡肉干中的应用[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017: 12-44. [Song J. Application of water activity control technology and salt substitution technology in chicken jerky[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2017: 12-44.]
- [23] Kim T K, Kim H W, Lee Y Y, et al. Quality characteristics of duck jerky: Combined effects of collagen and konjac[J]. Poultry Science, 2020, 99(1): 629-636.
- [24] 詹昌玲, 陈从贵, 翟颖丝, 等. 乳酸钙部分替代氯化钠对鸭肉干品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 70-73. [Zhan C L, Chen C G, Qu Y S, et al. Effect of calcium lactate partially replacing sodium chloride on duck jerky quality[J]. Food Science, 2009, 30(23): 70-73.]
- [25] 陈景鑫, 裴绍林, 郭玲玲, 等. 复合嫩化剂对鹅肉干的影响研究[J]. 肉类工业, 2015(9): 46-48. [Chen J X, Pei S L, Guo L L, et al. Study on the effect of compound tenderizer on goose jerky[J]. Meat Industry, 2015(9): 46-48.]
- [26] 郭思亚, 蒋美龄, 张莹, 等. 腌制工艺对鲟鱼肉干质构特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(14): 75-80. [Guo S Y, Guo M L, Zhang Y, et al. Effect of salting technology on texture characteristics of sturgeon jerky[J]. Food Research and Development, 2019, 40(14): 75-80.]
- [27] 张根生, 司森菲, 侯静, 等. 真空包装鲤鱼肉干发酵工艺参数优化[J]. 肉类研究, 2014, 28(1): 12-16. [Zhang G S, Si M F, Hou J, et al. Optimization of fermentation parameters of vacuum-packed carp jerky[J]. Meat Research, 2014, 28(1): 12-16.]
- [28] 沈忠明, 李露. 出口褐云玛瑙螺肉干的加工工艺[J]. 肉类工业, 2001(8): 16-18. [Shen Z M, Li L. Processing technology of brown cloud agate snail jerky for export[J]. Meat Industry, 2001(8): 16-18.]
- [29] 张桂荣, 匡明, 何里. 麻辣林蛙肉干的研制[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(17): 229-232. [Zhang G R, Kuang M, He L. Development of spicy jerky of *Rana chinensis*[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2016(17): 229-232.]
- [30] 邱春江, 严宏忠. 五香蚬肉干的生产工艺研究[J]. 食品工业科技, 2002(4): 84-85. [Qiu C J, Yan H Z. Study on production technology of spiced clam jerky[J]. Science and Technology of Food Industry, 2002(4): 84-85.]
- [31] 吴玉琼, 胡永乐, 傅新征, 等. 蛇肉干的研制及其工艺优化[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2015, 31(9): 55-58. [Wu Y Q, Hu Y L, Fu X Z, et al. Preparation and process optimization of snake jerky[J]. Journal of Chifeng University, 2015, 31(9): 55-58.]
- [32] 张颖璐, 张小微, 徐倩倩, 等. 发酵型兔肉干特性研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 92-96. [Zhang Y L, Zhang X W, Xu W W, et al. Study on characteristics of fermented rabbit jerky[J]. Food Research and Development, 2018, 39(9): 92-96.]
- [33] 王盼盼. 肉及肉制品保藏技术综述[J]. 肉类研究, 2009(9): 60-69. [Wang P P. A review of preservation techniques of meat and meat products[J]. Meat Research, 2009(9): 60-69.]
- [34] Nasr M A F, Mohammed H, Hassan R A, et al. Does light intensity affect the behavior, welfare, performance, meat quality, amino acid profile, and egg quality of Japanese quails?[J]. Poultry Science, 2019, 98(8): 3093-3102.
- [35] Zhou G H, Xu X L, Liu Y. Preservation technologies for fresh meat—A review[J]. Meat Science, 2010, 86(1): 119-128.

- [36] Yang H S, Hwang Y H, Joo S T, et al. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky[J]. *Meat Science*, 2009, 82(3): 289–294.
- [37] Tabanelli G, Montanari C, Grazia L, et al. Effects of aw at packaging time and atmosphere composition on aroma profile, biogenic amine content and microbiological features of dry fermented sausages[J]. *Meat Science*, 2013, 94(2): 177–186.
- [38] Abd-Elghany S M, El-Makhzangy A M, Mohammed El-Shawaf A E, et al. Ensuring the best storage temperature of Egyptian pastrami based on microbiological, physico-chemical and sensory evaluation[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2020, 87: 101626.
- [39] Nakazawa N, Wada R, Fukushima H, et al. Effect of long-term storage, ultra-low temperature, and freshness on the quality characteristics of frozen tuna meat[J]. *International Journal of Refrigeration*, 2020, 112: 270–280.
- [40] Liu D K, Xu C C, Guo C X, et al. Sub-zero temperature preservation of fruits and vegetables: A review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2020, 275: 109881.
- [41] Schumann, B, Schmid, M. Packaging concepts for fresh and processed meat—Recent progresses[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2018, 47: 88–100.
- [42] 顾向红, 卜宁霞, 徐昊, 等. 自然和人工发酵鸡肉干品质特性的研究[J]. *中国调味品*, 2019, 44(3): 11–17. [Xie X H, Pu N X, Xu H, et al. Study on quality characteristics of natural and artificial fermented chicken jerky[J]. *Chinese Condiment*, 2019, 44(3): 11–17.]
- [43] Lacroix M, Smoragiewicz W, Jobin M, et al. Protein quality and microbiological changes in aerobically- or vacuum-packaged, irradiated fresh pork loins[J]. *Meat Science*, 2000, 56(1): 31–39.
- [44] Daniloski D, Petkoska A T, Galic K, et al. The effect of barrier properties of polymeric films on the shelf-life of vacuum packaged fresh pork meat[J]. *Meat Science*, 2019, 158: 107880.
- [45] Maqsood S, Al Haddad N A, Mudgil P. Vacuum packaging as an effective strategy to retard off-odour development, microbial spoilage, protein degradation and retain sensory quality of camel meat[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, 72: 55–62.
- [46] Djordjevic J, Boskovic M, Starcevic M, et al. Survival of *Salmonella* spp. in minced meat packaged under vacuum and modified atmosphere[J]. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2018, 49(3): 607–613.
- [47] Lyu F, Shen K, Ding Y, et al. Effect of pretreatment with carbon monoxide and ozone on the quality of vacuum packaged beef meats[J]. *Meat Science*, 2016, 117: 137–146.
- [48] 马骋, 梁琪, 文鹏程, 等. 含氧气调包装对牦牛肉肉色稳定性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(9): 130–136. [Ma P, Liang Q, Wen P C, et al. Effect of oxygen-containing packaging on color stability of yak meat[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2016, 42(9): 130–136.]
- [49] 党亚丽, 徐思雨, 曹锦轩, 等. 不同含氧气调包装方式对调理鸭肉制品的保鲜效果[J]. *食品科学*, 2019, 40(13): 216–221. [Dang Y L, Xu S Y, Cao J X, et al. Effect of different oxygen-containing packaging methods on preservation of conditioned duck meat[J]. *Food Science*, 2019, 40(13): 216–221.]
- [50] Chen X, Zhao J, Zhu L, et al. Effect of modified atmosphere packaging on shelf life and bacterial community of roast duck meat[J]. *Food Research International*, 2020, 137: 109645.
- [51] 郭宗林. 沙棘渣提取物/酯化淀粉膜研制及在复合牛肉干贮藏中的应用[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2019. [Guo Z L. Preparation of seabuckthorn residue extract/esterified starch film and its application in storage of composite beef jerky[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2019.]
- [52] 王佳奕, 王靖, 丁武, 等. 山梨酸纳米微粒在冷却猪肉保鲜中的应用研究[J]. *食品科学*, 2018, 39(9): 202–206. [Wang J Y, Wang Q, Ding W, et al. Application of Sorbic acid nanoparticles in chilled pork preservation[J]. *Food Science*, 2018, 39(9): 202–206.]
- [53] Yang H J, Lee J H, Won M, et al. Antioxidant activities of distiller dried grains with solubles as protein films containing tea extracts and their application in the packaging of pork meat[J]. *Food Chemistry*, 2016, 196: 174–179.
- [54] 李红梅. 食品纳米包装材料的制备及对食品保鲜作用的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008. [Li H M. Study on preparation of food nanometer packaging material and its effect on food preservation[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008.]
- [55] Siripatrawan U, Noipha S. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages[J]. *Food Hydrocolloids*, 2012, 27(1): 102–108.
- [56] Gaikwad K K, SINGH S, SHIN J, et al. Novel polyisoprene based UV-activated oxygen scavenging films and their applications in packaging of beef jerky[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 117: 108643–108652.
- [57] Nerin C, Tovar L, Djenane D, et al. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(20): 7840–7846.
- [58] Zhang Y, Hu P, Xie Y, et al. Co-fermentation with *Lactobacillus curvatus* LAB26 and *Pediococcus pentosaceus* SWU73571 for improving quality and safety of sour meat[J]. *Meat Science*, 2020, 170: 108240.
- [59] Lücke F K. Quality improvement and fermentation control in meat products. In: Holzapfel W, ed. *Advances in fermented foods and beverages*[M]. Woodhead Publishing, 2015: 357–376.
- [60] Rubio R, Bover-Cid S, Martin B, et al. Assessment of safe enterococci as bioprotective cultures in low-acid fermented sausages combined with high hydrostatic pressure[J]. *Food Microbiology*, 2013, 33(2): 158–165.
- [61] 张开屏, 张保军, 田建军. 一株戊糖片球菌对发酵羊肉干品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(13): 99–104. [Zhang K P, Zhang B J, Tian J J. Effects of a strain of *Pediococcus pentosus* on the quality of fermented mutton jerky[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(13): 99–104.]
- [62] Negishi H, Xin L. Characteristics of fermented pork jerky using cultures of dairy lactic acid bacteria[J]. *International Congress of Meat Science and Technology*, 2016(62): 1–4.
- [63] 庞国强. 发酵牛肉干发酵特性与工艺优化研究[D]. 长春:

- 吉林大学, 2019. [Pang G Q. Study on fermentation characteristics and process optimization of fermented beef jerky[D]. Changchun: Jilin University, 2019.]
- [64] 蔡永敏, 李正英, 邹寅, 等. 不同发酵剂对发酵羊肉干品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(9): 88-90. [Cai Y M, Li Z Y, Zou Y, et al. Effects of different starter cultures on the quality of fermented mutton[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2018(9): 88-90.]
- [65] 高小翊. 发酵型猪肉干生产及保藏技术的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2019. [Gao X H. Study on production and preservation technology of fermented pork jerky[D]. Guiyang: Guizhou University, 2019.]
- [66] 王新惠, 李俊霞, 谭茂玲, 等. 复合发酵剂对发酵猪肉干品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(17): 165-169. [Wang X H, Li J X, Tan M L, et al. Effect of compound starter on quality of fermented pork jerky[J]. Science and technology of food industry, 2015, 36(17): 165-169.]
- [67] Katutaru O, Haruo N. Hydrolysis of pork myofibrillar proteins during fermentation using starter cultures of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*[J]. Food Science and Technology Research, 2014(20): 679-685.
- [68] Ojha K S, Kerry J P, Duffy G, et al. Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 44(1): 105-116.
- [69] 祝瑗, 吴香, 李超, 等. 天然防腐剂在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2020(7): 48-54. [Zhu Y, Wu X, Li C, et al. Application of natural preservatives in meat products[J]. Meat Industry, 2020(7): 48-54.]
- [70] 凌道, 马世广, 汪学荣. 不同水分活度降低剂对半干猪肉干水分活度的影响[J]. 肉类工业, 2019(12): 14-19. [Lin X, Ma S G, Wang X H. Effect of different water activity reducers on dry water activity of semi-dried pork[J]. Meat Industry, 2019(12): 14-19.]
- [71] 金佳幸. 挤压肉干的工艺、保藏及全程水分变化规律研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2016. [Jin J X. Study on the process, storage and water variation of extrusion meat jerky[D]. Guiyang: Guizhou University, 2016.]
- [72] Wongwiwat P, Wattanachant S. Quality changes of chicken meat jerky with different sweeteners during storage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(12): 8329-8335.
- [73] 黄现青, 张建威, 高晓平, 等. 乳酸链球菌素检测及其在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2011(3): 38-40. [Huang X Q, Zhang J W, Gao X P, et al. Detection of nisin and its application in meat[J]. Meat Industry, 2011(3): 38-40.]
- [74] 刘梅. Nisin与聚赖氨酸协同对腐败菌的抑制效果及在鸡胸肉中的应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016. [Liu M. Synergistic inhibitory effect of Nisin and polylysine on spoilage bacteria and its application in chicken breast[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2016.]
- [75] Kim H J, Jung S, Yong H I, et al. Improvement of microbiological safety and sensorial quality of pork jerky by electron beam irradiation and by addition of onion peel extract and barbecue flavor[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2014, 98(5): 22-28.
- [76] 胡蕾琪, 郭长凯, 栾东磊. 软包装三文鱼片的微波杀菌工艺[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(9): 185-189. [Hu L Q, Guo C K, Luan D L. Microwave sterilization of soft packaging salmon fillet[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(9): 185-189.]
- [77] 曹效海, 高文杰, 李红征, 等. 微波生产牦牛肉干工艺研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015(2): 50-52. [Cao X H, Gao W J, Li H Z, et al. Study on microwave processing technology of yak jerky[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2015(2): 50-52.]
- [78] 王俊山. 牛肉干微波-热风耦合干燥生产工艺及其干燥动力学研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2019. [Wang J S. Study on microwave-hot air coupled drying process and drying kinetics of beef jerky[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2019.]
- [79] Kim H J, Chun H H, Song H J, et al. Effects of electron beam irradiation on the microbial growth and quality of beef jerky during storage[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2010, 79(11): 1165-1168.
- [80] Yong H I, Lee H, Park S, et al. Flexible thin-layer plasma inactivation of bacteria and mold survival in beef jerky packaging and its effects on the meat's physicochemical properties[J]. Meat Science, 2017, 123: 151-156.
- [81] Kim J S, Lee E J, Choi E H, et al. Inactivation of *Staphylococcus aureus* on the beef jerky by radio-frequency atmospheric pressure plasma discharge treatment[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 22: 124-130.
- [82] 刘梦, 杨震, 史智佳, 等. 超声辅助腌制处理对牛肉干干燥及理化特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(21): 121-126. [Liu M, Yang Z, Shi Z J, et al. Effect of ultrasonic assisted curing treatment on drying and physicochemical properties of beef jerky[J]. Food Science, 2019, 40(21): 121-126.]