

鲜切果蔬中食源性致病菌污染研究进展

马金晶^{1,2}, 李凤琴², 黄敏毅^{1,3}, 白瑶^{2*}

(1. 安庆师范大学, 生命科学学院, 安庆 246133; 2. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100021;
3. 湖南人文科技学院农业与生物技术学院, 娄底 417000)

摘要: 鲜切果蔬是一种新型果蔬加工产品, 通过分级、整理、清洗、切分、去皮(核)、修整、保鲜和包装等加工程序制成的即食食品, 有“新鲜、营养、方便、安全”的特点。然而在加工过程中, 机械加工手段易使鲜切果蔬受食源性致病菌侵染, 导致食源性疾病的暴发, 制约了鲜切产业的发展。本文旨在调查研究即食鲜切果蔬中主要引起食源性疾病的5种食源性致病菌, 即: 金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、单核细胞增生性李斯特菌、大肠埃希菌、志贺氏菌属为目标菌的污染情况, 对即食鲜切果蔬污染途径做出分析并提出防控措施建议, 以保障鲜切果蔬食品安全, 降低感染风险。

关键词: 鲜切果蔬; 食源性致病菌; 污染途径; 食品安全

Research progress of food-borne pathogens contamination in fresh-cut fruits and vegetables

MA Jin-Jing^{1,2}, LI Feng-Qin², HUANG Min-Yi^{1,3}, BAI Yao^{2*}

(1. College of Life Science, Anqing Normal University, Anqing 246133, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China; 3. College of Agriculture and Biotechnology, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi 417000, China)

ABSTRACT: Fresh-cut fruits and vegetables is a new type of fruit and vegetable processing products, through the classification, finishing, cleaning, cutting, peeling (nuclear), dressing, preservation and packaging and other processing procedures, ready to eat food has the characteristics of “fresh, nutritious, convenient and safe”. However, in the process of processing, the fresh-cut fruits and vegetables are easily infected by foodborne pathogens by mechanical processing, which leads to the outbreak of foodborne diseases and restricts the development of the fresh-cut industry. The purpose of this paper was to investigate the contamination of five foodborne pathogens in ready to eat fresh-cut fruits and vegetables, including *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Shigella* as the target bacteria, analyzed the contamination ways of ready to eat fresh-cut fruits and vegetables, and put forward the prevention and control measures to ensure the safety of fresh-cut fruits and vegetables safety, reduced the health risk of foodborne pathogens.

KEY WORDS: fresh-cut fruits and vegetables; foodborne pathogens; pollution pathway; food safety

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0401102)

Fund: Supported by the National Key R&D Program of China (2016YFD0401102)

*通信作者: 白瑶, 博士, 副研究员, 主要研究方向为营养与食品卫生学。E-mail: baiyao@cfsa.net.cn

*Corresponding author: BAI Yao, Ph.D, Associate Professor, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China. E-mail: baiyao@cfsa.net.cn

0 引言

鲜切果蔬(fresh-cut fruits and vegetables)是以新鲜果蔬为原料,通过分级、整理、清洗、切分、去皮(核)、修整、保鲜和包装等加工程序制成的即食果蔬加工制品,即所谓的半加工果蔬(partially processed)、轻度加工果蔬(lightly processed)、最少加工处理果蔬(minimally processed)或预制果蔬(pre-prepared)^[1]。与传统的果蔬加工方式相比,鲜切果蔬作为一种即食食品,有“新鲜、营养、方便、安全”的特点^[2]。而且鲜切果蔬在加工时产生的边角料可以回收再利用,对环境保护减少生活垃圾方面有重大意义。消费者对鲜切果蔬的需求正持续快速增长,在人们日常生活中占据着重要的位置。鲜切果蔬制品起源于美国,20世纪50年代美国开始研究切割果蔬,到60年代,正式进入商业化生产。90年代,鲜切果蔬在日本、英国、法国等发达国家所占销售份额迅速壮大。据统计,21世纪初,美国鲜切果蔬的市场份额占零售市场中总销售的25%^[3]。目前,发达国家鲜切果蔬制品已经占据大部分市场份额,主要以美国、欧洲、日本等发达国家地区为主。在我国,鲜切果蔬行业自20世纪90年代末开始逐步发展,相比于国外,我国鲜切果蔬行业主要以北京、上海、广州、深圳等一二线城市为主。自2017年以来,鲜切果蔬市场供需态势快速发展,到2021年,中国鲜切果蔬市场产量预计达376吨,需求量为373.3万t。鲜切果蔬行业正在持续稳定快速地发展^[4]。

即食鲜切果蔬制品在加工处理过程中,机械加工手段易使果蔬失去原有的保护组织,营养物质外流,致使易受食源性致病菌侵染。经过鲜切处理过的果蔬,食源性致病菌菌落数远高于未经处理的果蔬^[5-6],食源性致病菌污染引起的食源性疾病是影响即食鲜切果蔬质量安全的主要因素^[7-8]。发达国家每年患食源性疾病的人数比例高达30%。2008—2015年我国因食源性致病菌引发的中毒人数占总中毒人数的62.02%^[9],主要致病菌有:金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*salmonella*)、单核细胞增生性李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、大肠埃希氏菌(*Escherichia coli*)、志贺氏菌属(*Shigella castellani*)等。按我国卫生部提供的数据表明,近年来发生食源性疾病的比例呈上升趋势。因此,调查研究即食鲜切果蔬致病菌污染情况,明确污染原因,防止交叉污染,对保障即食鲜切果蔬食品安全至关重要。本文对国内外鲜切果蔬中污染的食源性致病菌种类、污染途径以及防控策略进行综述,为即食鲜切果蔬流入市场的食品质量安全和进一步开展致病微生物风险评估工作提供依据。

1 鲜切果蔬制品食源性致病菌种类和食源性疾病暴发

美国疾病预防控制中心(Centers for Disease Control and

Prevention, CDC)将食源性疾病定义为食用了受污染的食品或者饮料而引起的疾病。由此,其是指通过食品媒介引起人类机体损伤乃至死亡,从而引发或传播的疾病^[10]。食源性致病菌也是威胁人类健康和社会经济发展的重要公共卫生问题。引起食源性疾病的致病菌主要包括:金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、单核细胞增生性李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、志贺氏菌属(*Shigella castellani*)。单核细胞增生性李斯特菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌 O157:H7、沙门氏菌被世界卫生组织(World Health Organization, WHO)列为四大重要的食源性致病菌^[11],并且被我国列为进出口产品的必检项目。

目前,全球范围内有关食源性病原微生物污染导致的食源性疾病事件频发,严重影响了人们的身心健康与生命安全,制约了食品工业的健康发展,已引起食品产业各机构和公共健康卫生机构的关注。在美国,公众利益部门科学中心已将新鲜果蔬产品列为除海洋食品、鸡蛋和牛肉之外的第四大引发食源性疾病的产品^[12]。据WHO统计,全世界每年数以亿计的食源性疾病患者中,70%是由各种致病菌污染的食品或饮用水引起的。

1.1 金黄色葡萄球菌

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)是一种需氧或兼性厌氧菌的革兰氏阳性菌,无鞭毛、芽胞,少数有荚膜,不可运动,也是重要的食源性致病菌。金黄色葡萄球菌最适宜的生长温度为37℃。金黄色葡萄球菌在适宜条件下会产生导致食物中毒的肠毒素,因而已成为世界性卫生难题。人感染金黄色葡萄球菌后主要症状有恶心、呕吐、腹泻等胃肠道症状,严重者甚至可以引起败血症、脓毒症等全身性感染。在美国,金黄色葡萄球菌引起的食物中毒事件占细菌性食物中毒事件的33%,仅次于大肠埃希菌 O157:H7,位居第二;在加拿大为45%,在欧洲国家如芬兰、匈牙利等国家为50%以上,在中国占20%~25%^[13-14]。2007年,在印度曼谷75家食品供应商的调查中发现,产肠毒素的金黄色葡萄球菌在129份即食果蔬沙拉中的检出率高达86%^[15],这类即食果蔬制品是食源性疾病重要的潜在传播媒介。2006—2008年间,SEO等^[16]检测了345份韩国首尔的鲜切蔬菜和芽菜样品,有11.6%的样品感染上了金黄色葡萄球菌。2011—2014年李建兵等^[17]检测了甘肃省嘉峪关121份即食蔬菜沙拉、10份鲜榨果蔬汁,其中7份即食蔬菜沙拉被金黄色葡萄球菌污染,2份鲜榨果蔬汁被金黄色葡萄球菌污染,从数据上分析,将水果切块后再榨汁的鲜榨果蔬汁更易被金黄色葡萄球菌污染。2016年叶欣^[18]检测了浙江省49份鲜榨果汁样品,1份样品被金黄色葡萄球菌污染。2018年容冬丽等^[19]检测了我国15个代表性城市的150份凉拌蔬菜样品,6份样品被金黄色葡萄球菌污染。

1.2 沙门氏菌

沙门氏菌(*Salmonella*)是一种需氧或兼性厌氧菌的革兰氏阴性菌,大多有鞭毛、一般无荚膜,是危害人和动物健康的重要食源性致病菌。引起沙门氏菌中毒的食品种类多为动物性食品以及即食果蔬食品,沙门氏菌中毒症状以急性肠胃炎为主,多数患者不需服药即可自愈,但婴儿、老人及体质差的患者需及时就医治疗。据统计,全世界每年由沙门氏菌引发的肠胃炎事件多达 9380 万起^[20]。在我国,由沙门氏菌引起的食物中毒在食源性疾病中居首位,约占 40%。美国每年也有 140 万人感染沙门氏菌,占总食源性疾病的 30%。1973 年 10 月至 1975 年 9 月,从意大利巴里市五家零售店购买的 120 份生菜样本和 89 份茴香样本进行了沙门氏菌的检测,结果表明 68.3%的生菜和 71.9%的茴香样本携带沙门氏菌^[21]; 1981 年 2 月至 1983 年 3 月,对格拉纳达农场、批发市场、超市和小店的 345 份茴香样品进行了检验,86.1%的样品被大肠埃希菌污染,7.5%的生菜样本被沙门氏菌污染,最常见的血清型是鼠伤寒沙门氏菌^[22]; 1994 年,在意大利市场 234 份样品中,4%叶菜和 20%豆制品中分离出沙门氏菌^[23]; 1999—2001 年,郑华英等从武汉市场采集的 120 份直接食用的生葱样品中分离出肠道致病菌鼠伤寒沙门氏菌、纽波特沙门氏菌各 1 株^[24]; 2006 年秋季,美国由于菠菜感染沙门氏菌共造成 205 人感染,3 人死亡。2008 年夏天,美国的西红柿-芫荽叶-辣椒的混合沙拉爆发了沙门氏菌感染^[25]。2015 年 9 月,美国 27 个州超过 300 人因食用受沙门氏菌污染黄瓜而染病,1 人死亡。

1.3 单核细胞增生性李斯特菌

单核细胞增生性李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)是一种兼性厌氧的革兰氏阳性菌,多数菌体一端似较大棒状,常呈 V 字排列,有的呈丝状,偶尔可见双球状,在 22~25 °C 环境下可以形成四根鞭毛,是可以引起人畜共患病的食源性致病菌,也是冷冻冷藏食品的主要食源性致病菌之一。这种致病菌可引起多种疾病,包括脑膜炎、败血症、死产或流产。由于单核细胞增生性李斯特菌的嗜冷特性,在冷藏条件下也可以生长繁殖,因此冷冻产品类带菌率非常高,家庭贮藏于冰箱的食品不宜存放过久,并且食用前应煮熟煮透,定期消毒冰箱。单核细胞增生性李斯特菌污染多见于肉类、禽类食品,但果蔬类也可作为其媒介从而引发食源性疾病^[26-28]。KAKIOMENOU 等^[29]在鲜切胡萝卜和生菜中检测出单核细胞增生性李斯特菌。1994 年,在意大利 76 份即食黄瓜样品中,80%的样品中检测出了单核细胞增生性李斯特菌^[23]; 2005—2006 年西班牙在 257 份鲜切果蔬样品中,2 个样品污染了单核细胞增生性李斯特菌^[30]; 2011 年 9 月,美国 CDC 报道了一起单核细胞增生性李斯特菌引起的食源性疾病暴发事件,自 2011 年 7 月 31

日出现首例报告病例至 9 月 26 日上午 11 点(美国东部时间),共报告病例 72 例,死亡 13 例,这是 10 多年来美国最严重的一起食源性疾病暴发事件,此次暴发涉及到美国 18 个州,病例数分布情况如下)见表 1。通过流行病学、溯源和实验室调查后发现这起暴发与食用来自科罗拉多州的格兰纳达伯尼(Granada)的 Jensen 农场种植的甜瓜相关,此次事件成为过去 10 年中杀伤力最强的食物中毒事件。2011—2016 年,我国 19 个省共报告 253 例感染李斯特菌的病例,病死率高达 25.7%^[31]。该菌常存在于植物表面、加工制品和加工环境中,并且可在低温下生长,冷藏储存的鲜切果蔬应该格外关注该菌的污染风险。

表 1 2011 年 7 月美国食源性疾病暴发情况分布
Table 1 Distribution of foodborne disease outbreaks in the United States in July 2011

分布地区	感染人数	死亡人数
科罗拉多州	15	2
德克萨斯州	14	2
新墨西哥州	10	4
俄克拉荷马州	8	1
内布拉斯加州	6	1
堪萨斯州	1	1
威斯康星州	1	0
印第安纳州	1	0
西弗吉尼亚州	1	0
加利福尼亚州	1	0
伊利诺州	1	0
蒙大纳州	1	0
佛罗里达州	1	0
马里兰州	1	1
密苏里州	1	1
北达科他州	1	0
弗吉尼亚州	1	0
怀俄明州	1	0

1.4 大肠埃希菌

大肠埃希菌(*Escherichia coli*)是一种异养兼性厌氧的革兰氏阴性菌,周身鞭毛,无芽胞,可以运动,是可以引起人畜共患病的食源性致病菌。大肠埃希菌主要通过食物,尤其未成熟的肉制品、未消过毒的牛奶、蔬菜水果、水的介质传播^[32-33]。根据致泻大肠埃希菌(diarrheagenic *E. coli*, DEC)携带的毒力基因、发病机制及临床症状不同,可将致泻大肠埃希菌分为 5 类:产肠毒素大肠埃希菌

(enterotoxigenic *E. coli*, ETEC)、肠道侵袭性大肠埃希菌 (enteroinvasive *E. coli*, EIEC)、肠道致病性大肠埃希菌 (enteropathogenic *E. coli*, EPEC)、肠道集聚性大肠埃希菌 (enteroaggregative *E. coli*, EAEC)、产志贺毒素大肠埃希菌 (shiga toxin-producing *E. coli*, STEC)(包括肠道出血性大肠埃希菌(enterohemorrhagic *E. coli*, EHEC)^[34]。致泻大肠埃希菌通常会引地方性和流行性食源性疾病,如严重的腹泻、食物中毒等,甚至世界范围性的腹泻暴发^[35]。CARTER等^[36-37]在菠菜和生菜中检测出大肠埃希菌 O157:H7。1994年,美国暴发了由菠萝引起的 EHEC 血清型 O11:H43 感染事件;1997年夏季,美国密芝根州(State of Michigan)和弗吉尼亚州(Commonwealth of Virginia)同时发生因食用紫苜蓿芽引起的血清型 O157:H7 暴发,100多人患病^[38];2006年,美国暴发鲜切菠菜感染大肠埃希菌,蔓延 25 个州,173 人染病,92 人入院治疗,27 人出现了严重症状——溶血性尿毒综合征,3 人死亡;2011 年德国暴发的由 EHEC 血清型 O104:H4 引起的“毒黄瓜事件”(最终证实是因豆芽等芽菜污染),在欧洲造成约 2200 人发病,数十人死亡,在瑞典有 36 人感染、法国 3 人疑似感染、丹麦 11 人现疑似症状、英国 10 余人现疑似症状^[39];2018 年 5 月,日本埼玉县 13 人相继发生 O157:H7 致病性大肠埃希菌食物中毒,经调查,引发此次食物中毒的食品均为马铃薯沙拉;2020 年,美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)发布消息称与洋葱有关的沙门氏菌感染事件导致美国至少 31 个州近 400 人感染, FDA 表示,截至本年 8 月 1 日,全

美已经有 396 例沙门氏菌感染病例,其中 59 人住院治疗,34 个州包括加州、达科他州、佛罗里达州、俄亥俄州、犹他州、德克萨斯州、怀俄明州等均报告了病例。在全球化时代的食品安全危机中,任何国家都无法独善其身,化解食品安全危机,是摆在世界各国面前的一道难题。

1.5 志贺氏菌属

志贺氏菌属(*Shigella castellani*)是一种兼性厌氧的革兰氏阴性菌,无鞭毛、无芽胞、无荚膜,多数有菌毛,是最为常见的食源性致病菌。志贺氏菌主要有痢疾志贺氏菌、福氏志贺氏菌、鲍氏志贺氏菌群和宋内氏志贺氏菌 4 个菌群。志贺氏菌体外生活能力较强,在蔬菜、水果、乳制品中可生存 11~24 d,在粪便中(15~25 °C)可生存 10 d,在冰块中生存 96 d^[40]。志贺氏菌属可以在各类蔬菜沙拉制品中存活数天^[41],在冷藏莴苣中存活 3 d 且数量不下降,而福氏志贺氏菌在蔬菜沙拉中至少存活 11 d。2003 年至 2004 年,蒋震岭等从广西各地共采集即食蔬菜样品 128 份,其中包括南宁(16 份)、柳州(16 份)、桂林(24 份)、百色(24 份)、玉林(24 份)、北海(24 份),仅在桂林一份即食蔬菜样品中检出一例福氏志贺氏菌(B 群)^[42]。2019 年 7 月 26 日,山东济南 46 名幼儿在某幼儿园因食用被污染的水果沙拉而感染志贺氏菌,其中 10 例住院治疗。很多志贺氏菌病的暴发也与加工过的水果和蔬菜或污染过的灌溉水作为肥料从而污染新鲜农产品有关^[43]。国内外食源性致病菌暴发相关案例列举详见表 2。

表 2 国内外食源性致病菌暴发相关案例列举
Table 2 Related cases of food-borne pathogen outbreaks at home and abroad

致病菌种类	暴发时间	暴发国家或地区	污染食品类别及数量	感染人数/样品数
金黄色葡萄球菌	2007 年	印度曼谷	129 份果蔬沙拉	110 份(86%)
金黄色葡萄球菌	2006—2008 年	韩国	345 份鲜切蔬菜、芽菜	40 份(11.6%)
金黄色葡萄球菌	2011—2014 年	中国	121 份蔬菜沙拉、 10 份鲜榨果汁	蔬菜沙拉 7 份(5.79%)、鲜 榨果汁 2 份(20.00%)
金黄色葡萄球菌	2016 年	中国	49 份鲜榨果汁	1 份(2.04%)
金黄色葡萄球菌	2018 年	中国	150 份凉拌蔬菜	6 份(4.00%)
沙门氏菌	1973—1975 年	意大利	120 份生菜、 89 份茴香	生菜 82 份(68.3%)、茴香 64 份(71.9%)
沙门氏菌	1981—1983 年	西班牙	345 份蔬菜样品	26 份(7.50%)
沙门氏菌	1994 年	意大利	234 份叶菜、豆制品	叶菜 9 份(4.00%)、 豆制品 47 份(20.00%)
沙门氏菌	1999—2001 年	中国	120 份即食生葱	2 份(1.67%)
沙门氏菌	2006 年	美国	菠菜	205 人感染,3 人死亡
沙门氏菌	2008 年	美国	西红柿-茺荑叶-辣椒的 混合沙拉	-
沙门氏菌	2015 年	美国	黄瓜	超过 300 人感染,1 人死亡

表 2(续)

致病菌种类	暴发时间	暴发国家或地区	污染食品类别及数量	感染人数/样品数
单核细胞增生性李斯特菌	1994 年	意大利	76 份黄瓜	61 份(80%)
单核细胞增生性李斯特菌	2005—2006 年	西班牙	257 份鲜切果蔬	2 份(0.78%)
单核细胞增生性李斯特菌	2011 年	美国	甜瓜	72 人感染, 13 人死亡
大肠埃希菌	1981—1983 年	西班牙	345 份蔬菜样品	297 份(86.1%)
大肠埃希菌	1994 年	美国	菠萝	-
大肠埃希菌	1997 年	美国	紫苜蓿芽	100 多人患病
大肠埃希菌	2006 年	美国	鲜切菠菜	173 人感染, 3 人死亡
大肠埃希菌	2011 年	德国、瑞典、丹麦、应 该、法国	芽菜	2200 人感染, 数十人死 亡; 36 人感染; 11 人疑似; 10 余人疑似; 3 人疑似
大肠埃希菌	2018 年	日本	马铃薯沙拉	13 人感染
大肠埃希菌	2020 年	美国	洋葱	396 人感染
志贺氏菌属	2003—2004 年	中国广西	即食蔬菜	1 份
志贺氏菌属	2019 年 7 月	中国山东	水果沙拉	46 人感染

2 鲜切果蔬制品污染途径及防控措施

2.1 鲜切果蔬制品污染途径

鲜切果蔬制品受致病菌污染的途径主要有 3 条: (1)种植、收获、运输期间的致病菌污染; (2)工厂(零售店)鲜切加工; (3)贮藏以及销售过程中的微生物污染^[44]。

在农田中, 农业灌溉水源、土壤、空气灰尘等均可成为致病菌的载体^[45], 也会在果蔬采摘、运输过程中, 因车辆运输和贮存器具等的不洁净或人员操作不规范而产生交叉污染^[46]。鲜切果蔬在切分加工过程中是食源性致病菌污染的主要阶段, 机械切割会造成果蔬细胞损伤, 营养汁液外流的表面也是食源性致病菌适宜生长繁殖的必要条件之一^[47]。另外切割果蔬的设备、环境中的食源性致病菌以及人员接触也会造成污染。随着贮藏时间的增加, 鲜切果蔬表面的致病菌数量会迅猛增长, 经过鲜切加工处理后的即食果蔬制品, 如果储存不当, 因而产生的交叉污染导致其二次污染也会影响产品货架期^[48]。

2.2 鲜切果蔬制品防控措施

目前, 我国的冷链物流运输还不够完善, 每年约有

1.4 亿 t 的果蔬在运输途中受损或被污染, 造成了不可估量的巨大经济损失^[49-50]。在果蔬采购、运输、加工、贮藏、销售过程中, 要积极采取措施, 控制受到食源性致病菌污染的食品流入市场。

2.2.1 冷藏保鲜技术

鲜切果蔬制品不能使用传统工艺热杀菌, 目前控制鲜切果蔬致病菌侵染方法主要是低温冷藏。冷藏保鲜技术是指将新鲜果蔬贮藏在 0 °C 的低温环境中, 有效地抑制微生物的生长, 减缓果蔬氧化变质的速度, 以达到延长果蔬贮藏期的目的和果蔬保鲜。冷藏保鲜技术能有效控制食品中的微生物生长繁殖(详细温度生长范围见表 3), 现已普遍应用于各种食品的保鲜和储存, 是项可行的控制食源性致病菌繁殖的措施。因此, 在加工、贮藏过程中维持低温可以有效抑制致病菌生长, 保证鲜切果蔬的品质。但是, 针对某些具有低温繁殖能力的食源性致病菌, 如: 单核细胞增生性李斯特菌, 应加强对低温保存的食品在存储、运输、加工等环节的监测^[54], 以防止其污染食品, 并切断该类致病菌传播及感染途径。针对该类致病菌, 还需要与其他预防措施相结合。

2.2.2 气调贮藏保鲜

气调包装是一种无公害的保鲜手段, 将果蔬切分后

进行气调包装,能最大程度延长食品货架期、从而提升食品经济价值的目的^[55]。目前常用的气调方式主要有 2 种:自发气调包装(modofied atmosphere packaging)和主动气调包装(controlled atmosphere packaging)^[56]。MAP 是指利用果蔬自身呼吸作用消耗 O₂ 产生 CO₂,从而构成低 O₂ 高 CO₂ 的气调环境,所需时间长,成本较低;CAP 是指可根据包装实际需求将相应比例的 O₂+CO₂、N₂+CO₂、O₂+CO₂+N₂ 混合气体充入包装内部,人为建立气调环境^[57]。这 2 种气调包装都是通过改变果蔬贮藏环境中的气体成分来保鲜,降低氧气的浓度,增加二氧化碳的浓度来减少果蔬中营养物质的消耗,从而减缓果蔬成熟衰老的速度,以达到保鲜果蔬的目的。

2.2.3 其他保鲜方法

此外,采样辐照、臭氧、紫外照射等物理方法灭杀致病细菌的方法研究也有进展。在即食鲜切果蔬制品已经被食源性致病菌污染的情况下,要根据其致病细菌的毒性、污染程度、污染时间等尽快采取相应的应急措施,根据该食品的实际情况进行消毒或销毁,对已经食用被食源性致病菌污染过的鲜切果蔬制品的人群,尽快就医治疗,以减少食源性致病菌的传播。

3 结束语

即食鲜切果蔬是一种顺应时代发展需要的一种轻加工食品。该食品不仅符合消费者对自然、新鲜、卫生、方便、健康的食品需求,也满足了其他行业的特殊需求。目前,鲜切果蔬行业在我国还处于起步阶段,发展鲜切果蔬行业时要严谨,较短的货架期决定了其销售方式为就近销售。鲜切果蔬产品从果蔬原料采摘、加工、贮藏、运输到销售整个流通过程要配以严格的冷链系统。冷链是以现代制冷技术为基础,在鲜切果蔬产品流通过程中营造抑制致病细菌增长的低温环境,最大限度保证鲜切果蔬制品的品质及质量。此外,要加强即食食品安全意识,重视各个环节的工作人员的卫生意识培训,作为消费者和餐饮服务人员也要了解学习食品贮藏处理的相关知识,以减少交叉污染。鲜切果蔬的质量和品质对人们的健康有直接的影响,加强鲜切果蔬质量安全控制是必不可少的。因而需尽快完善即食食品安全相关法律、法规建设,加大即食食品市场监督力度,加快与国际标准接轨,增强即食食品产业的国际竞争力,促进国际间的交流与合作,推动即食鲜切果蔬行业的健康发展。

表 3 主要食源性致病菌生长温度范围^[51-53]
Table 3 Growth temperature range of major foodborne pathogens^[51-53]

食源性致病菌	金黄色葡萄球菌	沙门氏菌	单核细胞增生性李斯特菌	大肠埃希菌	志贺氏菌属
生长范围/°C	7~50	5~46	0.3~45	7~49	6~47

参考文献

- [1] 李伟锋. 生姜提取液对鲜切苹果防腐保鲜研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.
LI WF. Study on preservative effect of ginger extract on fresh cut apple [D]. Xianyang: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2012.
- [2] BASELICE A, COLANTUONI F, DANIEL AL, *et al.* Trends in EU consumers' attitude towards fresh-cut fruit and vegetables [J]. Food Qual Prefer, 2017, 59: 87-96.
- [3] 程双. 鲜切果蔬酶促褐变发生机理及其调控的研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2010.
CHENG S. Mechanism and regulation of enzymatic browning of fresh cut fruits and vegetables [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010.
- [4] 张慙, 马良. 对我国鲜切果蔬微加工行业及安全性的思考[J]. 江南大学学报, 2016, 15(5): 1.
ZHANG M, MA L. Thoughts on the micro processing industry and safety of fresh cut fruits and vegetables in China [J]. J Jiangnan Univ, 2016, 15(5): 1.
- [5] DIKE OU, DAVID JG, LEE C, *et al.* Appearance and overall acceptability of fresh-cut cantaloupe pieces from whole melon treated with wet steam process [J]. LWT Food Sci Technol, 2017, 82: 235-242.
- [6] VANDAMM JP, LI D, HARRIS LJ, *et al.* Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* on fresh-cut celery [J]. Food Microbiol, 2013, 34(1): 151-157.
- [7] 汪雯, 肖英平, 杨桂玲, 等. 浙江省杨梅微生物污染调查及限量探讨[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(7): 1261-1263.
WANG W, XIAO YP, YANG GL, *et al.* Investigation on microbial contamination of *Myrica rubra* in Zhejiang province and discussion on its limit [J]. Zhejiang Agric Sci, 2018, 59(7): 1261-1263.
- [8] 成黎. 新鲜蔬菜中的微生物污染危害、检测和控制方法研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 347-352.
CHENG L. Research progress of microbial contamination hazards,

- detection and control methods in fresh vegetables [J]. Food Sci, 2015, 36(23): 347-352.
- [9] 苏丹萍, 吴云凤. 食源性致病菌风险评估研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6511-6517.
- SU DP, WU YF. Research Progress on risk assessment of foodborne pathogens [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(18): 6511-6517.
- [10] 蒋原. 食源性病原微生物检测指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- JIANG Y. Guidelines for the detection of food borne pathogens [M]. Beijing: China Standards Press, 2010.
- [11] 曾德兴, 黄思思, 陈应坚. 细菌性食物中毒病原菌调查与预防对策分析[J]. 现代诊断与治疗, 2016, 26(8): 1518-1520.
- ZENG DX, HUANG SS, CHEN YJ. Pathogen investigation and prevention strategy analysis of bacterial food poisoning [J]. Mod Diagn Treat, 2016, 26(8): 1518-1520.
- [12] VOJKOVSKÁ H, MYŠKOVÁ P, GELBÍČOVÁ T, *et al.* Occurrence and characterization of food-borne pathogens isolated from fruit, vegetables and sprouts retailed in the Czech republic [J]. Food Microbiol, 2017, 63: 147-152.
- [13] 胡金强, 雷俊婷, 白艳红, 等. 食品中金黄色葡萄球菌 PCR-ELISA 检测技术建立[J]. 食品工业科技, 2016, 27(20): 63-67.
- HU JQ, LEI JT, BAI YH, *et al.* Establishment of PCR-ELISA for detection of *Staphylococcus aureus* in food [J]. Food Ind Sci Technol, 2016, 27(20): 63-67.
- [14] ROLO J, MIRAGAIA M, TURLEJ-ROGACKA A, *et al.* High genetic diversity among community-associated staphylococcus aureus in Europe: Results from a multicenter study [J]. J Hosp Infect, 2012, 7(4): 307-314.
- [15] CHOSHA M, WAHIA S. Prevalence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* and *Shigella* spp. In some raw street vended Indian foods [J]. Int J Environ Health Res, 2000, 17(2): 151-156.
- [16] SEO YH, JANG JH, MOON KD. Occurrence and characterization of enterotoxigenic staphylococcus aureus isolated from minimally processed vegetables and sprouts in Korea [J]. Food Sci Biotechnol, 2010, 19(2): 313-319.
- [17] 李建兵, 张璟, 胡晓宁. 2011—2014 年甘肃省嘉峪关市即食食品金黄色葡萄球菌污染调查[J]. 疾病预防控制通报, 2016, 31(2): 78-80.
- LI JB, ZHANG J, HU XN. Investigation on *Staphylococcus aureus* contamination of ready to eat food in Jiayuguan city of Gansu province from 2011 to 2014 [J]. Bull Dis Prev Control, 2016, 31(2): 78-80.
- [18] 叶欣. 餐饮业即食食品微生物污染调查及金黄色葡萄球菌快速检测方法建立[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.
- YE X. Investigation on microbial contamination of ready to eat food in catering industry and establishment of rapid detection method for *Staphylococcus aureus* [D]. Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2019.
- [19] 容冬丽, 吴清平, 吴诗, 等. 我国部分地区即食食品和蔬菜中金黄色葡萄球菌污染分布及耐药和基因分型情况[J]. 微生物学报, 2018, 58(2): 314-323.
- RONG DL, WU QP, WU S, *et al.* Distribution, drug resistance and genotyping of *Staphylococcus aureus* in ready to eat foods and vegetables in some areas of China [J]. Acta Microbiol Sin, 2018, 58(2): 314-323.
- [20] 方婷子, 史贤明, 施春雷. 沙门氏菌血清型快 PCR 鉴定方法的建立[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 212-219.
- FANG TZ, SHI XM, SHI CL. Establishment of a rapid PCR method for serotype identification of *Salmonella* [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2017, 17(2): 212-219.
- [21] ERCOLANI GL. Bacteriological quality assessment of fresh marketed lettuce and fennel [J]. Appl Environ Microbiol, 1976, 31(6): 847-852.
- [22] RUIZ GV, VARGAS RG, GARCIA-VILLANOVA R. Contamination on fresh vegetables during cultivation and marketing [J]. Int J Food Microbiol, 1987, 4(4): 285-291.
- [23] ARUMUGASWAMY RK, ALI GRR, HAMID SNBA. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in foods in Malaysia [J]. Int J Food Microbiol, 1994, 23(1): 117-121.
- [24] 郑华英, 刁平, 朱焰, 等. 从直接食用的生葱中检出沙门氏菌的报告[J]. 中国食品卫生杂志, 2004, (3): 248-249.
- ZHENG HY, DIAO P, ZHU Y, *et al.* A report on the detection of *Salmonella* from fresh scallion [J]. Chin J Food Hyg, 2004, (3): 248-249.
- [25] JACXSENS L, LUNING PA, JVANDER VJGA, *et al.* Simulation modelling and risk assessment as tools to identify the impact of climate change on microbiological food safety-The case study of fresh produce supply chain [J]. Food Res Int, 2010, 43(7): 1925-1935.
- [26] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Investigation update. Multistate outbreak of listeriosis linked to whole cantaloupes from Jensen Farms, Colorado [Z].
- [27] BEUCHAT LR. *Listeria monocytogenes*: Incidence on vegetables [J]. Food Control, 1996, 7(4-5): 223-228.
- [28] 刘程惠, 胡文忠, 何煜波, 等. 鲜切果蔬病原微生物污染及其生物控制的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 18: 362-366.
- LIU CH, HU WZ, HE YB, *et al.* Research Progress on pathogen infection and biological control of fresh cut fruits and vegetables [J]. Food Ind Sci Technol, 2012, 18: 362-366.
- [29] KAKIOMENOU K, TASSOU C, NYCHAS GJ. Survival of *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on salad vegetables [J]. World J Microbiol Biotechnol, 1998, 14(3): 383-387.
- [30] ABADIAS M, USALL J, ANGUERA M, *et al.* Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 123(1-2):

- 121–129.
- [31] LI WW, BAI L, FU P, *et al.* The Epidemiology of *Listeria monocytogenes* in China [J]. *Foodborne Pathog Disea*, 2018, 15(8): 459–466.
- [32] 宋东晓. 多重 PCR 检测牛肉中沙门氏菌、单增李斯特菌和大肠杆菌 O157:H7 的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- SONG DX. Detection of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 in beef by multiplex PCR [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2014.
- [33] 梅明珠. 大肠杆菌 O157:H7 的 PCR 检测及 Vero 毒素单克隆抗体的制备[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- MEI MZ. PCR detection of *Escherichia coli* O157: H7 and preparation of monoclonal antibody against Vero toxin [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.
- [34] DANIEL M, LILO G, GERHARD H, *et al.* Identification of unconventional intestinal pathogenic *Escherichia coli* isolates expressing intermediate virulence factor profiles by using a novel single-step multiplex PCR [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2007, 73(10): 3380–3390.
- [35] YANG JR, WU FT, TSAI JL, *et al.* Comparison between serotyping method and multiplex real-time PCR to identify diarrheagenic *Escherichia coli* in Taiwan [J]. *J Clin Microbiol*, 2007, 45(11): 3620–3625.
- [36] CARTER MQ, XUE K, BRANDL MT, *et al.* Functional metagenomics of *Escherichia coli* O157:H7 interactions with spinach indigenous microorganisms during biofilm formation [J]. *PLoS One*, 2012, 7(9): 1–10.
- [37] CHRISTINE MC, KOSTRZYNSKA M. Stacey thompson *Escherichia coli* 0157:H7 stress and virulence gene expression on Romaine lettuce using comparative real-time PCR [J]. *J Microbiol Method*, 2009, 77: 235–242.
- [38] FARRAR JA. Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with drinking unpasteurized commercial apple juice—British Columbia, California, Colorado, and Washington, October 1996 [J]. *Mmwr Morb Mortal Wkly Rep*, 1996, 45(44): 975–975.
- [39] 许文香, 陈翠萍, 曾明. 肠出血大肠埃希菌 O157:H7 与食品安全[J]. *卫生研究*, 2006, 35(4): 527–528.
- XU WX, CHEN CP, ZENG M. Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 and food safety [J]. *Health Res*, 2006, 35(4): 527–528.
- [40] 德国“毒黄瓜”确认为新病毒[J]. *科学大观园*, 2011, (13): 7–8.
- "Poisonous cucumber" in Germany was identified as a new virus [J]. *Sci Grand View Garden*, 2011, (13): 7–8.
- [41] 赵怀龙, 付留杰, 唐功臣, 等. 我国主要的食源性致病菌[J]. *医学动物防制*, 2012, 28(11): 1212–1216.
- ZHAO HL, FU LJ, TANG GC, *et al.* Main food borne pathogens in China [J]. *Prev Control Med Anim*, 2012, 28(11): 1212–1216.
- [42] RAFII F, HOLLAND M, HILL W, *et al.* Survival of *Shigella flexneri* on vegetables and detection by polymerase chain reaction [J]. *J Food Protect*, 1995, 58: 727–732.
- [43] 蒋震岭, 王红, 唐振柱, 等. 2003–2004 年广西食品中志贺氏菌监测分析[J]. *广西预防医学*, 2006, (1): 45–46.
- JIANG ZL, WANG H, TANG ZZ, *et al.* Surveillance and analysis of *Shigella* in Guangxi food from 2003 to 2004 [J]. *Guangxi Prev Med*, 2006, (1): 45–46.
- [44] MAHMOUDI S, POURAKBARI B, MORADZADEH M, *et al.* Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* and *Shigella* spp. among children with gastroenteritis in an Iranian referral hospital [J]. *Microbial Pathogen*, 2017, 109: 45–48.
- [45] 范贤贤, 田密霞, 姜爱丽, 等. 鲜切果蔬表面微生物侵染途径及控制[J]. *保鲜与加工*, 2009, 9(2): 15–17.
- FAN XX, TIAN MX, JIANG AL, *et al.* Infection and control of microorganisms on the surface of fresh cut fruits and vegetables [J]. *Preserv Proc*, 2009, 9(2): 15–17.
- [46] LARRY RB. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables [J]. *Microb Infect*, 2002, 4(4): 413–423.
- [47] LYNCH MF, TAUXE RV, HEDBERG CW. The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce: Risks and opportunities [J]. *Epidemiol Infect*, 2009, 137(3): 307–315.
- [48] ERICKSON MC, LIAO J, CANNON JL, *et al.* Contamination of knives and graters by bacterial foodborne pathogens during slicing and grating of produce [J]. *Food Microbiol*, 2015, 52: 138–145.
- [49] GRAÇA A, ESTEVES E, NUNES C, *et al.* Microbiological quality and safety of minimally processed fruits in the marketplace of southern Portugal [J]. *Food Control*, 2017, 73: 775–783.
- [50] 王文生. "十二五"期间我国果蔬冷链物流面临的机遇与挑战[J]. *保鲜与加工*, 2011, 11(3): 1–5.
- WANG WS. Opportunities and challenges faced by China's fruit and vegetable cold chain logistics during the 12th five year plan [J]. *Preserv Proc*, 2011, 11(3): 1–5.
- [51] 刘颖, 邬志敏, 王涛, 等. 果蔬气调包装设计及其贮藏期预测[J]. *上海理工大学学报*, 2006, (6): 526–530.
- LIU Y, WU ZM, WANG T, *et al.* Modified atmosphere packaging design and storage period prediction of fruits and vegetables [J]. *J Shanghai Univ Technol*, 2006, (6): 526–530.
- [52] 徐方旭, 刘诗扬, 兰桃芳, 等. 食源性致病菌污染状况及其应对策略[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(1): 98–101.
- XU FX, LIU SY, LAN TF, *et al.* Contamination status of foodborne pathogens and Its countermeasures [J]. *Food Res Dev*, 2014, 35(1):

- 98-101.
- [53] 汤厚宽. 大肠杆菌和弗氏志贺氏菌临界生长温度的研究[J]. 湖北农学院学报, 1991, (3): 63-68.
TANG HK. Study on critical growth temperature of *Escherichia coli* and *Shigella flexneri* [J]. J Hubei Agric Univ, 1991, (3): 63-68.
- [54] 王莉. 浅谈果蔬贮藏保鲜技术的研究现状和发展趋势[J]. 现代园艺, 2012, (24): 5.
WANG L. Research status and development trend of fruit and vegetable storage technology [J]. Mod Horticult, 2012, (24): 5.
- [55] 林梅, 李晓华, 朱衍馨, 等. 防治食品李斯特菌污染的方法及措施[J]. 东南国防医药, 2011, 13(6): 569-570.
LIN M, LI XH, ZHU YX, *et al.* Methods and measures for prevention and control of food *Listeria* contamination [J]. Southeast Nat Def Med, 2011, 13(6): 569-570.
- [56] 李小丽, 赵紫. 气调包装技术在鲜切果蔬中的应用及研究进展[J]. 现代食品, 2020, (18): 145-147.
LI XL, ZHAO Y. Application and research progress of modified atmosphere packaging technology in fresh cut fruits and vegetables [J]. Mod Food, 2020, (18): 145-147.
- [57] 果雅凝, 陆胜民, 谢晶. 鲜切果蔬中的微生物及其控制[J]. 保鲜与加工, 2005, (6): 6-9.
GUO YN, LU SM, XIE J. Microorganisms in fresh cut fruits and vegetables and their control [J]. Preserv Proc, 2005, (6): 6-9.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



马金晶, 硕士, 主要研究方向为微生物生态学。

E-mail: 289499889@qq.com



白瑶, 博士, 副研究员, 主要研究方向为营养与食品卫生学。

E-mail: baiyao@cfsa.net.cn