

生湿面保鲜技术研究现状

Study of the present status on the preservation technology of fresh wet noodles

孙子钦¹ 王 燕¹ 吴卫国¹ 欧阳梦云¹ 赵传文²

SUN Zi-qin¹ WANG Yan¹ WU Wei-guo¹ OU-YANG Meng-yun¹ ZHAO Chuan-wen²

(1. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128;

2. 长沙凯雪粮油食品有限公司, 湖南 长沙 410008)

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. Changsha Kaixue Grain and Oil Food Co., Ltd., Changsha, Hunan 410008, China)

摘要:文章介绍了生湿面贮藏期间主要存在的保鲜问题,并全面地概述了化学保鲜剂、气调、辐照等保鲜技术在生湿面应用中的国内外研究现状及发展趋势。

关键词:生湿面;方便食品;保鲜技术

Abstract: In this review, the main preservation problems of fresh wet noodles during storage were introduced. Moreover, a comprehensive overview of the domestic and international research status and development trendancy of some preservation technologies, including chemical preservatives, atmosphere controlling, and the usage of irradiation in fresh wet noodles, were described.

Keywords: fresh wet noodles; instant food; preservation technology

生湿面是小麦粉与辅料混合后,经熟化、压片、切条、包装等工序加工而成的一类面食[1-2]。其具有食用方便快捷、营养健康等特点,且保持了传统手工面的风味和口感特征,非常符合人们快节奏生活的需要以及对食品风味和口感的追求。然而,贮藏过程中,生湿面极易受微生物和酶的影响,引起品质劣变,导致保鲜期短,从而严重制约其市场推广和快速发展。因此,如何有效消除微生物和酶的影响,延长保鲜期已成为解决这一挑战的关键所在。当前,围绕生湿面保鲜技术的开发,研究者们进行了大量的研究和尝试。其中,应用于生湿面中的保鲜技术有化学保鲜剂、生物保鲜剂、微波保鲜、臭氧保鲜、栅栏保鲜等,这些技术各具特色,如:化学保鲜剂保鲜效果好,但对人体的健康存在潜在危害;微波保鲜既能灭菌又能抑制酶活,耗时短,但可能造成面条品质的变化;生

物保鲜剂具备天然、安全、高效的优势,应用前景广阔[3];栅栏保鲜可将多种保鲜技术结合,充分发挥各优势,保鲜效果更佳,具备巨大的潜在价值[4]。本文拟对生湿面保鲜技术的研究现状和进展进行归纳和概述,以期为生湿面保鲜问题的解决提供思路和参考。

1 生湿面品质变化概述

生湿面在贮藏期间,特别是夏季高温环境下,由于水分活度大,易出现菌落超标现象导致变质[5]。腐败菌以及致病菌在适宜的环境下大量滋长,可使生湿面在短期内丧失食用价值,造成了巨大的浪费和食用安全问题。李运通等[6]发现常温下生湿面品质劣变的转折点为24 h,此时,水分与淀粉、蛋白质等结合紧密,自由水的比例增大,微生物大量繁殖,进一步促使生湿面质地、色泽等品质劣变。前期细菌的增长速度要高于霉菌,二者呈现竞争关系,霉菌的繁殖可能会受到细菌代谢产物的影响,而后期霉菌数量会呈爆发式增长[7]。其次,生湿面易发生褐变,严重影响了产品的感官品质。在前2~4 h,面条迅速变色,随着时间的延长,褐变速率减缓并在24 h时达到平稳[8]。生湿面出现褐变现象主要与面粉中含有的多酚氧化酶有关,此外,非酶因素也可能促使面条褐变,如美拉德反应[9],目前面条中非酶因素引起的褐变机制研究仍处于初始阶段[10-11]。应对上述保鲜问题,研究者应侧重从生湿面中水分活度、贮藏温度、微生物种类、酶活等因素深入探究,综合考虑各因素对生湿面品质的影响,有针对性地采取相应的保鲜技术,从而达到更有效地保鲜效果。

2 保鲜技术在生湿面中的应用

2.1 化学保鲜剂

化学添加剂便捷、成本低,能有效抑制微生物生长,

基金项目:长沙市科技计划项目(编号:kq1703004,kcl701046)

作者简介:孙子钦,女,湖南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:王燕(1968—),湖南农业大学教授,博士。

E-mail: 693675748@qq.com

收稿日期:2018-09-10

但使用剂量是关键,多了会导致食品安全问题,少了又起不到抑菌作用。宋显良等^[12]发现单辛酸甘油酯相比于丙酸钙和丙二醇,对生湿面中霉菌的抑制程度更高,使用剂量为1 mg/mL时,霉菌抑制率可达50%左右。目前,食用酒精在生湿面的实际生产中得以广泛应用。陈洁等^[13]认为将食用酒精直接喷洒在面条上比在和面时添加保鲜效果更显著,但较少的食用酒精添加量起不到抑菌作用,较多又会引起不良气味。单一的化学防腐抑菌效果有限,游新侠等^[14]将双乙酸钠、脱氢醋酸钠与丙酸钙进行复配应用于花色生湿面中,在4℃下可保存15 d左右。化学添加剂仅对生湿面短期保鲜有效,且存在滥用添加剂、添加剂残留等食品安全问题,因此,为了弥补化学添加剂的不足,开发高效安全、天然的生物保鲜剂已成为解决生湿面保鲜问题的重要途径。

2.2 臭氧保鲜

臭氧是一种强氧化剂可以引起微生物细胞中活性氧的升高,导致细胞内出现氧化应激反应,从而达到杀菌的目的,已广泛应用于食品工业的各个领域^[15-16]。目前,臭氧以气体或水溶液的形式在生湿面预处理、加工或贮藏中起到灭菌的作用,并且,最终分解为大气中的氧气,无有害物质残留,无污染。如:采用1 mg/L臭氧水和面在有效杀死面粉中微生物的同时降低了水中的微生物含量^[17];臭氧可明显减少生湿面中初始微生物的数量,小麦粉经臭氧处理后贮藏4 d制得的生湿面比0 d呈现出更显著的微生物稳定性^[18]。但是,臭氧处理时间过长可能使面粉中带有一些令人不悦的气味,这可能与臭氧自身带有特殊的气味以及小麦粉中少量脂肪的深度氧化有关^[19]。其次,采用臭氧保鲜生湿面,成本偏高,同时,操作者长期处于高浓度臭氧下,容易造成身体伤害。

2.3 微波保鲜

相对基于热传导和对流的传统热处理而言,微波主要基于体积加热,能瞬间加热食品^[20]。微波杀菌主要通过热效应和非热效应共同作用于生湿面,从而起到杀菌、抑制酶活的作用。不同的微波条件处理生湿面的保鲜效果有所差异。一般而言,增加微波功率或延长微波时间有利于提高微波灭菌的有效性^[21]。微波功率2 000 W处理全麦粉40 s,能明显抑制了其制得的生鲜面褐变速率和贮藏前期(12~24 h)的微生物生长,其中,高功率短时间更有利于生湿面贮藏期色泽的稳定^[22]。Li等^[23]研究得到了相似的结果。但是,微波功率过高或时间过长,面粉会出现微黄及轻微焦糊结块现象,最终导致面条变硬,色泽暗淡,从而影响销售^[24]。微波与其他保鲜方法结合,杀菌效果更突出。微波处理前,添加适当浓度的柠檬酸和抗坏血酸于小麦—大米混合粉中,降低面团中的pH,从而使面条保质期长达40 d,并且较好地保持了面条的品质^[25]。另外,有研究者^[26]认为微波的抑菌效果还可能

与生湿面的尺寸有一定的相关性。微波能有效杀灭生湿面中的腐败菌及致病菌,但同时微波可能造成生湿面的品质变化,并且包装材料透过微波时可能会产生有害物质。

2.4 气调保鲜

气调保鲜是采用阻隔性能较好的包装材料包装生湿面,通过调节和控制包装内的气体成分,营造微生物难以生存的环境,从而延长保质期。一般而言,CO₂抑菌效果最佳,O₂能抑制厌氧菌的生长,N₂主要起填充作用^[27]。张春红等^[28]比较气调包装、普通包装以及真空包装对生湿面保鲜效果的影响,结果表明气调包装保鲜效果最显著,其中CO₂、N₂的体积比为1:1,7:3时达到最优,并对面条色泽有所改善。单一的气调保鲜效果有限,Nobile等^[29]研究壳聚糖与气调包装相结合对生湿面的保鲜效果,结果表明,两者产生协同作用,更有效地减缓了生湿面品质下降速度。目前,市场上销售的生湿面仍以普通密封包装为主,真空包装在食品行业应用虽较为广泛,但真空包装会使面条迅速受热,促使表面出现褐变现象,并造成面条之间挤压变形,限制了其在生湿面中的应用。气调包装相比于其他包装方式,更利于生湿面的防腐保鲜,但同时受到资金、设备以及场地等条件约束,需要较长时日来实现工业化。气调包装与低温贮藏、保鲜剂复配、辐照等方法结合应用于生湿面中才能充分发挥保鲜作用,创造更长远的经济效益。

2.5 辐照保鲜

辐照杀菌是利用辐射源产生的 γ -射线、X射线和电子束对生物分子产生直接和间接作用,抑制酶的活性,杀灭腐败菌,从而延长食品保质期的一种冷杀菌技术^[30]。 γ -射线辐照可以抑制小麦粉中好氧细菌以及霉菌的生长,并且提高了小麦粉的持水能力和抗性淀粉含量,同时,其对蛋白质含量无影响^[31]。低于4 kGy的 γ -射线辐照生湿面保鲜效果较好,对面条的质构无显著影响,但随着剂量的增加,生湿面色泽偏黄^[32]。目前,将 γ -射线应用于生湿面中,其安全性和有效性还有待进一步验证。电子束辐照技术比 γ -射线安全系数更高,不少研究者^[33-34]陆续对其在食品保鲜中的应用展开了研究。3 kGy电子束辐照剂量可使得小麦粉中的菌落总数、霉菌、酵母菌灭活率分别达到95.82%,95.83%,82.76%,与对照组相比,小麦粉中蛋白质、脂肪、淀粉等营养成分差异不大^[35]。史依沫等^[36]在不同辐照剂量条件下处理生湿面,研究表明,电子束辐照对细菌的抑制效果显著,霉菌则呈现出较强的辐照耐受性;辐照还可抑制多酚氧化酶的活性,改善了面条的色泽。辐照杀菌在生湿面保鲜中具有广阔的应用前景,但是投入实际生产中其安全性还有待深入考察。此外,辐照可能会给生湿面带来不良气味,并可能引起品质上的变化。

2.6 低温等离子体保鲜

低温等离子体是指体系中存在高温电子,温度可达上千乃至上万摄氏度,而其中离子及分子的温度与常温相当,因此,整个体系仍然接近室温^[37]。低温等离子体是一种新兴的非热杀菌技术,能使微生物的活性成分丧失,有效地消灭细菌,具有低温、短时、安全无残留等特点,可保持食品原有风味与营养成分^[38]。目前,这一技术在食品加工中的应用主要体现在食品表面、液体食品和包装食品的杀菌消毒方面^[39-40]。陈玥^[41]研究发现,低温等离子体对生湿面表面微生物有致死作用,并且可以抑制面条酸度增加,对面条的质构影响甚微,但低温等离子体会引起生湿面色泽的些许变化,贮藏第 0 天时,低温等离子体处理的生鲜面 L^* 值比未处理的高,但随着贮藏时间的延长,其 L^* 值均略低于未处理组。目前,低温等离子体在生湿面保鲜上的研究较少,是否具备可实践性,还需进一步探讨。

2.7 生物保鲜剂

生物保鲜剂具备天然、安全、保鲜效果好、易降解等特点,主要通过浸泡、喷淋或涂膜等方式广泛应用于食品中^[42-43]。从保证食品安全的角度考虑,生物保鲜技术是较为理想的保鲜方法,在生湿面中的应用已有所报道。

2.7.1 植物来源保鲜剂 不同种类的植物提取物对生湿面的保鲜程度有所差异。绿茶、洋葱皮水提取物可以抑制生湿面中腐败菌的生长,同时,可提高面条的抗氧化能力^[44],这可能与水提取物含有的多酚以及黄酮类等物质有关^[45]。虎杖、苦参和黄芩 3 种中草药提取物有利于生湿面的短期保鲜,1.5 mg/mL 的中草药混合物可以抑制细菌和霉菌的生长,并提高了面条的嚼劲,可能是中草药中含苷类化合物和多酚类物质参与了氧化作用,使支链淀粉碳链延长,形成了交链作用^[46]。此外,天然多肽也具备一定的抗菌活性。有研究^[3]报道,大豆球蛋白碱性多肽可抑制真菌菌丝体的生长和孢子萌发,破坏细胞膜,对生湿面具有显著的防腐效果,2.0、2.5 mg/g 的添加量明显抑制霉菌的生长,并且感官品质差异不显著。植物精油也被广泛用于生湿面的保鲜中,可以通过干扰和破坏细胞膜、酶系统以及细菌遗传物质的磷脂双层^[47],从而产生一定的抑菌作用。周小伟等^[48]将微波处理后的生湿面,进一步进行 5 个浓度梯度的迷迭香精油熏蒸,当迷迭香精油的空间浓度为 0.10 $\mu\text{L/mL}$ 时,微生物数量明显降低,但随着精油浓度的增加,抑菌效果无显著差异,并且可能会影响面条风味。

2.7.2 微生物及动物来源保鲜剂 微生物菌体及其代谢产物与生湿面中的腐败菌处于拮抗或竞争的关系,其次,还能通过改变 pH 值抑制腐败菌生长,从而达到保鲜效果。2% 的乳酸菌发酵上清液喷洒于生湿面片上,其中发酵液含有抑菌物质以及较低的 pH 值可有效地抑制面条

中微生物的生长^[49]。在湿面的生产中,尤其针对保鲜湿面,常采用天然有机酸如柠檬酸、抗坏血酸、植酸等降低面条中的 pH 值,通过改变微生物生长以及多酚氧化酶的最适 pH 值从而延长面条保质期^[50-51]。目前,乳酸链球菌素、纳他霉素以及壳聚糖在生湿面保鲜方面研究较多。乳酸链球菌素在 pH 呈酸性的环境下对生湿面中细菌的抑制作用显著,而纳他霉素对霉菌及酵母菌的抑制效果显著,对细菌几乎无作用^[52-53]。Huang 等^[54]研究发现,将壳聚糖与木糖的美拉德反应产物应用于生湿面中,可以提高壳聚糖对细菌的抑制作用,但对生湿面的色泽会有一定的影响。

目前,生物保鲜剂抗菌机理仍处于初步探索阶段,并且受到工艺及成本的影响,限制了其规模生产和应用。鉴于此,寻求多种保鲜剂复配不失为一种可行的解决方法,不仅扩大抑菌范围,增强抑菌效果,还降低了工业成本,提高了食品安全性。

2.8 栅栏保鲜

栅栏技术是将多种技术科学合理地结合,即通过各个栅栏因子协同作用,对微生物产生最大杀伤力的同时,降低食品营养物质和风味的损失,从而保障产品食用安全性^[55-56]。生湿面营养丰富、水分活度较高,单一的保鲜技术无法达到预期保鲜效果,需要将多种保鲜方法综合利用,取长补短,在保证品质的前提下延长生湿面的保质期。杨杰静等^[67]研究臭氧结合气调包装对生鲜鱼面保鲜效果的影响,结果表明,随着臭氧处理时间的延长,面条的减菌率逐渐升高,当处理时间为 10 min 时,结合 100% CO_2 包装并辅助低温贮藏 ($-0.8\text{ }^\circ\text{C}$),微生物增长速率极为缓慢,同时减少了微生物及其代谢物对面条蛋白质、淀粉等营养物质的分解,保持了面条的品质。Lucera 等^[58]以山梨酸钾为抑菌剂,结合热处理应用于生鲜面团,并辅助空气过滤器以及气调包装,多方面共同作用,可有效抑制鲜意大利面中腐败菌的繁殖,与对照组相比,保质期延长了 32 d。牛猛等^[59]发现超声波联合抗坏血酸可以有效降低面粉中多酚氧化酶的活性,从而抑制生湿面的褐变。吴克刚等^[60]采用糖醇、热处理以及复配精油三者结合作用于生湿面,从降低面条的水分活度以及抑菌两方面切入,以达到保鲜的目的。栅栏技术具有较高的实际可操作性,随着研究的深入,需对生湿面中的各个栅栏因子进行全面考察,将其有效结合,必将成为生湿面保鲜领域中一种最有效的保鲜技术。

3 结语

目前,中国还未对生湿面在可食用范围内的微生物含量制定统一标准,对褐变机理仍处于探索初期,而单一的保鲜技术已无法满足当前产品生产的需要。相比于单一的保鲜技术,栅栏保鲜技术可针对多个栅栏因子,采取

多种保鲜技术相结合,表现出对生湿面全面高效的保鲜效果,能更大程度地延长生湿面的保质期,如保鲜剂复配结合辐照、微波等冷杀菌技术、生物保鲜剂结合气调包装等。此外,考虑到消费者对自身健康日益重视,保鲜技术朝着高效、经济、安全方向发展将成为今后生湿面保鲜领域中的一种必然趋势。同时,研究者应更加深入地展开保鲜机理等基础性理论的研究,对生湿面进行高质量保鲜还需兼顾实际生产情况,才能达到更理想的保鲜效果,从而大力推动生湿面产业化发展,提升生湿面加工的经济和社会效益。

参考文献

- [1] SIAH S, QUAIL K J. Factors affecting Asian wheat noodle color and time-dependent discoloration: A review[J]. *Cereal Chemistry*, 2018, 95(2): 189-205.
- [2] 徐国良. 绿茶生鲜面的品质调控研究[J]. *食品研究与开发*, 2014(8): 19-22.
- [3] HOU Jin, LI Ying-qin, WANG Zhao-sheng, et al. Application effect of glycinin basic polypeptide in fresh wet noodles and antifungal characteristics [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 83: 267-274.
- [4] 游新侠, 郭楠楠. 栅栏技术在花色生鲜面保鲜中的应用[J]. *粮食与油脂*, 2016, 29(11): 66-70.
- [5] LI Man, ZHU Ke-xue, SUN Qing-jie, et al. Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi-dried noodles induced by moderate dehydration: understanding the quality changes in semi-dried noodles[J]. *Food Chemistry*, 2016, 194: 797-804.
- [6] 李运通, 陈野, 李书红, 等. 生鲜面常温贮藏过程中的品质变化规律[J]. *食品科学*, 2017, 38(1): 258-262.
- [7] 王晓明, 陈洁, 吕莹果, 等. 生鲜面在不同温度下品质变化研究[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2014, 35(1): 69-72.
- [8] ASENSTORFER R E, APPELBEE M J, MARES D J. Physical-chemical analysis of non-polyphenol oxidase (non-PPO) darkening in yellow alkaline noodles[J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(12): 5556-5562.
- [9] DOXASTAKIS G, PAPAGEORGIOU M, MANDALOU D, et al. Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti[J]. *Food Chemistry*, 2007, 101(1): 57-64.
- [10] ASENSTORFER R E, APPELBEE M J, MARES D J. Impact of protein on darkening in yellow alkaline noodles[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2010, 58(7): 4500-4507.
- [11] NIU Meng, HOU Gary-g, LI Xiao-dan, et al. Inhibitory effects of ultrasound combined with ascorbic acid or glutathione on enzymatic darkening of whole-wheat raw noodles[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, 59(2): 901-907.
- [12] 宋显良, 邓学良, 周文化. 生鲜湿面防霉保鲜技术[J]. *食品与机械*, 2013, 29(2): 159-162.
- [13] 陈洁, 王晓明, 汪礼洋, 等. 生鲜面保鲜技术的研究[J]. *食品工业*, 2014(11): 152-155.
- [14] 游新侠, 王颖颖, 侯利霞. 防腐剂在花色生鲜面保鲜中的应用研究[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2015, 36(3): 61-64.
- [15] 余江涛, 谢晶. 臭氧水处理结合气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2015, 31(1): 111-115.
- [16] OKPALA C O R. Investigation of quality attributes of ice-stored Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by sequential minimal ozone treatment [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, 57(2): 538-547.
- [17] 陈媛媛. 生鲜面条的贮藏保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2017: 50-51.
- [18] LI Man, PENG Jing, ZHU Ke-xue, et al. Delineating the microbial and physical-chemical changes during storage of ozone treated wheat flour[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2013, 20(4): 223-229.
- [19] LI Man, ZHU Ke-xue, WANG Bi-wen, et al. Evaluation the quality characteristics of wheat flour and shelf-life of fresh noodles as affected by ozone treatment [J]. *Food Chemistry*, 2012, 135(4): 2163-2169.
- [20] KAPPE C O. ChemInform Abstract: How to measure reaction temperature in microwave-heated transformations[J]. *Chemical Society Reviews*, 2013, 42(12): 4977-4990.
- [21] VALERO A, CEJUDO M, GARCÍA-GIMENO R M. Inactivation kinetics for Salmonella, Enteritidis in potato omelet using microwave heating treatments [J]. *Food Control*, 2014, 43(43): 175-182.
- [22] 张森, 张楚楚, 彭晶, 等. 微波处理对全麦粉及全麦生鲜面中PPO和微生物的抑制研究[J]. *中国粮油学报*, 2014, 29(3): 7-10.
- [23] LI Man, SUN Qing-jie, ZHU Ke-xue. Delineating the quality and component changes of whole-wheat flour and storage stability of fresh noodles induced by microwave treatment[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 84: 378-384.
- [24] 周小伟, 刘晓丽, 吴克刚, 等. 面粉微波处理结合植物精油对鲜湿面保鲜品质的影响研究[J]. *粮食与油脂*, 2016, 29(11): 62-65.
- [25] ZHANG Xiao-tian, LIU Xiao-yu, KARIM R, et al. Preparation and microwave preservation of wheat rice blending wet noodle[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2017, 42(3): 1-9.
- [26] 赵笑笑, 张慧茹, 王雪琴, 等. 生鲜面条保鲜方式及其菌群生长分析[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2016, 37(3): 37-41.
- [27] 张玉琴, 齐小晶, 梁敏, 等. 基于生鲜肉品和果蔬保鲜的生物可降解薄膜的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2017, 38

- (2): 390-395.
- [28] 张春红, 史依沫, 王丽, 等. 气调包装对生湿面条保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2018(9): 86-91.
- [29] DEL Nobile M A, DI B N, SURIANO N, et al. Combined effects of chitosan and MAP to improve the microbial quality of amaranth homemade fresh pasta[J]. Food Microbiology, 2009, 26(6): 587-591.
- [30] 戚蓉迪, 颜伟强, 岳玲, 等. 电子束辐照对进口甜樱桃保鲜效果的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(5): 839-844.
- [31] LEE N Y, KANG C S, KIM H S. Effects of γ -irradiation on the quality changes of fresh noodles prepared from wheat cultivated with N-fertilization treatments[J]. Food Science & Biotechnology, 2017, 26(1): 135-142.
- [32] 张春红, 史依沫, 王丽, 等. γ 射线辐照对生湿面条杀菌效果及品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017(24): 27-32.
- [33] LUNG Hsiang-mei, CHENG Yu-chi, HUANG Hsiao-wen, et al. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 44(1): 66-78.
- [34] 程述震, 张春晖, 张洁, 等. 电子束辐照对充氮包装冷鲜牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 230-235.
- [35] 魏会惠, 罗小虎, 王莉, 等. 电子束辐照小麦粉的杀菌效果及对低菌小麦粉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2017(2): 52-52.
- [36] 史依沫, 王丽, 李淑荣, 等. 电子束辐照对生湿面条杀菌效果及品质影响的研究[J]. 原子能科学技术, 2018, 52(2): 378-384.
- [37] 马挺军, 史喜成, 贾昌喜. 低温等离子体在食品杀菌中的研究进展[J]. 农产品加工: 创新版, 2009(6): 8-11.
- [38] 李兆杰, 杨丽君, 刘小菁, 等. 辉光放电低温等离子体技术对微生物的杀菌动力学及杀菌机制[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 167-171.
- [39] BERMÚDEZ-AGUIRRE D, WEMLINGER E, PEDROW P, et al. Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli*, in fresh produce[J]. Food Control, 2013, 34(1): 149-157.
- [40] 张志伟. 常压低温等离子体对鲜切胡萝卜表面金黄色葡萄球菌的杀菌效果及品质影响[J]. 粮油食品科技, 2018(3): 50-55.
- [41] 陈玥. 低温等离子体对生湿面表面杀菌研究及装置开发[D]. 天津: 天津科技大学, 2017: 39-42.
- [42] YUAN Gao-feng, LV Hua, TANG Wen-yan, et al. Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage[J]. Food Control, 2016, 59(1): 818-823.
- [43] ZHAO Guo-ping, LI Ying-qiu, SUN Gui-jin, et al. Effects of glycinin basic peptide on physicochemical characteristics and microbial inactivation of pasteurized milk[J]. Journal of Dairy Science, 2016, 99(7): 5 064-5 073.
- [44] 张译心, 李建立, 赵杨, 等. 绿茶、洋葱皮水提取物对面团粉质特性、面条保鲜效果、蒸煮特性及抗氧化性能的影响[J]. 食品工业科技, 2018(2): 61-64.
- [45] 钟平, 王燕飞. 洋葱有效成分提取及抑菌性能研究[J]. 赣南师范大学学报, 2016, 37(6): 72-74.
- [46] 周文化, 周其中, 郑仕宏, 等. 中草药提取物在鲜湿面保鲜中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(8): 26-27.
- [47] SOLOMAKOS N, GOVARIS A, KOIDIS P, et al. The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin, and their combination against *Listeria monocytogenes* in minced beef during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2008, 25(1): 120-127.
- [48] 周小伟, 刘晓丽, 吴克刚, 等. 面粉微波处理结合植物精油对鲜湿面保鲜品质的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(11): 62-65.
- [49] 全永亮, 何忠宝, 樊镇棣, 等. 乳酸菌在生湿面条保鲜的研究[J]. 现代食品, 2016, 1(1): 124-126.
- [50] 傅小伟, 黄斌, 陈波, 等. 湿面保鲜工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(1): 23-25.
- [51] 李华, 韩金玉, 陆启玉, 等. 不同有机酸对鲜湿面护色效果的影响[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2014, 35(6): 41-44.
- [52] 刘畅, 李喜宏, 杜瑾, 等. 湿生面条生物防霉保鲜技术[J]. 食品科技, 2011(2): 134-137.
- [53] 韩金玉. 生鲜拉面的保鲜储藏技术研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2015: 33-34.
- [54] HUANG Jin-ru, HUANG Chung-yi, HUANG Yao-wen, et al. Shelf-life of fresh noodles as affected by chitosan and its Maillard reaction products[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(7): 1 287-1 291.
- [55] KHAN I, TANGO C N, MISKEEN S, et al. Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety: A review[J]. Food Control, 2016, 73: 1-19.
- [56] 陈晨, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 栅栏技术在鲜切果蔬中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 338-343.
- [57] 杨杰静, 李贤, 刘友明, 等. 鲜湿鱼面冰温气调保鲜研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(10): 336-339.
- [58] LUCERA A, COSTA C, PADALINO L, et al. Combination of process technology and packaging conditions to improve the shelf life of fresh pasta[J]. Food Processing & Technology, 2014, 5(12): 1-5.
- [59] 牛猛, 于琦, 幸新干, 等. 全麦鲜湿面褐变机制及抑制方法的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 90-94.
- [60] 吴克刚, 谢佩文, 罗辑, 等. 控制生鲜面水分活度及微生物生长的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2012(9): 29-31.
- (本文系2018年湖南省研究生创新论坛二等奖论文)