

面皮加工与品质研究进展

于佳晔, 赵林伟, 李洋洋, 王雅雯, 于殿宇*

(东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150030)

摘 要: 面皮作为我国西北地区的传统特色小吃, 因其口感独特而深受人们的喜爱。随着社会的发展和生活方式的加快, 面皮已经逐渐成为居民日常方便食品之一, 其消费量逐年增加。然而, 面皮传统加工和品质无法满足其工业化生产和长距离物流运输的需求, 限制其进一步发展。本文结合相关文献, 就面皮的加工及工艺改进、品质变化及应对方法和面皮包装等研究进展进行综述。食用胶的添加、加工温度和 pH 是面皮加工的关键影响因素, 其中添加合适食品添加剂是控制面皮老化的有效手段; 巴氏杀菌和高压高温杀菌技术可有效控制面皮霉变; 真空包装是目前面皮主要的包装形式; 进一步明确面皮的加工工艺、品质变化及其预防措施, 并对其今后研究提出建议, 以期出面皮工业化生产提供参考。

关键词: 面皮; 加工工艺; 品质; 工业化

Research progress of processing and quality of Mianpi

YU Jia-Ye, ZHAO Lin-Wei, LI Yang-Yang, WANG Ya-Wen, YU Dian-Yu *

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

ABSTRACT: Mianpi is a traditional snack in northwestern China, where people are fond of its distinctive texture. The consumption of ready-to-eat Mianpi has widely increased and gone beyond the northwestern region, as it inherently fit the pace and lifestyle of modern society. However, the traditional production methods restrain the mass production and long-distance logistics transportation of Mianpi, which limiting its further development. This paper reviewed the recent development processing, quality change, and packaging method of Mianpi. The hydrocolloids, temperature, and pH are the key factors in the processing of Mianpi that affect its quality, and adding suitable food additives is an effective way to control the retrogradation of its starch. Pasteurization and high pressure/high temperature sterilization could effectively control the microbial growth of Mianpi. Vacuum packaging is the main packaging method for Mianpi. The paper summarized the processing methods, quality change, and preservation of Mianpi, also discussed the research and development trends for the industrial production of Mianpi.

KEY WORDS: Mianpi; processing technology; quality; industrialization

0 引 言

面皮作为西北地区特色小吃, 起源于陕西, 据记载可追溯到秦始皇时期, 距今已有 2000 多年历史^[1]。面皮由于其

制作简便、口感独特, 深受消费者青睐, 被评为中华名吃之一。随着社会经济发展和生活节奏加快, 面皮等特色食品逐渐在全国范围流行起来, 面皮生产急需实现大规模工业化, 并形成不同形式的方便面皮来满足这一需求^[2]。然而, 目前

基金项目: 黑龙江省科技重大专项(2020ZX08B01)

Fund: Supported by the Science and Technology Major Project of Heilongjiang Province (2020ZX08B01)

*通信作者: 于殿宇, 博士, 教授, 主要研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程。E-mail: dyu2000@126.com

*Corresponding author: YU Dian-Yu, Ph.D, Professor, Northeast Agricultural University, No.600, Changjiang Road, Nangang District, Harbin 150030, China. E-mail: dyu2000@126.com

面皮的生产主要为手工和小型机械生产以及“前店后厂”的经营模式, 只集中在简单加工和就地销售两个层面^[3]。面皮的加工工艺、品质变化、产品包装及设备工业化还处于初级阶段, 尚未形成这一特色食品规模化和工业化生产。本文结合相关文献报道, 就面皮的加工工艺、品质变化和产品包装等方面研究进行综述, 进一步明确面皮的加工工艺、品质变化、保鲜措施和包装形式, 以期对面皮规模化和工业化生产提供参考。

1 面皮加工

1.1 不同种类面皮的比较分析

面皮是以小麦粉或小麦淀粉、食用植物油和水为原料, 经和面、洗面(洗去小麦粉中蛋白质)、成型等工艺制作而成。根据其原料和加工工艺可以分为传统面皮、传统擀面皮、花色面皮和花色擀面皮等, 对于其原辅料、加工工艺、质量要求、口感与风味等要求, 不同种类面皮的比较分析见表 1。

由表 1 可以看出, 传统面皮、传统擀面皮、花色面皮和花色擀面皮等不同面皮在原料使用上都非常接近, 均以小麦粉或小麦淀粉为主。从加工工艺来看, 蒸面皮和擀面皮最大的区别在于后者在熟制前进行适度发酵处理, 发酵过程中, 小麦淀粉在自然微生物醋酸菌、乳酸菌以及酵母菌的作用下发生了轻微降解, 产生酸类物质, 因而擀面皮酸度略有升高, 赋予其特有的微酸味和口感。花色面皮和花色擀面皮在原料中加入各种蔬菜、水果和杂粮等, 以丰

富面皮风味, 改善口感, 提高其营养价值。从质量要求上看, 蒸面皮与擀面皮的理化指标中水分含量和酸度要求略有不同, 蒸面皮的水分要求高于擀面皮, 酸度低于擀面皮, 而微生物指标要求相同, 应符合 DBS 61/0011—2021《食品安全地方标准 凉皮、凉面》的质量要求。从口感与风味上看, 蒸面皮的口感嫩、光、柔、韧, 而擀面皮更有嚼劲, 各种花色面皮由于加入水果、蔬菜、杂粮更具独特的风味, 可为消费者提供更为丰富的面皮花色和种类。从面皮种类来看, 蒸面皮和擀面皮是面皮的主要种类, 其所选用的原辅料均以小麦粉为主; 加工工艺主要区别在发酵工序上, 赋予了擀面皮一定酸味和劲道的口感。

1.2 面皮加工工艺改进研究

随着食品机械的发展和完善, 面皮加工小型机械不断涌现, 较好地满足了面皮传统工业化加工, 取代了手工操作。面皮属于一种淀粉凝胶类食品, 淀粉糊化后能够形成具有一定弹性和强度的半透明凝胶, 凝胶是一种介于液态和固态之间的特殊形式^[4]。淀粉经过加热糊化和冷却老化过程, 在这个过程中能够产生有益于人体健康的抗性淀粉。适度老化有利于面皮制品成型, 但是过度老化可能会影响面皮质地和口感。在工业化生产过程中该如何控制和延缓淀粉老化是面皮加工面临的一个重要课题, 需要对面皮加工工艺进行改进, 使其适合于工业化生产。面皮中含水量、食用胶的选择、淀粉的种类、pH 等是影响面皮品质的关键因素, 可从这几个方面进行研究, 使其更有利于工业化生产。

表 1 不同种类面皮的比较分析
Table 1 Comparative analysis of different types of Mianpi

种类	原辅料	加工工艺	质量要求	口感与风味
传统面皮	小麦粉、水、食用盐、食用植物油	小麦粉→和面→揉面团→醒发→洗面(或不洗面)→淀粉沉淀(或不沉淀)→排水→制作熟化成型→刷油→切制(或不切制)	感官要求: 产品应具有应有的色泽、气 味滋味和状态 理化指标: 水分(g/100 g)≤75, 酸度(°T) ≤4.0, 铅(以 Pb 计, mg/kg)≤0.2 微生物指标: 金黄色葡萄球菌(CFU/g) ≤100, 大肠杆菌(CFU/g)≤10, 沙门氏 菌不得检出, 菌落总数(CFU/g)≤ 100000	嫩、柔、光、韧
传统擀面皮	小麦粉、水、食用盐、酵母、食用植物油	和面→洗面→沉淀→发酵→熟制成型→刷油→冷却→切制(或不切制)	感官要求: 产品应具有应有的色泽、气 味滋味和状态 理化指标: 水分(g/100 g)≤65, 酸度(°T) ≤7.0, 铅(以 Pb 计, mg/kg)≤0.2 微生物指标: 与传统面皮微生物指标要 求相同	相比于传统面皮 口感较硬、韧度 高、更有嚼劲
花色面皮	小麦粉、小麦淀粉、水、水果、蔬菜、玉米粉、杂粮粉、食用盐、食用植物油	和面(或调浆)→洗面(或不洗面)→沉淀(或不沉淀)→熟制成型→刷油→冷却→切制(或不切制)	感官要求、理化指标、微生物指标与传 统面皮要求相同	增加其口感, 具 有所添加杂粮、水 果、蔬菜的风味
花色擀面皮	小麦粉、小麦淀粉、水、水果、蔬菜、玉米粉、杂粮粉、食用盐、酵母、食用植物油	和面(或调浆)→洗面(或不洗面)→沉淀(或不沉淀)→发酵→熟制成型→刷油→冷却→切制(或不切制)	感官要求、理化指标、微生物指标与传 统擀面皮要求相同	相比于传统擀面 皮, 口感劲道, 具 有相应杂粮、水 果、蔬菜的风味

面皮加工工艺虽不复杂,但直接影响着面皮的品质。擀面皮一般做法为和面、洗面、发酵、擀面成型等工艺,这样制作的面皮韧性高且有嚼劲。为了加快擀面皮的工业化和标准化生产,冉娇^[5]对擀面皮加工进行了探究,结果表明:在小麦淀粉浆中,当马铃薯淀粉添加量 3.25%、橡子淀粉添加量 0.5%、糯米淀粉添加量 1.0%,卡拉胶、瓜尔胶、黄原胶、魔芋胶各自的最佳添加量为面粉量的 0.3%,通过食用碱面调节淀粉浆 pH 为 6.5 时,擀面皮的品质特性较好。擀面皮的适宜贮存期为 9 d,面皮保质期的显著延长较好满足工业生产和长距离运输的需求。蒸面皮做法与擀面皮略有不同,口感较为柔软,故两者的工艺也有所不同。张雷等^[6]对蒸面皮进行研究,综合考虑到了能耗和成本等问题,优化了蒸面皮的原料配比为马铃薯淀粉添加量 3%,魔芋粉添加量 0.2%,研究表明:淀粉种类、淀粉添加量和魔芋胶对面皮感官特性有一定影响,影响主次顺序为淀粉种类>淀粉添加量>魔芋胶添加量。上述研究结果表明,面皮加工工艺较为简单且易行,其品质主要通过原辅料配方改进来实现,如小麦粉与不同类型淀粉组成比例或者添加一定量的食用胶来改变面皮的口感和延长其保质期等。

2 面皮品质变化原因及应对方法

面皮由于风味独特深受消费者欢迎,但其快速发展的同时也暴露出一些问题,其中最为关键的问题是面皮的老化和霉变。面皮的老化会使其质地变硬而失去原有口感,影响其食用品质,因此需要进一步了解面皮老化机制并选择合适的延缓老化方法以保证其品质。面皮的霉变主要是由于其水分含量高,在加工和贮藏过程中被微生物污染,因此,选择合适的杀菌和包装技术来控制微生物指标对面皮生产及保藏尤为重要。

2.1 面皮品质变化原因

2.1.1 面皮的老化

面皮属于淀粉凝胶类食品,在贮藏过程中糊化的淀粉分子间氢键会再度结合,重新排列成有序状态的结晶,引起面皮的柔软性降低、口感变硬、风味变差,食用品质大幅下降^[7-8]。淀粉的老化又称淀粉的回生、凝聚,老化过程,淀粉糊化与老化过程如图 1 所示^[9-10]。根据老化时间的长短,可将淀粉老化分为短期老化和长期老化阶段。短期老化发生在淀粉糊化后的几小时或十几小时之间,发生速度较快,主要由直链淀粉的凝胶化所致;而长期老化由支链淀粉重结晶所致,一般会超过几周时间^[10-11]。淀粉老化后吸水能力下降,水分析出流失,淀粉链重新由无定形态变为晶体,柔韧性降低而强度增加,此时的产品变干变硬,影响消化吸收^[12]。

淀粉短期老化是不可避免,为面皮形成一定口感和风味起到一定作用,而长期老化阶段所需时间更长,会对

面皮品质产生不利影响。影响面皮老化的因素主要有以下几方面^[13-14]:

(1)面皮所用小麦淀粉中直链淀粉和支链淀粉的种类及含量,通常链长适宜的直链淀粉易发生老化,不易糊化;分子量较大的直链淀粉会产生较多的空间障碍而不易老化,分子量较小的直链淀粉易于扩散而不易发生老化。支链淀粉由于其枝杈结构产生较大的空间障碍,其一般易糊化,不易老化。

(2)水分含量对淀粉老化有所影响,含水量在 30%~60%范围内的淀粉食品易发生老化现象,而含水量低于 10%或高于 60%时,淀粉老化现象不易发生,面皮水分含量 65%~75%不易发生老化。

(3)适宜的酸碱度可延缓老化现象,通常 pH 小于 4 或大于 8 的条件下,老化速度较为缓慢。

(4)非淀粉类碳水化合物如单糖(葡萄糖、果糖)、低聚糖(乳糖、蔗糖、麦芽糖)等对于淀粉老化也有重要影响,其在淀粉糊化过程中随水分子渗透到淀粉颗粒中,与淀粉分子相互作用。这些糖类对淀粉的老化取决于其与水分子的相溶性,若相溶性较好,其与水分子作用相似,可对分子链有一定稀释作用,降低了分子链的迁移速率,从而延缓老化;若相溶性不好,则会加快淀粉老化。

(5)储藏温度会影响淀粉老化,60℃以上淀粉虽然难以老化,但仍会影响面皮的品质;在 2~4℃的保藏温度也极易发生老化。长期老化时间可通过淀粉组成、水分含量、酸碱度、非淀粉类化合物含量和温度来控制,这也是面皮抗老化研究的方向之一。

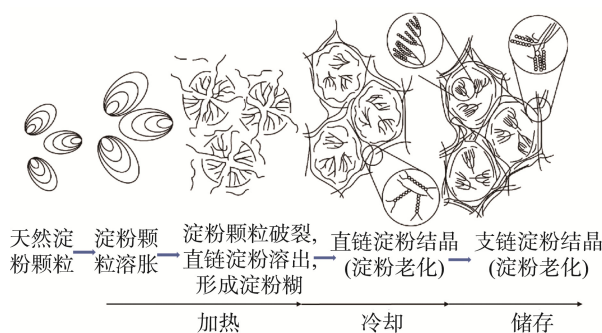


图 1 淀粉糊化和老化过程^[10]

Fig.1 Gelatinization and aging process of starch^[10]

2.1.2 面皮的霉变

引起面皮品质劣变的另一个主要因素是霉变,这是腐败微生物生长引起的。在面皮的生产及保藏过程中,由于其含有 65%~75%的水分,在室温下易被微生物污染,面皮的腐败变质将直接影响其风味及安全性^[1,15]。面皮作为一种即食产品,目前并没有微生物指标要求,但作为预包装食品,对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌和菌落总数等微生物指标都有相应要求(表 1)。因此,在加工过程

中应选择一些合适的杀菌方法来控制面皮中微生物指标, 进而保证其品质安全。

2.2 预防面皮品质变化的方法

2.2.1 面皮抗老化方法

淀粉老化对于面皮等淀粉类食品的质构及感官品质具有重要影响, 因此为了防止面皮品质劣变, 需要通过一些抑制或延缓淀粉老化的措施来进一步保障面皮的风味及口感。国内外学者已经提出一些抑制淀粉老化的方法, 并且部分方法已实现工业化生产应用。淀粉凝胶食品抗老化方法见表 2。

由表 2 可以看出, 延缓淀粉老化主要通过酶法修饰以及添加食品添加剂使得淀粉的凝胶性、成膜性和持水性等发生改变来实现。添加淀粉酶能够延缓淀粉老化, 其中 α -淀粉酶抗老化效果最佳^[25]。乳化剂对于淀粉类制品的品质也有重要作用, YU 等^[20]在小麦淀粉中添加硬脂酸和海藻酸钠, 提高了糊化初始温度并能够有效抑制淀粉的老化。亲水性胶体的成膜性能较好, 可有效抑制淀粉类制品在加工及贮藏过程中水分流失从而起到延缓淀粉老化的作用; 此外,

亲水性胶体具有较高的吸水性和持水能力, 提高了食品的水分活度, 可延缓因失水而引发的淀粉老化现象^[6]。添加糖类也可在一定程度上延缓淀粉的回生, 金娃等^[22]研究了海藻糖对马铃薯淀粉、小麦淀粉、玉米淀粉特性的影响, 发现添加海藻糖可提高淀粉糊透明度、糊化温度, 改善凝沉特性, 延缓淀粉老化。许晨等^[26]研究发现, 当原花青素的添加量为 5% 时, 其对高直链玉米淀粉、普通玉米淀粉和高支链玉米淀粉的老化抑制效果较好。目前工业化生产主要是以单甘酯和卵磷酸为主要成分的乳化剂来延缓淀粉老化。选择合适的添加剂不仅可改善面皮品质, 也可以延缓其老化。在相关的研究当中发现, 除表 2 中的酶法修饰和添加食品添加剂等方法, 还提出控制水分活度来减缓淀粉老化, 袁甜甜等^[27]通过在干制过程中甘薯粉条老化规律研究得出当水分活度在 0.7~0.9 范围时, 粉条具有较快的老化速度, 可以通过控制水分活度来延缓淀粉老化。

2.2.2 面皮杀菌方法

加工过程中控制面皮的微生物指标尤为关键, 一般可通过适宜的杀菌技术来实现。面皮常见的杀菌技术见表 3。

表 2 淀粉凝胶食品抗老化方法
Table 2 Anti-aging method of starch gel food

方法	原理	举例	参考文献
生物酶制剂法	直链与支链淀粉比值、淀粉分子长短等均会影响淀粉老化, 加入酶制剂可一定程度上改变淀粉分子链长度以及增强分子间的无序性, 从而延缓淀粉老化速度	α -淀粉酶、 β -淀粉酶等	[16-18]
亲水性胶体法	亲水胶体多为能溶于水的多糖大分子及其衍生物, 其主要通过影响直链-直链淀粉和支链-支链淀粉间的相互作用促进短期老化, 延缓淀粉长期老化	卡拉胶、魔芋胶、黄原胶、瓜尔胶等	[15,19]
乳化剂法	糊化后的直链淀粉分子内部是疏水的, 乳化剂的疏水基团进入其内部, 形成不溶性包络物, 通过抑制淀粉分子重结晶起到抗老化效果	单月桂酸甘油酯、硬酯酰乳酸钠、硬脂酸、海藻酸钠等	[20-21]
添加糖类	直链淀粉与 β -环糊精会结合形成络合物, 其有序结晶将受到影响; 海藻糖良好的持水性使得淀粉体系内水分活度降低, 抑制淀粉重结晶以延缓老化; 低聚果糖能够阻碍直链淀粉分子间氢键的形成, 从而使淀粉凝胶无法形成更多的有序结构	β -环糊精、海藻糖、低聚果糖等	[22-23]
添加多酚	添加的多酚可与直链淀粉通过氢键和范德华力相结合, 阻碍了直链淀粉分子间互相作用而形成结晶, 从而抑制淀粉老化	茶多酚、原花青素、石榴皮多酚等	[24]

表 3 面皮常见的杀菌技术
Table 3 Common sterilization techniques for Mianpi

技术	原理	特点	参考文献
高温高压法	高温高压条件可直接破坏菌体的蛋白质、核酸及酶系统, 导致菌体死亡	杀菌效果好, 但温度较高会对面皮品质有一定的影响	[28-29]
巴氏杀菌法	在较低温度(100℃以下)条件下, 杀灭食品中的致病性细菌和绝大多数非致病性细菌	面皮生产中常用杀菌方法, 杀死病菌同时又可保持产品营养风味; 但部分耐热菌可能仍存在, 食品保质期相对较短, 需低温冷藏	[30]
紫外杀菌法	适当波长的紫外线照射能够破坏微生物体细胞内 DNA 的分子结构, 导致微生物死亡以达到杀菌效果	操作简便、效率高、环境友好, 但适合于表面杀菌, 可减少面皮表面细菌, 杀菌不够彻底	[31-32]
微波杀菌法	微生物体内的蛋白质及生理活性物质在微波热效应和非热效应共同作用下发生变异, 其生长发育延缓甚至死亡	升温快、耗时短、效率高, 能够较大程度保留食品中的营养成分	[33-34]

在面皮实际生产过程中,使用较多且杀菌效果较好的是巴氏杀菌和高压高温杀菌技术,这两种杀菌方式存在操作时间较长、温度较高等问题,会对面皮的口感产生不利的影响。微波杀菌主要是由微波使水分子发生振动,利用分子产生的摩擦热进行杀菌,能够在原包装条件下短时间内从食品中心加热杀菌,可有效防止二次污染,特别适于大肠杆菌、霉菌和酵母菌等不耐热微生物^[34],目前在市场中已有相应的面皮微波杀菌机设备。紫外杀菌可破坏微生物的 DNA 结构,使其失去生长繁殖能力而死亡,但此技术只适于表面杀菌,对面皮的杀菌效果一般^[35]。

近年来,一些较为新型的杀菌方法,为面皮杀菌保鲜提供了更多的选择。辐照杀菌是利用同位素放射或电子束对包装食品进行辐照处理,强力的射线作用于微生物使其灭活^[36],笔者所在团队前期的研究表明辐照处理具有良好的杀菌效果。高压杀菌是将食品放到水等介质中,在较高压力下作用一段时间,主要破坏的是食品中蛋白质、多糖等大分子物质,高压避免了热处理,可有效保持食品原有风味及色泽^[37]。生物保藏主要利用拮抗微生物或天然杀菌剂来控制食品本身存在的致病菌及霉菌等生长,一般情况下,生物保藏与其他杀菌手段结合起来效果较好^[38]。高温杀菌和巴氏杀菌是面皮杀菌的主要形式,新型杀菌的出现为面皮高效杀菌提供可能,同时,也需要考虑对面皮品质影响和生产成本等因素。

3 面皮包装形式

面皮工业化生产已逐渐形成,并且销售渠道已扩增至全国各地。从面皮“自产自销”“先店后厂”到更好地“走出去”,这就需要利用现代包装技术对面皮进行合理包装,以此来保证其在长期运输过程中的风味及质量。目前面皮生产销售过程中的包装的形式有真空包装、无菌包装、抗菌包装等。

3.1 真空包装

真空包装也称减压包装,是将包装容器内的空气抽出密封,维持袋内处于高度减压状态,被包装产品在运输、贮存、销售过程可一定程度上隔绝空气,起到保护产品、便于运输的目的^[39]。真空包装主要利用厌氧环境可有效抑制好氧微生物的生长繁殖,来防止食品腐败变质,当氧气浓度低于 1% 时,微生物的繁殖速率会大幅下降,当氧气浓度为 0.5% 时,大部分细菌可被抑制;真空包装可抑制氧化反应,减少风味物质损失的同时保持食品中营养成分,其还可防止食品失水或吸潮,有效避免产品发生老化^[40]。目前,真空包装是面皮的主要包装形式,通过减少包装内氧气含量,保证产品色香味,防止其品质劣变,还可延长面皮的保存期。张雷等^[6]采用自动真空包装机在无菌环境下对蒸面皮进行包装,分析了其在常温储藏中的品质变化

情况,研究显示经真空包装的蒸面皮在常温储藏期间的水分含量保持较好,菌落总数在储存 6 d 内仍符合食品质量标准要求,表明无菌抽真空包装蒸面皮是常温保存蒸面皮的一种有效方式。

3.2 无菌包装

无菌包装技术是指被包装食品、包装容器分别进行杀菌,并且在无菌环境下完成充填和密封的包装技术^[41]。与传统包装不同,无菌包装选用耐菌性和阻隔性都较强的材料制成包装容器,包装食品与容器两者的杀菌过程相互独立,除了可有效去除两者携带的微生物外,还可避免食品与容器同时灭菌发生反应,后续在无菌条件下进行包装密封,避免产品被微生物污染^[42]。无菌包装系统主要包括包装食品杀菌和包装容器杀菌两部分,前者通常采用高温短时技术进行杀菌,后者可采取加热杀菌、紫外线杀菌、过氧化氢杀菌、紫外-过氧化氢相结合等方法进行杀菌^[43]。在无菌包装过程中,除对包装食品和容器进行消毒杀菌外,加工车间、工作机械以及整个操作过程都需清洁无菌,彻底实现微生物控制的生产和流通管理^[44]。无菌包装食品的风味、色泽、营养成分损失较小,能更好保持产品原口感和风味,可实现连续杀菌、灌装和密封,工作效率较高;但该技术对于操作环境要求较高且常用于包装流动性较强的食品,在面皮等凝胶食品中应用受到一定的限制。

3.3 抗菌包装

抗菌包装是指在包装材料中加入抗菌剂,这种抗菌物质可从包装材料逐步释放到食品表面来抑制食品中微生物生长。传统应用于食品中的抗菌剂如山梨酸盐、苯甲酸盐、亚硝酸盐等毒性较大、威胁人体健康、抗菌效率低、还会改变食品原有风味。常用的抗菌剂包括天然抗菌剂、有机抗菌剂、无机抗菌剂等。近年来,国内外学者研究开发出许多天然抗菌剂,其主要是从自然界中的动物、植物体内提取或由微生物代谢产生的一类结构复杂的物质,在食品中以抗菌小袋、抗菌薄膜、抗菌涂料、微胶囊等形式应用^[45]。植物源天然抗菌剂主要包括植物精油、植物提取物、皂苷等,因其来源广泛、成本低、且制备技术成熟、抗菌效果显著,备受包装行业青睐;微生物源天然抗菌剂包括细菌素、纳他霉素、益生菌等,其安全性和抗菌效率较高,但耐热性较低,且不同种类微生物的代谢产物的抗菌能力也存在一定差异;动物源天然抗菌剂包括蜂胶、溶菌酶、乳铁蛋白等,其具有良好的生物相容性和成膜性,还可有效抑制或杀死食源性致病菌^[46]。有机抗菌剂有双胍类、噻唑类、醇类、酚类、有机卤化物、碘化物、季铵盐类有机物^[47],抗菌效果优于天然抗菌剂,但由于其毒性通常较高,在食品领域应用受到限制^[48]。无机抑菌剂主要包括金属纳米颗粒和金属纳米氧化物^[49]。无机抑菌剂相比于前两种抗菌剂具有抗菌范围广、抗菌效果好、使用的有

效期长等优点。但一般不应用于食品领域,无机抗菌剂的安全性需进行评估,抗菌剂从抗菌膜向食品中的迁移规律尚不明确,故无机抗菌剂还需完善后才可运用于食品包装^[50]。向包装材料中加入天然抗菌剂不仅操作简单、抗菌效率较高,还可实现健康与环保双重功效,在面皮包装方面具有很高的应用价值和潜在发展前景,后续可从抗菌剂种类、添加量、安全性等方面进行研究面皮的包装形式之一。

4 结束语

面皮作为一种传统的小吃,其工业化进程仍比较缓慢。对面皮加工工艺、抗老化、杀菌及其包装形式方面研究仍较少,故面皮的加工工艺和品质完善缺乏相关基础参数和理论支撑,这限制了其工业化发展。工业化是传统小吃的发展趋势,应加快相关基础研究,推动其工业化发展。在面皮加工工艺方面,可以进一步探究合理的控制面皮食用胶的用量、含水量、温度条件和 pH 优化面皮的加工工艺,有效延长面皮的保质期。面皮是以淀粉类为主的食物,延缓淀粉老化是保鲜的关键所在,可通过淀粉组成或添加食品添加剂、水分含量、酸碱度、非淀粉类化合物和温度来控制,所以可以通过探究不同上述条件对面皮保鲜时间的影响来延长其保质期。巴氏杀菌和高压高温杀菌技术是有效控制面皮霉变的杀菌方法;真空包装是目前面皮的主要包装形式。当然,面皮工业化生产离不开面皮加工机械的研发,创制效率高和自动化程度高的面皮加工机械也是其走向工业化的必由之路。

结合笔者文献调研和分析,认为面皮为一种传统方便食品,其工业化生产,应从以下几个方面展开研究和探讨:(1)对不同类型的面皮工艺进行深入研究,优化面皮的工业化生产加工工艺和特色面皮的研发。(2)通过面皮加工原料组分配比和抗老化方法改进,确保面皮在较长保质期内的品质。(3)选择合适的面皮杀菌技术,保证面皮的口感和不受微生物侵扰;(4)需要进一步针对面皮生产加工、杀菌和包装等机械设备加大研发力度,为面皮工业化生产奠定基础。

参考文献

- [1] 龙明华,唐丽丽,祝战斌,等. 陕西面皮保鲜技术的优化[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(7): 145-148.
LONG MH, TANG LL, ZHU ZB, *et al.* Optimization of fresh-keeping technology of Shaanxi pastry [J]. Guizhou Agric Sci, 2018, 46(7): 145-148.
- [2] 林致通,张东霞,雷雯,等. 基于模糊数学与感官质构分析建立鲜凉皮食用品质评价标准[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(7): 225-233.
LIN ZT, ZHANG DX, LEI W, *et al.* The edible quality evaluation standard of fresh Liangpi was established based on fuzzy mathematics and sensory texture analysis [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(7): 225-233.
- [3] 张超. 从路边摊到网红店宝鸡擀面皮撬动大产业[N]. 潇湘晨报, 2022-05-31(6).
- [4] 孙川惠,武强,张炳文. 淀粉凝胶食品——粉皮、凉粉的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(1): 40-43.
SUN CH, WU Q, ZHANG BW. Starch gel food-research progress of powder peel and cold powder [J]. Food Nutr China, 2016, 22(1): 40-43.
- [5] 冉娇. 传统擀面皮工艺条件优化及品质变化探讨[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
RAN J. Discussion on the optimization of traditional rolling process conditions and quality change [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2016.
- [6] 张雷,张建新,李赛杰,等. 传统蒸面皮抗老化配方优化研究[J]. 农产品加工, 2016, (11): 28-32.
ZHANG L, ZHANG JX, LI SJ, *et al.* Study on optimization of traditional steamed mianpi anti-aging formula [J]. Agric Prod Process, 2016, (11): 28-32.
- [7] 赵佳佳,钟晴,钱海峰,等. 不同添加剂对小麦淀粉凝胶抗老化效果的研究[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(8): 37-42.
ZHAO JJ, ZHONG Q, QIAN HF, *et al.* Study on antiaging effect of different additives on wheat starch gel [J]. Cere Oil, 2022, 35(8): 37-42.
- [8] 黄峻榕,伏佳静,蒲华寅,等. 凉皮(面皮)贮藏过程中的回生行为及其机理[J]. 陕西科技大学学报, 2021, 39(6): 39-44, 50.
HUANG JR, FU JJ, PU HY, *et al.* Regenerative behavior and mechanism of cold bark during storage [J]. J Shaanxi Sci Technol Univ, 2021, 39(6): 39-44, 50.
- [9] 王宏伟,许可,张艳艳,等. 淀粉老化的影响因素及其检测技术研究进展[J]. 轻工学报, 2021, 36(1): 17-29.
WANG HW, XU K, ZHANG YY, *et al.* Research progress on influencing factors and detection techniques of starch aging [J]. J Light Ind, 2021, 36(1): 17-29.
- [10] GONG B, CHENG L, GILBERT RG, *et al.* Distribution of short to medium amylose chains are major controllers of *in vitro* digestion of retrograded rice starch [J]. Food Hydrocolloid, 2019, 96: 634-643.
- [11] LI C, HU Y, LI E. Effects of amylose and amylopectin chain-length distribution on the kinetics of long-term rice starch retro gradation [J]. Food Hydrocolloid, 2021, 111: 106239.
- [12] 韩雪,井雪萍,张莉丽,等. 大米淀粉老化特性及控制技术研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2016, 48(2): 126-130.
HAN X, JING XP, ZHANG LL, *et al.* Review on retrogradation properties and control technology of rice starch [J]. J Harbin Inst Technol, 2016, 48(2): 126-130.
- [13] DING L, ZHANG B, TAN C P, *et al.* Effects of limited moisture content and storing temperature on retrogradation of rice starch [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 137: 1068.
- [14] ZHU F, LIU PZ. Starch gelatinization, retrogradation, and enzyme susceptibility of retrograded starch: Effect of amylopectin internal molecular structure [J]. Food Chem, 2020, 316: 126036.

- [15] 尚玉婷, 杨薇, 毛金蓉, 等. 小麦霉变过程中品质变化与微生物之间关系的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(9): 1–3.
SHANG YT, YANG W, MAO JR, *et al*. Research progress on the relationship between quality change and microorganism during wheat mildew [J]. Anhui Agric Sci, 2022, 50(9): 1–3.
- [16] 张雨, 张康逸, 张国治. 淀粉老化过程机理及淀粉抗老化剂应用的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(13): 316–321.
ZHANG Y, ZHANG KY, ZHANG GZ. Research progress of starch aging process mechanism and application of starch antiaging agents [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(13): 316–321.
- [17] NIU M, HOU GG, KINDELSPIRE J, *et al*. Microstructural, textural, and sensory properties of whole-wheat noodle modified by enzymes and emulsifiers [J]. Food Chem, 2017, 223: 16–24.
- [18] ZHAI YT, LI XX, BAI YX, *et al*. Maltogenic α -amylase hydrolysis of wheat starch granules: Mechanism and relation to starch retro gradation [J]. Food Hydrocolloid, 2022, 124: 107256.
- [19] ANBARANI NM, RAZAVI SMA, TAGHIZADEH M. Impact of sage seed gum and whey protein concentrate on the functional properties and retrogradation behavior of native wheat starch gel [J]. Food Hydrocolloid, 2021, 111: 106261.
- [20] YU Z, WANG YS, CHEN HH, *et al*. The gelatinization and retrogradation properties of wheat starch with the addition of stearic acid and sodium alginate [J]. Food Hydrocolloid, 2018, 81: 77–86.
- [21] TANG MC, COPELAND L. Analysis of complexes between lipids and wheat starch [J]. Carbohydr Polym, 2007, 67(1): 80–85.
- [22] 金娃, 陈威, 李松原, 等. 海藻糖对三种淀粉理化性质的影响[J]. 中国调味品, 2021, 46(2): 152–155.
JIN W, CHEN W, LI SY, *et al*. Effect of trehalose on physicochemical properties of three kinds of starch [J]. China Cond, 2021, 46(2): 152–155.
- [23] BANCHATHANAKIJ R, SUPHANTHARIKA M. Effect of different β -glucans on the gelatinization and retrogradation of rice starch [J]. Food Chem, 2009, 114(1): 5–14.
- [24] 李月月, 薛惠元, 李美利, 等. 凉粉老化原理及改善方法研究进展[J]. 食品安全导刊, 2022, (15): 167–170.
LI YY, XUE HY, LI ML, *et al*. Research progress on aging principle and improvement method of cold powder [J]. Chin Food Saf Magaz, 2022, (15): 167–170.
- [25] CHEN XP, ZHANG L, LI X, *et al*. Impact of maltogenic α -amylase on the structure of potato starch and its retrogradation properties [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 145: 325–331.
- [26] 许晨, 刘锐, 孙婵婵, 等. 原花青素抑制玉米淀粉回生作用的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(5): 1811–1818.
XU C, LIU R, SUN CC, *et al*. Inhibitory effect of proanthocyanins on retrogenesis of corn starch [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(5): 1811–1818.
- [27] 袁甜甜, 谢钰欣, 张蕾, 等. 干制过程中甘薯粉条老化规律研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(1): 25–32.
YUAN TT, XIE YX, ZHANG L, *et al*. Study on the retrogradation of starch during the drying of sweet potato starch noodles [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(1): 25–32.
- [28] 汤力, 张开伟. 高温高压杀菌技术在无锡肉酿面筋保鲜中的应用[J]. 食品工业, 2013, 34(11): 102–105.
TANG L, ZHANG KW. Application of high temperature and high pressure sterilization technology in the preservation of Wuxi meat gluten [J]. Food Ind, 2013, 34(11): 102–105.
- [29] 张雪颖. 食品加工过程中的超高压灭菌技术[J]. 食品安全导刊, 2022, (8): 179–182.
ZHANG XY. Ultra-high pressure sterilization technology in food processing [J]. Chin Food Saf Magaz, 2022, (8): 179–182.
- [30] MOHAMED NANI, IJOD G, JANAKA SSS, *et al*. Comparison of high pressure and thermal pasteurization on the quality parameters of strawberry products: A review [J]. Food Sci Biotechnol, 2023, 32(6): 729–737.
- [31] 白妍, 葛雨琨, 向迎春, 等. 非热杀菌技术杀灭食品中芽孢效能及机理研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 314–322.
BAI Y, GE YJ, XIANG YC, *et al*. Research progress on the efficiency and mechanism of non-thermal sterilization of spores in food [J]. Food Sci, 2019, 40(15): 314–322.
- [32] 张晓君, 王彩云, 程英, 等. 紫外杀菌技术在乳制品灭菌工艺中应用研究进展[J]. 中国乳品工业, 2019, 47(4): 47–52.
ZHANG XJ, WANG CY, CHENG Y, *et al*. Advancement of application of ultraviolet sterilization in dairy product sterilization [J]. Chin Dairy Ind, 2019, 47(4): 47–52.
- [33] FIGUEROA JG, BORRAS-LINARES I, DEL PR, *et al*. Functional ingredient from avocado peel: Microwave-assisted extraction, characterization and potential applications for the food industry [J]. Food Chem, 2021, 352: 129300.
- [34] 李里特. 微波在食品加工中应用的原理和特点[J]. 食品工业科技, 1992, (7): 3–6.
LI LT. The principle and characteristics of WEI wave application in food processing [J]. Sci Technol Food Ind, 1992, (7): 3–6.
- [35] 王波, 孟资宽, 康建平, 等. 鲜湿面保鲜技术及护色技术的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2017, 53(6): 85–89, 110.
WANG B, MENG ZK, KANG JP, *et al*. Research progress of fresh-wet noodle preservation technology and color protection technology [J]. Food Ferment Technol, 2017, 53(6): 85–89, 110.
- [36] 金露达, 张关涛, 李娟, 等. 鲜湿面货架期影响因素和保鲜技术研究进展[J]. 包装工程, 2021, 42(21): 1–10.
JIN LD, ZHANG GT, LI J, *et al*. Research progress on influencing factors of shelf life and preservation technology of fresh wet noodles [J]. Pack Eng, 2021, 42(21): 1–10.
- [37] FERNANDES PAR, MOREIRA SA, SANTOS MD, *et al*. Hyperbaric storage at variable room temperature-a new preservation methodology for minced meat compared to refrigeration [J]. J Sci Food Agric, 2019, 99(7): 3276–3282.
- [38] 刘岩莲. 食品保藏原理与方法的类型[J]. 现代食品, 2017, (10): 34–36.
LIU YL. Types of principles and methods of food preservation [J]. Mod Food, 2017, (10): 34–36.
- [39] 彭润玲, 谢元华, 张志军, 等. 真空包装的现状与发展趋势[J]. 真空,

- 2019, 56(2): 1–15.
- PENG RL, XIE YH, ZHANG ZJ, *et al.* The present situation and development trend of vacuum packaging [J]. Vacuum, 2019, 56(2): 1–15.
- [40] 马文. 营养强化型鲜湿面加工与保鲜关键技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015.
- MA W. Research on the key technology of processing and preserving fresh wet noodles with nutrition enhancement [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.
- [41] CHIOZZI V, AGRIOPOULOU S, VARZAKAS T. Advances, applications, and comparison of thermal (pasteurization, sterilization, and aseptic packaging) against non-thermal (ultrasounds, UV radiation, ozonation, high hydrostatic pressure) technologies in food processing [J]. App Sci, 2022, 12(4): 2202.
- [42] 唐勇. 食品无菌包装技术[J]. 饮料工业, 2002, 5(2): 1–4.
- TANG Y. Food aseptic packaging technology [J]. Bev Ind, 2002, 5(2): 1–4.
- [43] 吴宪玲, 张道勇, 侯晓玉. 无菌包装技术在食品中的应用[J]. 农业科技与装备, 2020, (6): 53–54.
- WU XL, ZHANG DY, HOU XY. Application of aseptic packaging technology in food [J]. Agric Technol Equip, 2020, (6): 53–54.
- [44] 贺晓光, 何建国, 李海峰. 食品的无菌包装[J]. 宁夏农学院学报, 2000, 21(4): 83–88.
- HE XG, HE JG, LI HF. Aseptic packaging of food [J]. J Ningxia Agric Univ, 2000, 21(4): 83–88.
- [45] 郭娟, 张进, 王佳敏, 等. 天然抗菌剂在食品包装中的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(9): 336–346.
- GUO J, ZHANG J, WANG JM, *et al.* Research progress of natural antibacterial agents in food packaging [J]. Food Sci, 2021, 42(9): 336–346.
- [46] HUANG TQ, QIAN YS, WEI J, *et al.* Polymeric antimicrobial food packaging and its applications [J]. Polym, 2019, 11(3): 560–577.
- [47] 毛洋洋, 吴铁. 抗菌型塑料包装的研究进展[J]. 塑料助剂, 2023, (2): 50–53.
- MAO YY, WU T. Research progress of antibacterial plastic packaging [J]. Plastic Addit, 2023, (2): 50–53.
- [48] 王梦军, 年琳玉, 曹崇江. 功能性食品包装材料的研究进展及发展趋势[J]. 包装工程, 2020, 41(7): 65–76.
- WANG MJ, NIAN LY, CAO CJ. Research progress and development trend of functional food packaging materials [J]. Pack Eng, 2020, 41(7): 65–76.
- [49] 刘星凯, 任非, 王书军. 淀粉基抗菌食品包装膜的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(1): 1–9.
- LIU XK, REN F, WANG SJ. Advances in starch-based antibacterial food packaging films [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(1): 1–9.
- [50] 柴三中, 赵亚珠. 食品包装用抗菌膜研究进展[J]. 包装工程, 2022, 43(15): 178–185.
- CHAI SZ, ZHAO YZ. Research progress of antimicrobial films for food packaging [J]. Pack Eng, 2022, 43(15): 178–185.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



于佳晔, 主要研究方向为食品科学与工程。

E-mail: 1958246819@qq.com



于殿宇, 博士, 教授, 主要研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程。

E-mail: dyu2000@126.com