

速冻中式肉类预制菜肴冻藏过程中 品质提升策略研究进展

石泽雨, 刘九阳, 曹传爱, 孔保华, 夏秀芳, 陈倩, 孙方达, 刘 骞*

(东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 随着人们生活节奏和生活质量的逐步加快与提高、冷链运输的日渐形成与发展, 以及加工设备的持续更新和迭代, 速冻中式肉类预制菜肴呈现出迅猛发展的强劲势头。速冻中式肉类预制菜肴是将速冻调理技术运用到传统中式肉类菜肴生产中的预制肉类产品, 因其便捷性(即简化厨房烹饪环节、降低烹饪成本和提高烹饪效率)而受到越来越多消费者的青睐。然而, 速冻中式肉类预制菜肴在冷冻贮藏期间易出现品质劣变现象(如脂肪哈败、风味失真、表面干耗等), 不仅影响产品的品质, 还会影响消费者的体验, 降低商品的复购率。因此, 本文系统综述了速冻中式肉类预制菜肴在冻藏期间品质变化及品质提升技术, 并对其存在的问题进行了分析, 探讨了相关优化方向, 以期速冻预制菜肴品质提升策略提供相关技术支持。

关键词: 速冻中式肉类预制菜肴; 冻藏; 品质提升

Research progress on quality promotion strategies of quick-frozen Chinese prepared meat dishes during frozen storage

SHI Ze-Yu, LIU Jiu-Yang, CAO Chuan-Ai, KONG Bao-Hua, XIA Xiu-Fang,
CHEN Qian, SUN Fang-Da, LIU Qian*

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

ABSTRACT: Quick-frozen Chinese prepared meat dishes expand at a rapid speed with the accelerated pace of life and gradual improvement of living standards, formation and development of cold chain transportation and continued upgrading of processing equipment. The dishes is a kind of prepared meat products which process under the concept of quick-frozen prepared meat products, due to their convenience (mainly for simplifying the kitchen cooking process, reducing cooking costs and improving cooking efficiency), quick-frozen Chinese prepared meat dishes have been more and more popular among consumers. However, the quality deterioration (such as fat oxidation, flavor distortion, surface dry consumption, etc.) of quick-frozen Chinese prepared meat dishes occur during the storage not only affect the quality of products, but also decrease the consumption experience and re-purchase rate. Therefore, this paper systematically reviewed the quality change and quality improvement technology of quick-frozen Chinese prepared meat dishes during frozen storage, analyzed the cases in current, and then prospected for future optimization, which can provide relevant technical support for its quality improvement strategy.

基金项目: 黑龙江省“百千万”工程科技重大专项课题(2020ZX07B02)

Fund: Supported by the Major Science and Technology Projects in Heilongjiang Province (2020ZX07B02)

*通信作者: 刘骞, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为畜产品加工工程。E-mail: liuqian@neau.edu.cn

*Corresponding author: LIU Qian, Ph.D, Professor, Northeast Agricultural University, No.600, Changjiang Road, Xiangfang District, Harbin 150030, China. E-mail: liuqian@neau.edu.cn

KEY WORDS: quick-frozen Chinese prepared meat dishes; frozen storage; quality promotion

0 引言

人们生活节奏日益加快, 多数没有充足的时间去制作一餐, 加之 2019 年来新冠疫情全球大流行, 很多人选择在家中烹饪, 但是中餐的制作需要精准控制火候与用料, 非常消耗时间。经过标准化生产的半成品菜肴很好地解决了上述问题, 它们既可以稳定菜品风味, 又可以降低购买者的操作难度, 消费者购买后经过简单的复热即可做出成品菜肴, 以此为优势, 逐渐积累了一些消费基数, 使这些经标准化的速冻半成品菜肴逐渐走进了更多人的视野中。其中, 迭代最快、种类较多、具备一定发展潜力的是速冻中式肉类菜肴, 因其荤素搭配合理、营养丰富、复热方法与家中厨房制作中式菜肴流程相似、简单易操作, 而备受消费者青睐^[1]。

速冻中式肉类菜肴制品是以肉类为主要原料, 再配以适量的果蔬作为辅料, 经煎、炸、烤、蒸等中国传统烹饪方式预加工后, 进行速冻和包装而成的具有中式风味的预制菜肴制品^[1]。其最明显的优势是减少了中餐烹饪的前期准备时间, 例如改刀、腌制和焯水等步骤, 且在加工时可采用中央厨房模式结合智能加工设备, 突破了传统中餐在产能和效率上的限制^[2-3]。此外, 传统烹饪难以准确控制调味料的用量, 而速冻中式肉类菜肴对调味料的添加量进行标准化, 同时其产品包装上的营养成分表可作为参考, 消费者由此能精准计算每餐营养成分的摄入量。但速冻中式肉类菜肴属于冷链食品, 生产至销售的流通环节较多, 全产业链安全控制水平尚待提高, 品质稳定性控制技术薄弱, 导致产品质量波动, 产品品质控制上存在一定缺陷^[4-5]。此外, 冻藏温度不稳定和冻藏时间较长会导致菜肴品质劣变, 如菜肴中的肉类保水性降低、解冻损失和蒸煮损失增加、质构特性降低等; 同时, 蛋白质和脂肪氧化还会导致其风味劣变, 菜肴中的蔬菜色泽、脆性劣变, 营养流失等, 损害消费者利益^[6-9]。虽然对于速冻中式肉类菜肴关注度逐渐增高, 选择速冻半成品菜肴的消费者也随之增多, 积累了一定的消费基数, 但是这种消费基数是否能够持续、后疫情时代如何留住消费者, 主要依托于产品的品质和风味能否得到改善。与此同时, 食品工厂也需采取健全冷链运输体系、优化菜肴工业化加工技术、提升产品品质稳定性等措施, 以推动速冻半成品菜肴产业的发展。

基于此, 本文综述了肉类和蔬菜在速冻中式肉类菜肴冻藏过程中水分与风味的变化及影响因素以及水分保持、风味保留相关的新技术, 为预防和控制工业化生产的中式菜肴在冷冻贮藏过程中品质的劣变、增强产品的品质稳定性等提供理论参考。

1 肉类在速冻中式肉类菜肴冻藏过程中品质变化及优化措施

历年来, 关于肉类冻藏的研究主要集中于生鲜畜禽肉, 对调理类半成品中的肉类在冻藏期间品质变化相关研究稍少, 随着调理类食品工业的发展, 相关品质研究及产品开发逐渐增多。对于速冻肉类中式菜肴制品, 长时间冻藏会导致速冻菜肴中肉类出现干耗、变色等现象。这些外观、品质和风味的劣变致使产品的食用品质下降等, 不仅损害了消费者健康, 还会给企业造成经济损失。虽然速冻中式肉类菜肴标准化技术随着食品工业化的发展逐步改革, 节约了消费者吃一餐的时间成本, 但这些产品在冷冻贮藏过程中发生的风味及品质劣变可能会在中餐工业化进程中带来消极影响, 因此关于速冻中式肉类菜肴对传统风味的继承以及贮藏期品质控制方面还有很多可以提升的空间。

1.1 配方与预处理工艺对速冻中式肉类菜肴中肉类品质影响及其升级措施

速冻中式肉类菜肴加工工序复杂, 从配方的确定到原料肉的选取, 制成的速冻菜肴在冻藏直至冷链运输等环节需要经过多道工序, 都会影响终产品质量, 除此之外, 产品在贮藏过程中会发生风味损失、甚至风味劣变, 同时还会产生干耗, 均会使产品质量恶化。可以通过调整配方和优化预处理工艺用以减少产品的风味损失、对特定的风味进行补偿等, 另外, 若结合盐水注射腌制、真空滚揉和超高压等预处理工艺能够提高产品的嫩度, 从而进一步提升产品品质, 例如一些调理肉制品加入了无磷保水剂, 同时结合真空滚揉技术进行预处理则会更好地发挥配方的保水嫩化作用^[10]。因此, 合适的配方辅以优化后的预处理工艺将会较好地控制菜肴在后续加工中的品质。

采用对产品风味进行定向补偿等方式优化配方会给产品风味带来较大的提升。速冻肉类中式菜肴原料中的潜在的风味物质或者在制作时添加的一些呈味核苷酸和蛋白水解物等呈味物质可以优化速冻食品风味, 由于该产品须在 -18°C 冷冻条件下存放, 会导致一些不耐冷冻的呈味物质损失, 例如肌苷酸(inosine monophosphate, IMP)、一磷酸腺苷(adenosine monophosphate, AMP)和某些游离氨基酸, 有研究者发现若发生温度波动造成冻融循环时会加剧这种变化^[11-13]。为应对这种风味损失, 可以寻找一些代替物质, 选取性质稳定的富含氨基酸、多肽的酵母抽提物产品, 提升整体风味, 防止原有滋味损失。在实际生产中发现, 酵母抽提物对小黄鱼边角料有较好的脱腥效果, 并且风味柔和^[7]; 另外在酱牛肉制作过程中, 适当添加酵母提取物会

提升产品滋味,增强肉香味^[7,14];或者可以尝试对损失的风味物质进行定向补偿或者固定特征风味。目前关于挥发性风味物质强度的测定有很多方法,进行产品风味补偿前,需要预先进行风味物质的测定,用以判断这些措施的抑制效果。关于风味物质的测定有诸多方法,现下最常使用的有 3 种:气相色谱-串联质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)用于定性定量测定风味物质、气相色谱嗅觉检测技术(gas chromatography-olfactometry, GC-O)可以通过仪器检测结合嗅觉感知来追踪风味来源、电子鼻可以快速且全面地评估样品中挥发性气味的信息^[6,8-9]。一些研究者采用顶空-固相微萃取(headspace solid phase microextraction, HS-SPME)结合 GC-MS 技术对样品中的挥发性风味成分进行定性定量分析,部分研究者利用电子鼻分析不同部位的牛肉在炖煮过程中的整体风味差异^[15-17]。同时还有一些其他的测定方法近年来被广泛应用,如气相色谱-离子迁移谱(gas chromatography-ion mobility spectroscopy, GC-IMS)技术,与 GC-MS 相比,GC-IMS 是利用 GC 在极短时间内分离复杂混合物,使混合物成为单一组分后,根据气相离子迁移率对化合物进行表征的方法,具有极高的分辨率、分析速度快等优点^[18]。若可以通过试验找出风味损失较大的物质以及其产生的关键工艺点,判断该工艺在预加工时的必要性,如可以转化成消费者购买产品后可以在家庭里制作的步骤,不失为一种减少风味损失的方法。或者对产品原料预先进行风味补偿(风味增强)、将特征风味固定下来,以天然提取物为例,可作为一种风味增强剂,目前关于天然提取物的研究主要是关于其抗氧化功能,未来可以探索天然提取物对产品特征风味的固定和补偿作用。

除此之外,选取适当的预处理工艺也是用以保持和提升速冻菜肴品质的关键环节,例如一些产品加工工艺选择不当会使产品保水性下降、汁水流失、肉质变柴。可以在原料肉的预处理过程融入保水嫩化工艺,通常会在原料中添加保水剂,如复合磷酸盐保水剂、食用胶、大豆蛋白等,同时结合真空滚揉腌制技术,来提升肉的特水能力、质构特性和感官评分等食用品质^[10]。相关研究发现,还可以对原料肉进行上浆这一步骤来提高菜肴产品含水量和嫩度,其目的在于避免原料直接与高温接触,使蛋白质在低温下变性成熟,防止原料内部水分与呈味物质流失,并使原料在加热中不易破碎,从而起到保嫩、保鲜、保持形态、提高风味与营养的综合优化作用,也具有类腌制的作^[1]。另外,张晓天等^[19]对微波鸡肉串进行预油炸处理在一定程度上可以抑制肉串失水,减少产品在复热过程中的失水率,此举措也提高了肉品产率。

1.2 速冻过程对速冻中式肉类菜肴中肉类品质影响及其升级措施

冷冻保存食品是人们近现代以来主要的保存食物方

式之一,从初期的缓慢冷冻到后期不断发展的速冻技术都是为了使食品在冷冻条件下保存时能够较长时间地维持产品的“色、香、味”,其根本在于提升食品冻结速率。产品的冻结速率过低,会使其在冻结过程中损失较多水分,此外,低冻结速率导致产品降温速度过长,以致产品内部形成较大的冰结晶,进而增加其在后续冻藏期间的干耗,影响贮藏中和解冻后的品质。因此,可以采取一系列措施以提升冻结速率,抑制冻藏期间的品质劣变。

在速冻过程中,由于水蒸气压力差的存在,肉类的速冻时间越长,其损失的水分越多,与此同时肉中的共轭亚油酸等不饱和脂肪酸含量下降,而饱和脂肪酸含量会上升,影响肉类的品质^[20-21]。因此对于速冻中式肉类预制菜肴来说,首先可以通过降低速冻原料或速冻空间的温度,将预处理后的半成品冷却至 4℃以下再进行速冻,进而减少速冻时间来控制损失,可以采取的措施有减压冷却、鼓风冷却和真空预冷技术等。减压冷却可能优于其他两种冷却方式。周欢伟^[22]在分析和对比不同冷却方式对食品冷却的效果适用场合后,发现对肉菜和米饭采取减压冷却比自然冷却速度快一倍以上,且能保持口感和新鲜度,适合于中央厨房的快速保湿冷却需求。

冻结食品时降温速度过慢会使产品内部形成过大的冰晶,产生的大冰晶可能会破坏细胞,释放出一些诱发风味劣变的酶类,由于冷冻方式和冻藏温度的差异,在冷冻过程中生长的冰晶会不同程度地损伤食品的结构,产生不均匀的微孔,形成的空隙在解冻后仍会存在,致使肉的局部口感不均匀,造成了局部脆性的降低,影响产品整体口感^[23]。基于此,一些结合新型技术的冷冻方式应运而生,降低速冻时产生的冰晶体积,以降低冻藏过程中生成较大冰晶的时间,例如:基于物理场的新型冷冻技术:超声波辅助冷冻,可形成更小冰晶,并在一定程度上灭酶;静电场、交变电场可以抑制水溶液及生物组织冷冻过程中冰晶的生长^[24];振荡磁场对食品中细菌、孢子和霉菌有钝化、杀灭作用^[25]。这些新型冷冻技术大多用于原料肉的冻结。MUELA 等^[26]使用鼓风冻结、液氮浸没冻结、隧道冻结技术将羊肉冻结并贮藏 6 个月,试验结果显示鼓风冻结和隧道冻结提升了羊肉的嫩度。三维磁场辅助冷冻技术减缓了冷冻牛油果泥在贮藏期间的风味劣变、磁场辅助冻结的猪肉自然解冻后汁液流失率小幅降低、持水性明显提高、感官评价更好^[27]。另外,冷冻物质体积会影响速冻效率,进而影响食品品质。ZHU 等^[28]将猪肉鼓风冻结后发现,肌肉中心部位所形成的冰晶体较大,这可能是冻藏肉样体积过大导致热交换缓慢造成的,因此也可以通过减小被冷冻物质体积来减少速冻时间进而提高速冻速度。若日后将这些冷冻技术广泛地应用于速冻中式肉类菜肴的制作中,将会极大地提升贮藏期内菜肴的嫩度、多汁性、风味等品质特性。

1.3 冷冻贮藏对速冻中式肉类菜肴中肉类品质影响及其升级措施

速冻肉类中式菜肴在冻藏期间会出现干耗和脂肪自动氧化等不良现象, 另外, 包装方式和冻藏环境对速冻菜肴品质影响较大。随着冻藏时间的延长, 微小的冰晶升华, 大的冰晶逐渐成长变得更大, 干耗增加, 大的冰晶会破坏产品内部结构, 降低解冻后产品品质, 产品包装不合理以及冻藏环境温度波动等因素同样会加重干耗和冰结晶的形成。

随着冻藏时间的延长, 产品品质会发生显著变化, 主要由于脂肪的自动氧化和冻藏过程中的干耗, 虽然低温冻藏环境抑制了微生物的生长繁殖, 但是脂肪的自动氧化仍能发生, 脂肪氧化产物会导致肉类产生哈败味, 影响菜肴风味, 降低消费体验^[29-30]。根据贾娜等^[31]的研究表明, 菜肴中脂肪自动氧化在冻藏初期(0~4 月)较快, 后期(第 4 月后)不显著。对于鲜肉来说, 当硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值达到 0.5 mg 丙二醛/kg 时会产生氧化异味, 可以向食品中添加抗氧化剂丁基羟基茴香醚(butylated hydroxyanisole, BHA)、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(butylated hydroxytoluene, BHT)、特丁基对苯二酚(*t*-butylhydroquinone, TBHQ)、中草药提取物或者一些具有抗氧化作用的香辛料提取物来控制脂肪氧化速度^[32]。陈炎等^[33]向速冻水饺的肉馅中添加了 BHA、BHT, 试验结果表明, 无论是在反复冻融还是冻藏过程中, 都明显地抑制了脂肪氧化。除此之外, 抗氧化剂在预制肉制品中的应用同样十分广泛。王雪^[29]将迷迭香提取物、桂皮提取物和丁香提取物以 0.03% 的添加量加入到葱香牛肉菜肴的肉类包中, 冷冻贮藏 120 d 内, 脂肪氧化抑制作用较好且对产品感官质量无不良影响; 陈璐^[34]的研究表明, 向肉饼中添加 0.04% 的迷迭香提取物与添加 0.02% BHA 的抗氧化效果接近, 可以作为一种有效的食品添加剂加入到食品中。除了向食品中添加抗氧化剂之外, 还可以通过改善食品包装来减少产品与氧气接触面积, 例如真空包装、气调包装等, 其与速冻相结合, 更好地降低产品干耗及脂肪氧化速度。

不仅如此, 食品的包装对产品品质同样有很大的影响, 尤其是速冻制品, 包装内氧气过多会造成产品在贮藏过程中较快地产生脂肪氧化味, 同时会增加干耗, 产品质构变差、硬度增加、弹性降低、风味发生劣变。早期包装用的单层塑料薄膜, 如聚乙烯(polyethylene, PE)薄膜, 氧气透过率较高, 不耐磨损和穿刺, 肉类菜肴制品含有碳水化合物等营养成分, 容易出现微生物污染的现象, 因此, 在实际工作中, 单层包装在制品贮藏中适用行较低、贮藏时间很短, 普通材料在使用中难以满足要求^[35-36]。随着技术的发展, 具有较好的阻氧性、阻水性的高阻隔性包装材料成为肉类产业广泛应用的包装材料^[36]。目前肉类产业常用的高阻隔性包装主要有: 多层铝塑复合包装、含乙烯-乙

烯醇共聚物(ethylene vinyl alcohol copolymer, EVOH)高阻隔层的塑料复合包装等。

此外, 在实际流通和销售过程中, 速冻中式肉类预制菜肴冻藏过程的温度波动较大或者是消费者购买后反复冻融会导致脂肪氧化速率增加, 加剧冰结晶成长, 进而导致干耗和解冻损失增加等现象^[37-39]。为减少上述损失, 可以在贮藏过程中尽可能减少温度波动, 但这在实际销售过程中不可避免。除此之外, 还可以添加外源性抗冻物质来降低冻藏对产品品质的影响, 常见的抗冻剂有: 糖类抗冻剂、复合磷酸盐类抗冻剂、酶水解物和蛋白水解物类抗冻剂等^[40], 它们都是通过单一方式添加入食品中, 作用效果不明显, 复配抗冻剂则是提升其作用效果的改善方法。潘洪民等^[41]研究发现冷冻鱼糜在冻藏 15 d 之后, 聚葡萄糖添加量为 6%、乳糖醇添加量为 0.5%、丙二醇添加量为 8% 时抗冻效果最好, 复配抗冻剂对冷冻鱼糜能够产生正向的、有益的影响。若要减少运输和贮藏期温度波动, 提高产品零售覆盖区域和冷链运输质量迫在眉睫。冷链是减少损耗的一种物流体系, 冷链运输即建立冷链物流、低温配送标准体系, 构建链接生产、仓储、运输、加工、集采、交易、配送的一体化可追溯温控冷链体系, 为预制菜延长保质期、扩大配送范围、降低物流成本提供基础条件^[42-43]。但是冷链运输形式单一、基础设施落后、能力跟不上需求、配送技术落后、冷链物流体系滞后, 这些都是限制冷链物流发展的障碍, 未来需对上述方面进行冷链物流质量优化, 以提升速冻食品品质和运输覆盖范围。

2 蔬菜在速冻中式肉类菜肴冻藏过程中品质变化及优化措施

速冻过程对蔬菜品质影响很大, 尤其是水分含量较高的蔬菜例如嫩叶青菜、西红柿、西葫芦等, 冷冻后品质显著下降, 解冻后无法还原食材原本的形态, 口感损失较大, 有研究表明, 蛋白质含量较高的蔬菜冷冻后品质优于前者^[44-45]。此外, 一些蔬菜不能冷冻, 如韭菜等, 冷冻后再加热味道损失很大。为了降低速冻对蔬菜品质的影响, 速冻前需进行预处理, 改善速冻后的品质^[44]。一般的预处理包括分级、拣选、漂烫、护色、保脆, 如土豆等食材还需去皮、切块、切片等处理。这些工艺可以减少微生物的数量, 除去杂质, 这些前处理方式是大部分蔬菜在速冻前为维持其在速冻过程中稳定的品质必要的步骤, 但是若处理不当会破坏原料的细胞组织保护层, 造成营养损失、褐变、脱水等, 进一步使蔬菜的质构和色泽劣变^[45-46]。速冻中式菜肴中的蔬菜品质变化主要取决于前处理步骤, 最常使用烫漂、护色和保脆处理以保持品质, 因此需要针对蔬菜在预处理过程中可能会发生的品质特性变化, 选取适宜的预处理条件和方式, 这是维持蔬菜在冻藏过程中良好品质的关键。

2.1 烫漂对速冻中式肉类菜肴蔬菜品质影响及其升级措施

洋葱、香菜、青蒜、黄瓜等高自然风味的蔬菜不宜漂烫或采用短暂漂烫处理,以洋葱为例,其在收获时新陈代谢已经迟钝,直接速冻即可保持品质,烫漂等预处理反而会诱导维生素 C (vitamin C, VC) 和可溶性固形物等营养成分和风味物质的流失,除了这类蔬菜,漂烫是蔬菜冷冻前必要的处理,以达到钝化酶活性、防止酶褐变和软化,也可以起到改进组织结构、稳定或改进色泽、除去其他不良风味等作用^[47-48]。酶是冻藏期间发生不良变化的主要原因,极易引起蔬菜变色和品质下降,即便温度降至 -73.3°C ,一些酶还能保持活性,在冻藏过程中酶促反应速率只是降低但是没有完全停止,烫漂会破坏酶活性,同时烫漂还可以除去蔬菜中的部分水分,利于冻结快速完成^[49-50]。大部分酶经过漂烫后会被破坏,其中过氧化物酶(peroxidase, POD)的耐热性最强,因此目前一般认为的最佳漂烫程度是 POD 酶活性残留率 5%左右,低于 5%,常被认为是漂烫过度,高于 5%,则是漂烫不足。漂烫不足的蔬菜在冻藏过程中品质恶化较快,比未漂烫的蔬菜品质更差^[50]。若漂烫程度适当,蔬菜的色泽也会更加鲜艳。漂烫还可以消灭蔬菜中的微生物,防止微生物滋生影响菜肴的可食用性。对于一些含淀粉较多的蔬菜,漂烫可以固定淀粉,防止在长期冻藏中淀粉老化,使其口感变硬。韦帆^[51]探究了不同烫漂温度与时间组合对西兰花品质的影响,确定最佳烫漂参数为: 95°C 、60 s,此烫漂条件下可有效抑制 POD 酶活性,从而有效保持速冻西兰花冻藏品质。

2.2 护色对速冻中式肉类菜肴蔬菜品质影响及其升级措施

护色主要指的是保持蔬菜的绿色,绿色对蔬菜的食用价值有很大影响,是反映绿色蔬菜品质的重要指标。在加热处理时,绿色蔬菜很容易失去鲜绿色而形成褐色,保持绿色蔬菜在加工或贮存过程中叶绿素的稳定性,成为亟待解决的问题^[52]。叶绿素是蔬菜绿色的主要来源,但是其化学性质很不稳定,叶绿素降解是蔬菜褪色的根本原因,影响叶绿素稳定性的因素有很多,主要有:光、温度、pH、氧气、酶、微生物等^[53]。采摘后的蔬菜中叶绿素具有光不稳定性,要避免光、低温保存。除去采摘步骤的影响,烫漂的时间、介质及其 pH 均会影响蔬菜的色泽,在相同的温度下,处理时间越长,色泽越差,因为高温导致叶绿素分解,叶绿素在近中性、弱碱性的条件下较稳定,当 $\text{pH}<7$ 时,氢离子就会取代叶绿素中的镁生成脱镁叶绿素,使蔬菜失去原有的绿色,转为黄色、褐色或绿褐色,因此操作时要控制漂烫介质的 pH,须在弱碱性的条件下进行漂烫,使其生成结构稳定的绿色皂化反应产物,叶绿醇和叶绿酸等;漂烫时采用高温短时杀菌,降低叶绿素降解程度^[54-57]。还可

以利用金属离子取代镁离子,如采用铜、锌等离子进行取代,生成对光、热、酸等稳定性强的络合物,从而达到护绿的作用^[58]。赵钜阳等^[59]研究发现 4 种护色剂对地三鲜的颜色均可起到良好的护绿作用,且 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的质量浓度为 60 mg/L、VC 质量浓度为 200 mg/L、 NaHCO_3 质量浓度为 300 mg/L、 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 质量浓度为 120 mg/L 时护色效果最好;混合护色剂中 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 质量浓度为 70 mg/L、VC 质量浓度为 550 mg/L、 NaHCO_3 质量浓度为 300 mg/L、 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 质量浓度为 110 mg/L 时护色效果最好。王茜茜等^[52]研究发现 CaCl_2 浸泡和 NaHCO_3 漂烫在对莴苣护绿方面效果较好,实际生产中 CaCl_2 浸泡结合热烫的处理方式作为冷链前的烹饪工艺更好。 CaCl_2 浸泡护绿之后感官评价分数较高,对 VC 的保存率也较高;但 NaHCO_3 漂烫对叶绿素保存率较高,且亚硝酸盐含量较低^[60]。

2.3 保脆对速冻中式肉类菜肴蔬菜品质影响及其升级措施

蔬菜中一般含有大量水分,冷冻过程中水的相变使蔬菜更容易受到冰晶形成和解冻的影响,若发生冰晶的生长,蔬菜的结构会受到很大的破坏,脆性明显降低,解冻时水分损失增加。现有的漂烫蔬菜护绿保脆技术,绝大部分是采用先漂烫护绿后浸泡保脆、漂烫时同时进行保脆护绿或者漂烫后再进行保脆护绿的工艺流程^[2]。为了保持蔬菜的脆性,可以加入一些常用保脆剂,如钙盐(CaCl_2 、 CaSO_4 、 CaCO_3),钙盐可以与果胶酸发生反应生成凝胶,起到粘连的作用,强化细胞骨架,其中氯化钙最常用,保脆效果最好;也可以加入海藻酸钠,形成的胶体可以渗入蔬菜细胞组织间隙,强化组织间隙的强度;同时也可以将海藻酸钠和氯化钙混合制成联合保脆剂,渗透到细胞间隙的海藻酸钠与钙离子形成不可逆凝胶,充填骨架间隙,效果更好^[49]。余以刚等^[61]开发了一种适用于配餐食品绿叶蔬菜的护绿保脆工艺,当 NaHCO_3 浓度 0.4% (m:m)、抗坏血酸钙浓度 0.01% (m:m)、漂烫时长 50 s、 CaCl_2 浓度 0.1% (m:m)、 CaCl_2 浸泡 35 min 时,该处理组下的绿叶蔬菜护绿保脆效果最好,其中,浸泡 CaCl_2 有助于维持蔬菜的硬度,而抗坏血酸钙的添加有助于维持绿叶蔬菜的绿色和硬度。房媛等^[62]对苦苣菜护绿保脆时,采用 95°C 漂烫 3 min 后,分别加入质量分数为 0.06% 亚硫酸钠、0.03% 碳酸氢钠、0.8% 葡萄糖、0.015% 乙酸锌和 0.3% 氯化钙的护色保脆液,常温浸泡 4 h,加工出的苦苣菜质地脆嫩、品质较好。

3 结束语

速冻中式肉类菜肴是中餐标准化的方便食品的一种,是中餐的延伸,这类中餐的兴起大大节约了消费者吃得营养的时间成本,同时相比其他方便食品更符合“中国胃”。然而,在生产制作过程中,由于制作工艺尚待优化以及冷

链运输技术发展不足等方面的限制, 使市售的中式肉类菜肴品质不稳定。若要解决此问题, 需在探索产品品质形成机制、优化标准化工艺流程、改造和创新加工设备、优化物流配送时效和质量等方面进行全面的深入研究, 如此才能支撑冷链物流产业和速冻食品产业的健康发展。因此, 仍需优化冷链运输服务, 以期更好地稳定冷冻食品品质。此外, 关于速冻菜肴的品质形成机制和提升研究逐年增多, 日后结合现有的新型加工技术和设备, 例如真空低温调理技术、冻结含浸技术、电磁加热辅助油炸设备、电磁诱导加热方式的新型过热蒸汽烹饪设备、减压冷却设备等, 再辅以中央厨房模式, 从配方、工艺、管理等多方面进行弥补, 以使速冻菜肴品质的下降达到最低限度, 是速冻菜肴企业要研究的问题。

参考文献

- [1] 赵钜阳, 孔保华, 刘赛, 等. 中式传统菜肴方便食品研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1342-1349.
ZHAO JY, KONG BH, LIU Q, *et al.* Research progress on convenience food from traditional Chinese dishes [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(4): 1342-1349.
- [2] 伍惠仪. 中央厨房配餐蔬菜护绿保鲜研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
WU HY. Research on maintaining green and firmness of catering vegetables in central kitchen [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020.
- [3] 李尚峰. 中国连锁餐饮业理性变革期的成长特征及未来发展趋势[J]. 江苏经贸职业技术学院学报, 2021, (6): 1-5.
LI SF. Study on the characteristics and trend of the growth and evolution of Chinese chain restaurant industry during the period of rational transformation [J]. *J Jiangsu Inst Commer*, 2021, (6): 1-5.
- [4] 戴晋, 张运栋, 秦素研. 冷链食品产业发展现状与技术创新分析[J]. 物流技术与应用, 2018, 23(S1): 65-67.
DAI J, ZHANG YD, QIN SY. The development status and technological innovation of food cold chain industry [J]. *Logisti Mater Handl*, 2018, 23(S1): 65-67.
- [5] 孙国皓. 常用抗冻剂及其在冷链食品工业中的应用[J]. 现代食品, 2021, (4): 77-81.
SUN GH. Commonly used antifreeze agents and their applications in the cold chain food industry [J]. *Mod Food*, 2021, (4): 77-81.
- [6] BELDARRAIN LR, MORÁN L, SENTANDREU MÁ, *et al.* Effect of ageing time on the volatile compounds from cooked horse meat [J]. *Meat Sci*, 2021. DOI: 10.1016/J. MEATSCI. 2021. 108692
- [7] 欧阳伟虹, 胡伟, 周旭静, 等. 酵母抽提物对小黄鱼边角料腥味脱除研究[J]. 食品与生物技术学报, 2020, 39(6): 76-83.
OUYANG WH, HU W, ZHOU XJ, *et al.* Removal of fishy smell of polyactis scraps by yeast extract removal of fishy smell of polyactis scraps by yeast extract [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2020, 39(6): 76-83.
- [8] SAMAD, ZHENG FP, SUN BG, *et al.* Tracking volatile flavor changes during two years of aging of Chinese vinegar by HS-SPME-GC-MS and GC-O [J]. *J Food Compos Anal*, 2021. DOI: 10.1016/J. JFCA. 2021. 104295
- [9] ADELINAM, WANG H, ZHANG LG, *et al.* Comparative analysis of volatile profiles in two grafted pine nuts by headspace-SPME/GC-MS and electronic nose as responses to different roasting conditions [J]. *Food Res Int*, 2020. DOI: 10.1016/J. FOODRES. 2020. 110026
- [10] 赵改名, 银峰, 祝超智, 等. 滚揉腌制对牛肉盐火腿品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(15): 72-78.
ZHAO GM, YIN F, ZHU CZ, *et al.* Effect of tumbling on the quality of beef brined ham [J]. *Food Sci*, 2020, 41(15): 72-78.
- [11] 方林, 施文正, 刁玉段, 等. 冻结方式对不同部位草鱼呈味物质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(12): 199-204.
FANG L, SHI WZ, DIAO YD, *et al.* Effect of freezing methods on the taste components in different parts of grass carp meat [J]. *Food Sci*, 2018, 39(12): 199-204.
- [12] 焦慎江. 红烧肉品质改善和营养评价及冷链冻融循环研究[D]. 保定: 河北大学, 2017.
JIAO SJ. Study on quality improvement and nutritional evaluation and cold chain freezing-thawing cycles of braised pork in brown sauce [D]. Baoding: Hebei University, 2017.
- [13] 顾荣, 唐修君, 樊艳凤, 等. 反复冻融对鸡肉肌苷酸含量的影响研究[J]. 中国家禽, 2018, 40(17): 52-54.
GU R, TANG XJ, FAN YF, *et al.* Effect of repeated freezing and thawing on inosinic acid content in chicken [J]. *China Poul*, 2018, 40(17): 52-54.
- [14] 赵子瑞. 低钠酱牛肉制备配方优化与品质改良及贮藏特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
ZHAO ZR. Study on the preparation formula optimization, quality improvement and storage characteristics of low sodium spiced beef [D]. Changchun: Jilin University, 2019.
- [15] 常诗洁, 杨志颖, 殷玲, 等. 香辣草菇风味产品的加工及其风味特性分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 135-140.
YANG SJ, YANG ZY, YIN L, *et al.* Processing of spicy *Volvaria volvacea* and its flavor characteristics [J]. *Food Sci*, 2018, 39(8): 135-140.
- [16] 曾晓房, 白卫东, 陈海光, 等. 同时蒸馏萃取/气-质联用分析广式腊肠的挥发性成分[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(7): 139-143.
ZENG XF, BAI WD, CHEN HG, *et al.* Study on volatile flavor components of cantonese sausage by gas chromatography-mass spectrometry combining with simultaneous distillation extraction [J]. *Food Ferment Ind*, 2010, 36(7): 139-143.
- [17] 孙红霞. 土豆烧牛肉菜肴加工中牛肉品质变化研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
SUN HX. Studies on the changes of beef quality in the processing of braised beef with potatoes [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017.
- [18] 杜萍, 陈振佳, 杨芳, 等. 基于顶空气相色谱-离子迁移谱技术的生咖啡豆快速鉴别方法[J]. 食品科学, 2019, 40(24): 228-233.
DU P, CHEN ZJ, YANG F, *et al.* A rapid method for the discrimination of different varieties of green coffee beans by headspace-gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. *Food Sci*, 2019, 40(24): 228-233.
- [19] 张晓天, 范大明, 孙传范, 等. 不同加工工艺对微波鸡肉串品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(7): 27-31.
ZHANG XT, FAN DM, SUN CF, *et al.* Impact of different processing techniques on quality of microwavable chicken strings [J]. *Food Res Dev*, 2010, 31(7): 27-31.
- [20] 张茗赫, 徐振, 陈雨露, 等. 加压冷冻白条肉气体介质的热质传输特性分析[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2020, 36(3): 346-350.
ZHANG MH, XU Z, CHEN YL, *et al.* Analysis of heat and mass transfer

- characteristics of gases for pressure freezing carcass [J]. *J Harbin Univ Commer (Nat Sci Ed)*, 2020, 36(3): 346–350.
- [21] 郭云凯, 尉立刚, 杨钰昆, 等. 冻藏时间对不同种类原料肉理化特性的影响[J]. *食品与机械*, 2021, 37(6): 150–154.
GUO YK, YU LG, YANG YK, *et al.* Effect of frozen storage time on the physicochemical property of different type of raw meat [J]. *Foods Mach*, 2021, 37(6): 150–154.
- [22] 周欢伟. 中央厨房食品减压冷却过程分析及速度提升[J]. *包装与食品机械*, 2020, 38(5): 31–34, 39.
ZHOU HW. Process analysis and speedup strategy of food decompression cooling in the central kitchen [J]. *Packag Food Mach*, 2020, 38(5): 31–34, 39.
- [23] 胡琴, 黄旭辉, 祁立波, 等. 佛跳墙冷冻调理食品在不同复热方式下的品质变化[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(4): 163–171.
HU Q, HUANG XH, QI LB, *et al.* Quality changes of frozen prepared Fotiaoqiang product reheated by different methods [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2021, 37(4): 163–171.
- [24] SU GM, RAMASWAMY HS, ZHU SM, *et al.* Thermal characterization and ice crystal analysis in pressure shift freezing of different muscle (shrimp and porcine liver) versus conventional freezing method [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2014, 26: 40–50.
- [25] 韩道财, 张长峰, 段荣帅, 等. 食品快速冷冻新技术研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(5): 171–176.
HAN DC, ZHANG CF, DUAN RS, *et al.* Review of new food quick-freezing technology [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(5): 171–176.
- [26] MUELA E, SAÑUDO C, CAMPO MM, *et al.* Effect of freezing method and frozen storage duration on lamb sensory quality [J]. *Meat Sci*, 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.07.003
- [27] 谭银莹. 三维磁场辅助冷冻对牛油果泥贮藏品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
TAN YY. Effect of Magnetic field on the quality of avocado puree during frozen storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020.
- [28] ZHU S, BAIL AL, RAMASWAMY HS, *et al.* Characterization of ice crystals in pork muscle formed by pressure shift freezing as compared with classical freezing methods [J]. *J Food Sci*, 2004. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb06346.x
- [29] 王雪. 牛羊肉类菜肴方便食品的开发及品质控制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
WANG X. The development and quality control of beef and mutton cooking dishes of convenience food [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2015.
- [30] 吴兴阁. 预调理猪肉糜冻藏过程中品质劣变及控制途径研究[D]. 无锡: 江南大学, 2021.
WU XG. Study on quality deterioration and control ways of pre-conditioning pork meat batters during frozen storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021.
- [31] 贾娜, 陈璐, 孔保华. 迷迭香提取物对牛肉丸冻藏过程中脂肪氧化和品质特性的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(9): 117–123.
JIA N, CHEN L, KONG BH. Effect of rosemary extract on lipid oxidation and quality of beef meat balls during frozen storage [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2015, 31(9): 117–123.
- [32] CHEN YP, CHUNG HY. Antioxidant and flavor in spices used in the preparation of Chinese dishes [J]. *Encycl Food Chem*, 2019. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21633-8
- [33] 陈炎, 吴凤凤, 杨哪, 等. 速冻水饺猪肉馅品质的变化与控制[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(13): 4051–4054.
CHEN Y, WU FF, YANG N, *et al.* Quality change and control of pork stuffing in quick-frozen dumplings [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2014, 42(13): 4051–4054.
- [34] 陈璐. 香辛料提取物在肉糜制品中抗氧化效果的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
CHEN L. Antioxidant activities of spice extracts in prepared meat products [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2012.
- [35] 朱芃芸. 软包装技术在我国预制肉类菜肴制品贮藏中的应用研究[J]. *粮食科技与经济*, 2019, 44(3): 75–77.
ZHU PY. Study on the application of soft packaging technology in the storage of prefabricated meat dishes in China [J]. *Food Sci Technol Econ*, 2019, 44(3): 75–77.
- [36] 郭艳婧, 杨勇, 李静, 等. 不同包装材料对罐罐肉理化特性的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(22): 336–339.
GUO YJ, YANG Y, LI J, *et al.* Effect of different packaging materials on physico-chemical properties of ceramic-pot sealed meat [J]. *Food Sci*, 2014, 35(22): 336–339.
- [37] 谭雪梅, 唐善虎, 李思宁, 等. 反复式冻融-风干对风干牦牛肉的理化特性和挥发性成分的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(4): 131–138.
TAN XM, TANG SH, LI SN, *et al.* Effects of air-drying with repeated freeze-thaw on the physicochemical properties and volatile compounds of dried yak meat [J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(4): 131–138.
- [38] 沈雅萍, 王凤玲, 关文强, 等. 气质联用法测定反复冻融畜禽肉中胆固醇及其氧化物含量[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(9): 78–84, 90.
SHEN YP, WANG FL, GUAN WQ, *et al.* Effects of repeated freezing and thawing of livestock and poultry on cholesterol and its oxide content [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(9): 78–84, 90.
- [39] JIANG QQ, NAKAZAWA N, HU YQ, *et al.* Changes in quality properties and tissue histology of lightly salted tuna meat subjected to multiple freeze-thaw cycles [J]. *Food Chem*, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.04.091
- [40] 杜鑫, 邓思杨, 畅鹏, 等. 冷冻鱼糜品质劣化的机制及其控制技术的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(16): 306–312.
DU X, DENG SY, CHANG P, *et al.* Quality deterioration mechanism and control technology of freezing surimi [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(16): 306–312.
- [41] 潘洪民, 员艳苓, 曹丙蕾, 等. 草鱼冷冻鱼糜抗冻剂的复配研究[J]. *中国食品添加剂*, 2021, (12): 82–88.
PAN HM, YUAN YL, CAO BL, *et al.* Study on the formulation of antifreeze agent for grass carp surimi [J]. *China Food Addit*, 2021, (12): 82–88.
- [42] 何明珂. 供应链管理的兴起: 新动能、新特征与新学科[J]. *北京工商大学学报(社会科学版)*, 2020, 35(3): 1–12.
HE MK. The rise of supply chain management: New dynamics, new features and new discipline [J]. *J Beijing Technol Bus Univ (Soc Sci)*, 2020, 35(3): 1–12.
- [43] 郭玓岚. 乳制品冷链物流风险管理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
WU DL. Research on risk management of dairy products cold chain logistics [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020.
- [44] PENG J, YI JY, BI JF, *et al.* Freezing as pretreatment in instant controlled pressure drop (DIC) texturing of dried carrot chips: Impact of freezing

- temperature [J]. Food Sci Technol, 2017. DOI: 10. 1016/j. lwt. 2017. 11. 009
- [45] 埃文斯, 许学勤. 冷冻食品科学与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- EVANS JA, XU XQ. Frozen food science and technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [46] 韦帆, 郁志芳, 姜丽. 速冻西兰花烫漂工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2020, (27): 142-143.
- WEI F, YU ZF, JIANG L. Study on blanching technology of frozen broccoli [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020, (27): 142-143.
- [47] 杨然, 郝梦露, 熊科, 等. 速冻调理蔬菜的研究进展[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 249-252.
- YANG R, XI ML, XIONG K, *et al.* Research on the progress of the quick-frozen vegetables technology [J]. Food Ind, 2015, 36(7): 249-252.
- [48] 巩玉芬, 刘斌, 王素英. 处理工艺对四种速冻蔬菜品质的影响[J]. 制冷学报, 2014, 35(3): 81-85.
- GONG YF, LIU B, WANG SY. Effects of the processing on the quality of four kinds of vegetable [J]. J Refrig, 2014, 35(3): 81-85.
- [49] 许丛丛. 胡萝卜冷、热加工后力学性能变化及与水状态关系的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- XU CC. Study on the changes of carrot mechanics after freezing and thermal processing and the relationship with water state [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2015.
- [50] KMIĘCIK W, LISIEWSKA Z, ŚLUPSKI J, *et al.* The effect of pre-treatment, temperature and length of frozen storage on the retention of chlorophylls in frozen brassicas [J]. Acta Sci Polonorum Technol Alime, 2008. DOI: 10. 1038/sj. eye. 6702761
- [51] 韦帆. 速冻西兰花热水烫漂工艺的优化[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
- WEI F. Optimization of hot water blanching process of frozen broccoli [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2019.
- [52] 王茜茜, 庞林江, 路兴花, 等. 不同护绿方式、烹饪方式对茼蒿菜肴的品质影响[J]. 食品科技, 2017, 42(1): 111-115.
- WANG QQ, PANG LJ, LU XH, *et al.* Effects of different ways of protecting green and cooking methods on the quality of lettuce dishes [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(1): 111-115.
- [53] 张媛媛, 雷生姣, 夏辛珂, 等. 猕猴桃加工中叶绿素研究进展[J]. 食品科技, 2021, 46(2): 44-50.
- ZHANG YE, LEI SJ, XIA XK, *et al.* Research progress of chlorophyll in kiwifruit processing [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(2): 44-50.
- [54] 何士敏, 秦家顺, 何秀丽, 等. 速冻贮藏和保鲜蔬菜营养成分比较[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 201-205.
- HE SM, QIN JS, HE XL, *et al.* Compare of nutrient between fast-freezing storage and preserve fresh vegetable [J]. Food Res Dev, 2010, 31(10): 201-205.
- [55] 侯瑞明, 吕利贞. 脱水蔬菜的干制方法及其控制分析[J]. 农产品加工, 2017, (24): 59-61.
- HOU RM, LV LZ. Dried method of dehydrated vegetables and its control analysis [J]. Farm Prod Process, 2017, (24): 59-61.
- [56] 靳思玉, 李苗苗, 曹阳. 苜蓿青贮过程中叶绿素降解代谢研究进展[J]. 中国饲料, 2019, (3): 14-17.
- JIN SY, LI MM, CAO Y. Study progress on degradation metabolism of chlorophyll in alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage during fermentation [J]. Feed Ind, 2019, (3): 14-17.
- [57] 闫晓坤, 靳晓琳, 杨润强, 等. 贮藏温度及护色剂对鲜切水芹贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 344-347, 358.
- YAN XK, JIN XL, YANG RQ, *et al.* Effect of storage temperature and color fixative on the quality of fresh-cut cress [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(20): 344-347, 358.
- [58] 张丽华. 猕猴桃果实制浆中叶绿素降解机理及其护绿方法研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- ZHANG LH. Studies on chlorophyll degradation and methods for delaying green color change of kiwi fruit puree during break processing [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2012.
- [59] 赵钜阳, 姚恒喆, 石长波. 不同护色剂对方便地三鲜护色效果影响[J]. 中国调味品, 2020, 45(3): 112-117.
- ZHAO JY, YAO HZ, SHI CB. Effect of different color fixatives on the color protection effect of instant sauteed potato green pepper and eggplant [J]. China Cond, 2020, 45(3): 112-117.
- [60] 黄静, 罗丹, 邓楷, 等. 工业化宫保鸡丁产品中茼蒿笋前处理加工品质关键技术研究[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(5): 25-31.
- HUANG J, LUO D, DENG K, *et al.* The research of key technologies for pretreatment of lettuce in industrial Kung Pao chicken cuisine [J]. Food Ferment Sci Technol, 2018, 54(5): 25-31.
- [61] 余以刚, 伍惠仪, 胡郁汉, 等. 配餐食品中绿叶蔬菜的护绿保脆工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(10): 190-199, 267.
- YU YG, WU HY, HU YH, *et al.* Optimization of processing technology to maintain green and firmness of green leafy vegetables in bento [J]. Mod Food Sci Technol, 2020, 36(10): 190-199, 267.
- [62] 房媛, 文星. 苦苣菜护绿保脆工艺研究[J]. 应用化工, 2016, 45(2): 316-319, 331.
- FANG Y, WEN X. Study on the brittle maintaining and green protecting of *Sonchus oleraceus* L. [J]. Appl Chem Ind, 2016, 45(2): 316-319, 331.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



石泽雨, 硕士研究生, 主要研究方向为畜产品加工工程。

E-mail: zeyushi10@163.com



刘 寒, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为畜产品加工工程。

E-mail: liuqian@neau.edu.cn