

速冻蔬菜加工工艺的研究

柏晓涛¹ 毛梓儒² 闫巧玲¹ 钟晓琴³

1. 甘肃神禾农业开发有限公司 甘肃张掖 734100

2. 张掖市科技局科技服务中心 甘肃张掖 734000

3. 山丹县食品药品检验检测中心 甘肃张掖 734100

摘要: 本文简要阐述了改善速冻蔬菜加工工艺的重要性, 随后针对选料、烫漂、酶检测、速冻四个速冻蔬菜加工关键工艺进行了流程及要点分析; 最后提出改善速冻蔬菜加工工艺的可行策略, 包括实施全自动一体化加工、完善内部加工等级标准、应用PDCA循环验证工艺效果。以期丰富该领域研究成果, 推动农业企业提高速冻蔬菜加工工艺水平。

关键词: 速冻蔬菜; 食品加工; 蔬菜加工

引言

速冻蔬菜因方便储存、烹饪简单、营养流失少等优点, 逐渐成为现代人膳食结构中的重要组成部分, 同时我国速冻蔬菜企业数量众多, 在贸易全球化背景下, 企业想要获取更强的核心竞争力, 为消费者带来更高品质产品, 必须改善速冻蔬菜加工工艺。因此, 探讨速冻蔬菜加工工艺的应用要点以及改进策略, 具有较高的研究意义。

一、改善速冻蔬菜加工工艺的重要性

(一) 保持营养成分

蔬菜中富含多种维生素、矿物质和抗氧化物质, 对人体健康具有重要作用。然而蔬菜在采摘后, 营养成分会逐渐流失, 传统的蔬菜速冻工艺容易导致营养损失, 改善速冻蔬菜加工工艺可提高温度下降速度, 保持营养成分; 同时, 改善在速冻前预处理方式, 降低蔬菜非冷冻加工时间, 也可钝化蔬菜中酶活性, 将营养成分更好地锁定在组织中。

(二) 改善感官品质

感官品质不仅包括蔬菜的外观, 还涉及到蔬菜色泽、质地和风味等多方面。由于速冻蔬菜在冷冻和解冻过程中容易出现品质劣化, 导致色泽暗淡、质地松软或风味减退等问题。经过改进的加工工艺可保持蔬菜感官品质, 以控制烫漂时间、冷冻速率、包装工艺等方式, 提升速冻蔬菜感官品质, 使其在解冻后仍能呈现出接近新鲜蔬菜的状态, 从而提高消费者的满意度^[1]。

(三) 延长保质期

速冻蔬菜的保质期长短直接影响速冻蔬菜市场流通

广度乃至企业经济效益。为了延长速冻蔬菜的保质期, 企业需积极改进加工工艺, 调整预处理流程、优化冷冻方式、加快冷冻速度、改变包装材质与包装工艺, 由此延长保质期, 间接减少冷链运输中的损耗, 提高产品市场适应性。

(四) 提升食品安全

食品安全不仅关系到消费者人身健康, 也直接影响到企业的品牌声誉和市场地位。速冻蔬菜在整个生产链条上都可能面临来自微生物、化学物质和物理污染的威胁, 因此在每一个加工环节都需要采取严格的控制措施, 改善速冻蔬菜加工工艺, 可提高原材料安全性, 在加工过程有效抑制微生物的繁殖, 配合现代化生产设备和严格卫生标准, 减少人为操作中的污染风险, 确保整个生产环境的洁净度, 由此全面提高速冻蔬菜食品安全水平。

二、速冻蔬菜加工关键工艺流程以及要点

(一) 选料环节

在速冻蔬菜加工工艺中, 选料环节直接影响到最终产品品质, 必须采用科学严谨流程以及先进工艺手段来确保选料质量。在选料阶段, 必须严格依据蔬菜的耐冻性、营养成分和感官品质等指标进行筛选。确定蔬菜的种类和品种后, 需对原料进行农药残留检测、微生物检测、水分含量检测以及感官检测, 其中农药残留检测方法主要包括气相色谱法和液相色谱法, 两种方法均可实现ppb级别下的多种农药残留检测, 如绿叶蔬菜检测的农药种类可能多达50种以上, 检测限一般为0.01 mg/kg; 微生物检测项目包括大肠菌群、沙门氏菌和李斯特菌等病原菌检测, 检测方法包括平板计数法、实时荧光定量

PCR法,原料中的大肠菌群数量应低于100 CFU/g,而病原菌必须为阴性^[2];水分含量检测方面,原料水分含量应控制在70-90%之间,根据具体蔬菜种类进行调整,常用检测方法为烘干法或卡尔费休滴定法,要求检测精度在 $\pm 0.1\%$;感官检测囊括原材料颜色、大小、形状、硬度和成熟度评估,原料按感官品质分为不同等级,达到特定标准的原料可用于后续加工步骤。

完成原料的选择与分级后,需要对原料进行一系列预处理,大致可分为清洗、去皮、去芯、切割四个阶段。其中,清洗指去除蔬菜表面泥土、杂质、微生物和农药残留,一般采用多级喷淋清洗和气泡清洗相结合的方法,清洗用水应经过过滤和消毒处理,水的使用量一般为原料重量的2-3倍,清洗效果要求残留泥沙量低于0.1%;对于胡萝卜、土豆等蔬菜,需进行去皮去芯预处理步骤,其中常用去皮方法包括蒸汽去皮、碱液去皮和机械去皮,蒸汽去皮的效果最好,可保留蔬菜的营养成分和色泽,去芯主要针对瓜果类蔬菜,机械去芯设备应具备自动识别切割功能;切割指对蔬菜的形状大小进行标准化处理,以便后续冷冻包装操作,切割后的蔬菜尺寸误差应控制在 $\pm 2\text{ mm}$ 以内。

(二) 烫漂环节

烫漂(或称焯烫)目的是以短时间高温处理来钝化蔬菜内的酶,防止速冻蔬菜在储存和运输过程中发生褐变和营养成分的降解,也可杀灭蔬菜表面的部分微生物,减少冷冻过程中的菌落数量,固定蔬菜颜色,使蔬菜在冷冻和解冻后仍保持鲜艳的外观;亦可软化蔬菜组织,改善质地,促进均匀冷冻,减少冷冻过程中冰晶的形成。

烫漂的工艺流程主要包括预加热、烫漂和冷却三个步骤。在正式进入烫漂阶段之前,蔬菜需经过短暂的预加热过程,一般为蒸汽加热和热水加热方式,目的是使蔬菜均匀受热,减少温度梯度,从而提高后续烫漂的效率。预加热的温度通常在50-60℃之间,持续时间约为30s至1min,温度控制精度应在 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 以内。完成与加热后,进入正式烫漂环节,将蔬菜在高温热水或蒸汽中进行短时间处理。烫漂温度通常在75-100℃之间,具体温度取决于蔬菜的种类和加工要求,其中绿叶蔬菜通常在85-90℃的水中烫漂2-3分钟,而根茎类蔬菜则需要95-100℃的水中烫漂3-5分钟。烫漂时间过短会导致酶失活不完全,过长则可能导致蔬菜质地过软和营养成分流失。研究表明,酚类化合物在高温下容易降解,因此烫漂时间一般不超过5分钟,以减少褐变风险。在实际生产中,选用的烫漂设备一般为连续式烫漂机,可精

确控制水温和烫漂时间,确保蔬菜均匀受热。若使用蒸汽烫漂,需要精确控制蒸汽的压力和温度,压力通常在0.5-1.5 MPa之间,蒸汽温度控制在100-105℃之间^[3]。烫漂后的蔬菜需要立即冷却,迅速停止酶活,防止过度加热导致蔬菜质地变化。一般以流水法冷却蔬菜,水温应控制在0-5℃之间,冷却时间约为1-3分钟。为提高冷却效率,工业上常采用冰水浴或机械制冷的方式进行冷却。冷却水的使用量通常为蔬菜重量的2-3倍,并且冷却水需要经过过滤和消毒处理,以防止微生物污染。

烫漂环节的工艺要点主要集中在温度、时间和pH值控制三个维度,其中烫漂温度的控制直接影响到蔬菜的酶活性和色泽稳定性。研究表明,不同蔬菜中酶的最适失活温度不同,例如多酚氧化酶在85-95℃之间失活最为有效,而过氧化物酶则需要更高的温度(95-100℃)才能完全失活。因此烫漂设备的温度精度需控制在 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 以内,保持各批次蔬菜质量稳定性;烫漂时间的选择需要综合考虑蔬菜的种类、大小和预期的冷冻效果。过短的烫漂时间可能导致酶活性残留,导致冷冻后蔬菜变色和营养流失;而过长的时间则可能导致蔬菜质地变软,失去脆性。对于根茎类蔬菜,烫漂时间通常在3-5分钟之间,而对于叶菜类蔬菜,时间一般控制在1-3分钟,现代化烫漂设备通常配备自动化控制系统,可以根据蔬菜种类自动调节烫漂时间;在某些情况下,为了进一步提升烫漂效果,工艺中还会对水的pH值进行调控。对于容易褐变的蔬菜,适当降低pH值可以抑制酚类化合物的氧化,保持蔬菜的颜色。例如在处理马铃薯等易褐变蔬菜时,将水的pH值调整至4.5-5.5,可以显著降低褐变速率。

(三) 酶检测环节

蔬菜中多酚氧化酶和过氧化物酶可能导致蔬菜在储存过程发生褐变、损失营养,因此在加工过程中需开展酶检测。酶检测环节一般包括样品采集、酶提取、酶活性测定三个步骤,在样品采集阶段,从加工批次随机抽取蔬菜作为样品,采集样品应迅速冷藏冷冻保存,采样量通常根据检测方法的需求确定,一般为10-50g;酶提取阶段,一般采用缓冲溶液和匀浆法,常用的缓冲溶液包括磷酸盐缓冲液和Tris-HCl缓冲液,提取环境温度为4℃,提取时间控制在10-30min,提取后的酶液通过离心分离出可溶性酶液;酶活性测定阶段,常用的方法包括光谱法、比色法和电化学法,其中多酚氧化酶活性一般测定邻苯二酚在其作用下生成的邻苯醌的量,该反应在420 nm处具有最大吸收峰,因此采用光谱法测定吸光度的变化,来计算酶活性,反应体系包括0.1 M磷酸盐

缓冲液和0.01 M邻苯二酚溶液，反应在25℃下进行，反应时间为2-5分钟。过氧化物酶活性则以其催化的过氧化氢与愈创木酚反应生成的有色产物愈创木酚醌的量来测定，反应在470 nm处具有最大吸收峰，反应体系内包括0.05 M磷酸盐缓冲液、0.01 M过氧化氢和0.01 M愈创木酚溶液^[4]。对于抗坏血酸氧化酶和脂肪氧化酶等其他与品质相关的酶，也可采用类似的光谱或比色方法，如AAO活性可以测定抗坏血酸在其作用下生成的脱氢抗坏血酸的量来判断，LOX则测定亚油酸在其作用下生成的共轭二烯。

（四）速冻环节

速冻环节是速冻蔬菜加工工艺中的核心步骤，目标是在尽可能短的时间内将蔬菜中心温度降低到-18℃以下，以最大限度地保持蔬菜的营养成分、色泽、质地和风味。速冻环节的技术要求极高，冷冻设备、温度控制、冷冻速度都会对速冻效果产生影响。

速冻环节的工艺流程包括预冷、速冻和后冷冻三个步骤，在正式进入速冻阶段之前，蔬菜需进入短暂预冷过程，将蔬菜的温度从室温或烫漂后的高温迅速降低至0℃-5℃，预冷方式一般为采用空气冷却或冷水冷却，时间区间为5-20min。完成预冷后，进入正式冷冻阶段，将蔬菜中心温度迅速降低到-18℃以下，常用速冻方式有四，一是空气速冻，也称隧道式速冻，蔬菜在低温高速气流作用下快速冻结，冷冻均匀，且不易产生表面干燥，适用于大批量生产；二是流态化速冻，蔬菜在低温高速气流作用下呈流态化状态，在-30℃至-40℃的环境中快速冻结，适用于小粒状或切割后的蔬菜，可防止蔬菜之间粘连；三是板式速冻，蔬菜在两个金属冷板之间被夹紧，以直接传导的方式快速降温，适用于块状蔬菜；四是液氮速冻，将蔬菜直接浸入或喷淋液氮进行超低温冷冻，速度极快，适用于高附加值的蔬菜产品，但成本较高。速冻完成后，蔬菜需在-20℃至-30℃的冷库中进行后冷冻1-4h，平衡蔬菜内部的温度，避免温度回升导致部分解冻或质量下降。

三、改善速冻蔬菜加工工艺的可行策略

（一）实施全自动一体化加工

一方面，引入全自动化一体化加工设备。将烫漂、速冻、包装等多个环节集成至统一自动化生产线当中，

配备高精度传感器以及自动化控制系统，如使用可根据蔬菜种类自动调节温度和时间的自动化烫漂设备，以及根据传感器获取蔬菜重量体积，自动封包的包装机；另一方面，为全自动一体化加工设备配备实时数据监控系统，在生产过程中收集温度、湿度、压力和生产速度数据。用于实时监控和调整生产参数，辅助分析生产工艺。

（二）完善内部加工等级标准

制定细化的质量等级标准。将质量等级标准细化至蔬菜规格、颜色、质地、营养成分等指标，使用色差仪、质构分析仪和成分分析仪配合测量质量指标；构建标准化加工流程，对原材料选择、初加工处理、烫漂、速冻、包装、储存等各环节进行严格控制，配套建立详细操作规程，定期开展培训考核；使用抽样检测和统计分析方法，定期开展内部质量评估，针对不同批次产品进行质量抽查，识别速冻工艺不足，并采取工艺改进措施，以不断提高产品质量。

结语

综上所述，提高速冻蔬菜加工工艺水平，可保持速冻蔬菜营养成分、改善速冻蔬菜感官品质、延长速冻蔬菜保质期并提升食品安全。速冻蔬菜加工工艺众多，关键环节为选料、烫漂、酶检测、速冻环节，想要进一步强化速冻蔬菜加工工艺水平，企业一要积极推进自动一体化加工，强化工艺标准化水平；二要完善内部速冻蔬菜加工等级标准，为优化工艺提供数据分析保障；三要应用PDCA循环检验工艺改进效果，为优化工艺提供管理框架。

参考文献

- [1]徐艳文，张忆洁，宋芳芳.速冻豇豆加工技术要点[J].农村新技术，2021（011）：65.
- [2]张雪梅，张玲，张欢欢，等.双低油菜薹速冻加工工艺简介[J].南方农业，2022，16（1）：59-62.
- [3]邓红山，廖承飞，韩学琴，等.辣木蔬菜的速冻加工技术[J].农村百事通，2023（6）：24-25.
- [4]于洋，祁岩龙，徐艳文，等.我国速冻蔬菜发展现状和存在问题[J].农产品加工：下，2018（12）：86-87，89.