



收获后处理和食品安全 —— 各个保护环节

Kylie Wong、Sharon Motomura、和 Robert E. Paull
热带植物和土壤科学系

批发商、零售商和消费者关心水果和蔬菜供应的三个要素：质量、供应和价格的一致性。一些批发和零售买家对他们的供应商有严格的质量标准。在销售过程中保持质量和减少损失需要了解最佳收获和处理建议，并认识到不同水果和蔬菜储存潜力的局限性。

质量最容易被定义为没有缺陷或品质卓越。该定义包含了消费者认可和要求的要素：外观、无农药残留和人类病原体、味道、口感、质地和营养成分。然而，随着商品在供应链中的流动，不同质量要素的重要性各不相同 (Paull 1999 年, Paull 和 Chen 2004 年, Love 等人 2014 年)。

食品安全越来越重要，导致种植者、加工者和运输人对自身职责的认知发生了变化 (Parker 等人, 2012 年; Laury-Shaw 等人, 2015 年)。供应链中的农产品加工者可以通过将产品重新包装到消费者的包装袋中，以最小的加工过程为水果和蔬菜增加价值，从而生产出即食产品，同时确保安全、高质量的产品到达消费者手中 (Holvoet 等人, 2012 年, Manzocco 等人, 2015 年)。处理方式的其他变化有助于提高食品系统的可持续性，



包装前用饮用水清洗香蕉

减少销售水果和蔬菜所需的能源，以及生产者、田间工人、包装商、批发商、零售商和消费者之间的社会协议。

食品安全

田间种植的水果和蔬菜不可能完全没有微生物。尽管这些微生物中的大多数对人类无害，但有些是可能导致疾病的人类病原体。食源性疾病的爆发引起了人们对新鲜农产品上人类病原体存活和增殖的关注

(Suslow 等人, 2003 年, Kireziewa 等人, 2015 年)。玻璃或塑料大棚中的保护性耕作显著减少了动物和鸟类对产品的污染，但并没有消除此类或其他类型污染的可能性 (Holvoet 等人, 2014 年)。

由于可能受到病原体污染而召回的水果和蔬菜越来越多，这不仅表明污染程度更高，而且还反映出更好的报告和可追溯性，以及全球化供应链所需要的改进诊断方法，因为其产品分布广泛，潜在污染点也在增加 (Kireziewa 等人, 2013 年, Gil 等人, 2015 年)。食源性疾病的爆发与种植和收获操作方式以及收获后处理有关。应对生的农产品以及鲜切水果和蔬菜的处理予以同等重视。卫生条件差和不适当的个人卫生是人类病原体

污染的主要来源,可能发生在供应链的任何一点 (Banach 等人, 2015 年, Murray 等人, 2017 年)。大多数受保护的农业企业和大型农田种植者对员工有严格的卫生要求, 这些要求在他们的《标准操作程序》中有详细说明。

各个保护环节

“各个保护环节”模式是一种基于风险的方法, 以避免水果和蔬菜在从田间到消费者的过程中被人类病原体污染。美国食品和药物管理局《食品安全现代化法案》(FSMA) 强调利用多层保护, 并强调在我们的食品系统中水果和蔬菜的处理人员在预防食源性疾病中的重要作用 (<https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FSMA/ucm334114.htm>)。《食品安全现代化法案》代表着从被动的食品安全体系向主动的体系的转变, 在新鲜农产品受到污染之前防止污染。该模型的一个关键层是, 处理链中受该法案约束的人员都需要接受培训, 以符合食品和药物管理局的食品安全标准, 并证明执行了这些

标准。《食品安全现代化法案》中概述的多项规则影响了潜在污染场所的水果和蔬菜的处理 (图 1)。这些基于科学的标准概述了新鲜水果和蔬菜的安全种植、收获、清洗、最低限度加工、包装、储存和运输, 是《食品安全现代化法案》下的法规, 该法规应与州法规和行业标准一起得到遵守。应用下面概述的各个保护环节标准可延长农产品的收获后保质期。

根据水果和蔬菜的类型, 可能会有一些例外, 因为其中一些农产品通常不能生吃。一般不能生吃的水果和蔬菜, 如芋头和红薯, 通常包括一个“杀菌步骤”。在加工过程中, 无论是在加工设施中还是在家中, 都有一个杀菌步骤。最常见的方法是加热 (蒸、煮)。也可使用为微生物创造恶劣环境的其他加工技术, 包括辐射、降低酸碱性 (酸洗) 和降低水活性 (脱水)。

最普遍的情况是 (Suslow 等人, 2003 年, Parker 等人, 2016 年), 新鲜水果和蔬菜的保护层 (表 1) 被破坏, 随

图 1. 从田间到消费者的供应链中可能污染果蔬的地点。

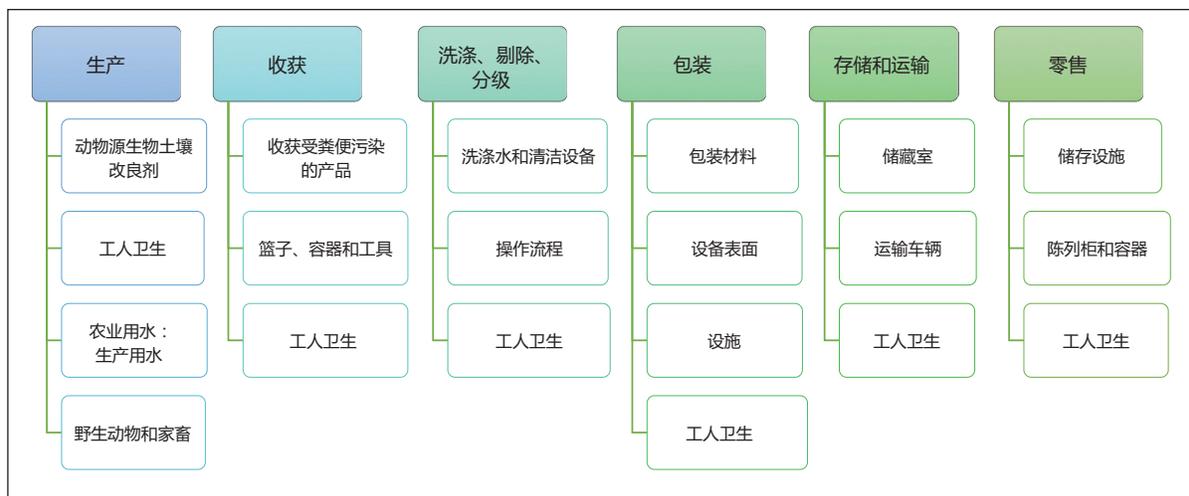


表 1. 收获后的处理链条中可能发生导致污染的破损的环节。

供应链中的各个环节	污染风险	降低风险
生产	动物源生物土壤改良剂	在适当的时机施用，正确放置、充分准备和处理，妥善储存。
	野生动物和家畜	防止家畜和野生动物进入种植果蔬的田地和设施。
	灌溉用水	监控灌溉水中的微生物数量。如果灌溉水质量差，限制灌溉水接触果蔬的可食用部分，尤其是在接近收获日期的时候。
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策。
收获	收获受污染产品	留下被粪便污染或被掉落在地里的农产品。
	受污染的篮子、容器和工具	收获前后清洁所有设备、工具和容器。
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策。
洗涤、剔除、分级	农产品洗涤水和清洁设备。	使用饮用水清洗农产品和所有食物接触表面和设备。 按照所有标签要求，使用批准用于农产品和食品接触表面的消毒剂，如氯和过氧乙酸。
	操作流程	设计加工流程，最大限度地减少成品与来自田间的农产品的交叉污染。 禁止动物进入农产品加工区，且不在农产品加工区储存化学品、土壤改良剂和肥料
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策
包装	包装材料	使用新的一次性容器或经清洁和消毒的可回收塑料板条箱。
	设备表面	清洁和消毒所有接触新鲜果蔬的设备。
	设施	定期清除所有切边和碎掉的产品。定期清洁地板、墙壁和下水道。
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策，

表 1, 接上文。收获后的处理链条中可能发生导致污染的破损环节。

供应链中的各个环节	污染风险	降低风险
存储和运输	储藏室	定期清洁和消毒。尽快冷却农产品。 维护设施, 防止积水和冷凝水滴落到农产品上
	运输车辆	装载前清洁和消毒, 检查温度设置和设备运行。
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策
零售和开放市场	储存设施	定期清洁和消毒。不要让垃圾堆积在地板上。 监控冰箱温度。
	陈列柜和容器	定期清洁和消毒。确保用于陈列产品的容器定期清洁和消毒。 如果冷藏, 监控温度设置。 远离造成果蔬割伤和擦伤的表面、篮子或容器。
	工人卫生	实施并遵循培训计划和卫生政策。

“保护层”包括多个步骤, 每个步骤应对相应风险。列出了在处理可能导致污染的新鲜农产品的主要步骤中, 可能发生违反保护规定的地方。风险水平通常是由一家企业的规模和文化以及对食品安全责任的自满程度决定的; 因此, 一家企业的食品安全文化对确保安全的食品供应至关重要。

后受到污染, 原因如下:

- 导致人类病原体污染的不良生产方式
- 在供应链的各个阶段, 水果和蔬菜的清洗和消毒不当
- 在供应链中工作的农产品加工者的不良个人卫生和工作习惯

保护层的目标是减少、消除和避免可能导致污染的风险(表 1)。

工人卫生和动物粪便接触是人类病原体细菌、病毒和寄生虫的主要来源 (Suslow 等人, 2003 年, Parker 等人, 2012 年)。教育和培训是避免污染的关键和至关重要的第一步, 同时也是在工作场所附近容易获得清洁、卫生



左图: 不应该包装带有鸟粪的木瓜。右图: 厕所设施缺乏或维护不善, 没有肥皂和水清洗, 也没有用于干手的一次性毛巾, 这是一个常见问题。

和维护良好的厕所设施的第一步 (Gil 等人, 2015 年)。工人应该身体健康, 没有任何疾病, 近期无伤口或导致出血的伤害。处理新鲜农产品和上厕所前后洗手至关重要。应该用肥皂和水洗手 20 秒。经过教育和培训后, 所有工人都应该意识到他们有责任保证他们处理的农产品的安全。定期培训将有助于强化这些观念。

新鲜产品通常是生食 (沙拉、新鲜水果), 没有“杀菌步骤”, 一旦农产品被微生物污染, 就极难清除。如果新鲜水果和蔬菜上存在自然开口、茎部癭痕、瘀伤和割伤, 则去除病原体的难度变得更大。此外, 在合适的条件下,

人类病原体可以在农产品表面以及收获和收获后处理过程中出现的伤口中繁殖。当产品接触粗糙的表面、不当的操作, 甚至是消费者包装中的网状物时, 会因冲击和磨损导致机械性损伤。由于污染时有发生, 应持续审查供应链各层的处理情况 (Kireziova 等人, 2013 年)。

收获、成熟和收获后处理

关于最常见的果蔬的收获、分级、处理、储存和销售方式, 世界各地的研究人员和商业果蔬加工者已经收集了大量数据。这些数据现在可以在网上免费获得。其中一个来源是最近更新的美国农业部 66 号手册。这本手册可在 <https://www.ars.usda.gov/oc/np/commercialstorageintro/> 获得。在夏威夷, 热带水果和蔬菜的最新版本可在 <https://www.ctahr.hawaii.edu/site/BrowsePubs.aspx> 的水果和蔬菜部分找到, 标题为“收获后质量维护指南”。这些出版物和情况说明书有助于确保食品安全。学院还有一个致力于农场食品安全的网站 <http://manoa.hawaii.edu/ctahr/farmfoodsafety/>, 以及一个可以提供建议的全州推广团队。

在新鲜、生水果和蔬菜进入市场的过程中, 农民、包装商、运货商、批发商和零售商往往没有足够的设施为每种农产品提供最佳条件。这种限制对于少量加工的特种作物尤其如此。在这种情况下, 工作重点是让产品快速进入到供应链的下一环节, 避免暴露在高温和阳光直射下, 避免对产品的粗暴处理 (掉落、投掷等)。

指南

对食品安全的担忧导致了农产品处理方式的改变。

根据《良好农业规范》和《标准操作程序》的指导, 制定了《食品安全现代化法案》, 以最大限度地减少对新鲜



路边简陋的收获后处理和分类, 没有防止污染的保护措施 (上图) 和使用非饮用水清洗产品 (下图)。

表 2。新鲜水果和蔬菜从田间到消费者的旅程中的各个保护环节，以及将病原体污染可能性降至最低的做法

保护环节	做法
生产	<p>土壤改良剂</p> <ul style="list-style-type: none"> • 土壤改良剂，尤其是含有生肥料的土壤改良剂，会给农产品带来安全风险 • 为了减少与土壤改良剂相关的风险，将未经处理的肥料施用到非生产田，并通过堆肥处理生肥料 • 延长施用生肥料和收获之间的时间 • 确保储存区域不污染田地、水源或包装区域 • 培训工人如何处理和施用土壤改良剂 • 制定工具和设备的卫生措施 • 施用期间，不要让含有肥料或堆肥的土壤改良剂接触作物的可食用部分。 • 不要用生肥料做侧施。 • 保存所有土壤改良剂施用和其他处理的记录，以降低污染风险。 <p>农田里的动物</p> <ul style="list-style-type: none"> • 家养和野生动物的粪便和尿液会污染农田和水源。 • 应该采取措施降低动物进入田地所产生的风险。 • 动物出现在田地里并不意味着农产品受到 • 污染。 • 如果动物真的进入田地，在生长季节监测田地是否有污染迹象。 • 记录为驱离动物以降低污染风险而采取的措施。 <p>灌溉用水</p> <ul style="list-style-type: none"> • 取决于水源，水源可能是污染的原因。公共供水通常是安全的；地下水可能是安全的，而地表水可能是危险的。需要进行检测。 • 如果灌溉用水不接触可收获部分，则污染的风险很低。喷灌会污染农产品并传播病原体。 • 灌溉的时机可以改变污染的风险；临近收获时灌溉风险最大。
收获	<ul style="list-style-type: none"> • 只允许健康的工作人员进行收获。 • 避免水果和蔬菜粘上动物粪便，比如鸟粪。 • 就水果和蔬菜的最佳收获指数对人员进行培训。 • 只有在适当的成熟阶段（颜色、硬度、生长阶段、硬度等收获）。 • 早上早些时候或下午晚些时候收获，以尽量减少阳光的影响。 • 使用消毒过的收割采摘袋和容器。 • 优化收获容器（尺寸、材料、高度、产品层数）以限制机械性损伤 • 保护产品免受阳光直射和可能的污染源。

表 2，接上文。新鲜水果和蔬菜从田间到消费者的旅程中的各个保护环节，以及将病原体污染可能性降至最低的做法

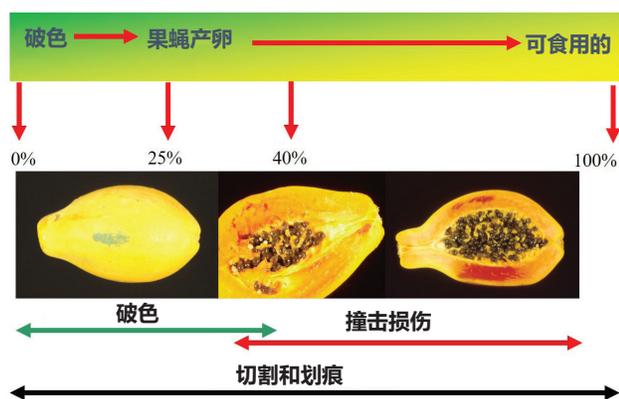
保护环节	做法
收获后处理	<ul style="list-style-type: none"> 收获后的用水管理至关重要；仅使用在 100 毫升水样中没有检测到普通大肠杆菌的饮用水 洗涤水应比产品温度高，以避免热冲击，因为热冲击会导致吸水和细菌进入。 如果冰或冰浆用于冷却，必须由在 100 毫升水样中没有检测到普通大肠杆菌的水制成 考虑在所有用过的水中加入消毒剂；氯是最常用的。 监控水质和用于确保收获后水质的消毒剂。 必要时采取纠正措施；保存详细记录，并为重要的水管理步骤制定标准操作程序。
分级、包装、装载	<ul style="list-style-type: none"> 所有包装区域都必须有最大限度减少污染的卫生措施。 工人卫生至关重要；生病的工人应该被送回家。 只有新的一次性容器或清洁的可重复使用的容器才能用来包装水果和蔬菜。 当农产品通过包装和储存区域时，识别所有的食物接触表面 —— 注意保持这些表面的清洁。 清洁所有与农产品接触的表面，然后在表面使用消毒剂。 清洁、维护和日常内务管理等安全措施以及虫害控制对降低风险至关重要。每天或全天根据需要清除所有切屑、碎产品和垃圾 记录保存至关重要，记录应包括接触面、工具、设备和容器的清洁和消毒；害虫管理；建筑物维护和监控；工人卫生程序培训；包装区和冷库的清洁和监控；以及装载前的车辆清洁和检查。
运输	<ul style="list-style-type: none"> 装载前检查所有车辆，确保它们干净，没有任何碎屑和异味。 如果对外承包您的货物运输，务必在合同中增加有关条款规定车辆必须状况良好、经过清洁和消毒。 冷藏车辆除了要清洁和消毒之外，还应在正确的温度和空气交换条件下设置运行中的制冷机组，并在装载前进行检查。

水果和蔬菜的安全造成危害的微生物。

在美国，主要零售商和食品服务链正在为供应商制定标准。除了遵守《食品安全现代化法案》，买方还可能需自我和第三方审核，以证明《良好农业规范》(GAP)、《良好处理规范》(GHP) 和《良好制造规范》(GMP) 的执行情况。美国食品和药物管理局发布了指南。

《良好农业规范》和《良好处理规范》是自愿协议，旨

在提供帮助，而不是监管，而《良好制造规范》具有监管性和强制性。大多数指导内容都是常识性的，而且易于在许多操作中实施，但可能无法进行监控和记录。应当将遵守这些标准视为使你的产品增值，并且可以使你的产品与其他供应商的产品区分开来。



木瓜在收获时成熟，容易受损。所有的机械性损伤都会造成病原体滋生。

当地食品安全网站

农场和家庭花园的良好农业规范。2017. <https://www.youtube.com/watch?v=wO5miD90wMQ>

FSMA。剖析《食品安全现代化法案》(FSMA)。农产品规则和良好农业规范 J. Sugano、J. Uyeda、L. Nakamura-Tengan、J. Hollyer、S. Motomura、J. Kahana、M. Murakami、F. Mencher、B. Miyamoto、E. Gushiken、K. Akahoshi、K. Wong、F. Reppun、K. Fiedler 和 S. Sibonga, 2016. <https://cms.ctahr.hawaii.edu/Portals/224/SOAP/Policies/CTAHR%20FSMA%20Grower%20OverviewInterpretations%20May%202016.pdf>

James R. Hollyer、Vanessa A. Troegner、Robert H. Cowie、Robert G. Hollingsworth、Lynn C. Nakamura-Tengan、Luisa F. Castro, 和 Arlene E. Buchholz. 2010. 最佳农场食品安全规范：降低与鼠肺虫感染和人嗜酸性脑膜炎相关的风险。夏威夷大学热带农业和人力资源学院。食品安全与技术 FST-39. <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/FST-39.pdf>

参考资料

Banach, J.L., Sampers, I., Van Haute, S. and Van der Fels-Klerx, H.J., 2015. Effect of disinfectants on preventing the cross-contamination of pathogens in fresh produce washing water. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12:8658–

8677.

Gil, M.I., Selma, M.V., Suslow, T., Jacxsens, L., Uyttendaele, M. and Allende, A., 2015. Pre- and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55:453–468.

Holvoet, K., Jacxsens, L., Sampers, I. and Uyttendaele, M., 2012. Insight into the prevalence and distribution of microbial contamination to evaluate water management in the fresh produce processing industry. *Journal of Food Protection* 75:671–681.

Holvoet, K., Sampers, I., Seynaeve, M., Jacxsens, L. and Uyttendaele, M., 2014. Agricultural and management practices and bacterial contamination in greenhouse versus open field lettuce production. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12:32–63.

Kireziova, K., Jacxsens, L., Uyttendaele, M., Van Boekel, M.A. and Luning, P.A., 2013. Assessment of food safety management systems in the global fresh produce chain. *Food Research International* 52:230–242.

Kireziova, K., Luning, P.A., Jacxsens, L., Allende, A., Johannessen, G.S., Tondo, E.C., Rajkovic, A., Uyttendaele, M. and van Boekel, M.A., 2015. Factors affecting the status of food safety management systems in the global fresh produce chain. *Food Control* 52:85–97.

Laury-Shaw, A., Strohbahn, C., Naeve, L., Wilson, L. and Domoto, P., 2015. Current trends in food safety practices for small-scale growers in the midwest. *Food Protection Trends* 35:461–469.

Love, K., Nancy J. Chen, Robert E. Paull. 2014. Quick Harvest and Postharvest Tips for Better Quality and Longer Postharvest Life. University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. Fruit, Nut, and Beverage Crops, July 2014, F_N- 36. http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-36.pdf

Manzocco, L., Ignat, A., Anese, M., Bot, F., Calligaris, S., Valoppi, F. and Nicoli, M.C., 2015. Efficient management of the water resource in the fresh-cut industry: Current status and perspectives. *Trends in Food Science & Technology* 46:286–294.

- Murray, K., Wu, F., Shi, J., Jun Xue, S. and Warriner, K., 2017. Challenges in the microbiological food safety of fresh produce: Limitations of post-harvest washing and the need for alternative interventions. *Food Quality and Safety* 1:289–301.
- Parker, J.S., Wilson, R.S., LeJeune, J.T., & Doohan, D. (2012). Including growers in the “food safety” conversation: Enhancing the design and implementation of food safety programming based on farm and marketing needs of fresh fruit and vegetable producers. *Agriculture and Human Values* 29:303–319. <http://dx.doi.org/10.1007/s10460-0129360-3>
- Parker, J.S., DeNiro, J., Ivey, M.L. and Doohan, D., 2016. Are small and medium scale produce farms inherent food safety risks? *Journal of Rural Studies* 44:250–260.
- Paull, R.E. 1999. Effects of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology & Technology* 15:263–277.
- Paull, R.E., Nancy Jung Chen. 2004. The potential of postharvest technologies to maintain quality. *Acta Horticulturae* 694:377–385.
- Suslow, T.V., Oria, M.P., Beuchat, L.R., Garrett, E.H., Parish, M.E., Harris, L.J., Farber, J.N. and Busta, F.F., 2003. Production practices as risk factors in microbial food safety of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2:38–77.