

# 基于 HACCP 和 FMEA 的水产品冷链物流全流程优化

张晨宇<sup>1a,2</sup>, 王伟<sup>1a,2</sup>, 陈志松<sup>3</sup>, 黄莉<sup>1b,2</sup>

(1.河海大学 a.港口海岸与近海工程学院 b.公共管理学院, 南京 210098;

2.南通河海大学海洋与近海工程研究院, 江苏 南通 226004;

3.南京师范大学 商学院, 南京 210023)

**摘要:** **目的** 解决水产品冷链物流损耗率高的问题, 最大程度地提高水产品冷链物流全流程中的质量安全。**方法** 采用危害分析与关键控制点 (Hazard Analysis and Critical Control Point, HACCP) 质量控制体系, 详细解释水产品冷链物流的各个环节, 并绘制其流程图, 结合流程图分析各个环节的潜在危害, 并通过潜在失效模式及后果分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 定量确定关键控制点, 同时制定 HACCP 计划表。采用 PDCA (Plan、Do、Check、Action) 和 SDCA (Standardization、Do、Check、Action) 双循环优化方法分析流程存在的问题, 并提出优化措施, 绘制优化后水产品冷链物流的流程图。**结果** 确定水产品养殖捕捞、冷藏加工、冷冻贮存、冷冻运输、冷藏销售 5 个环节为关键控制点。**结论** 对关键控制点的潜在危害提出预防措施, 并进行流程优化, 尤其需要重点关注水产品的养殖捕捞和水产品冷藏销售环节, 通过改善全流程的温度控制水平, 加强对致病菌污染的监管, 有效地防范并控制水产品冷链物流质量风险。

**关键词:** 水产品; 冷链物流; 流程优化; HACCP; FMEA

中图分类号: S981.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)09-0254-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.09.031

## Whole Process Optimization of Cold Chain Logistics of Aquatic Product Based on HACCP and FMEA

ZHANG Chen-yu<sup>1a,2</sup>, WANG Wei<sup>1a,2</sup>, CHEN Zhi-song<sup>3</sup>, HUANG Li<sup>1b,2</sup>

(1. a. College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, b. School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Nantong Ocean and Coastal Engineering Research Institute, Hohai University, Jiangsu Nantong 226004, China; 3. Business School, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

**ABSTRACT:** The work aims to solve the problem of high consumption rate of aquatic products in cold chain logistics, and maximize the quality safety of aquatic products in the whole process of cold chain logistics. HACCP quality control system was adopted to explain each link of aquatic product cold chain logistics in detail and draw its flow chart. Combined with the flow chart, the potential hazards of each link were analyzed and the critical control points were determined quantitatively through FMEA and the HACCP plan was formulated. PDCA and SDCA double cycle optimization methods were used to analyze the problems in the process and propose optimization measures, and draw the flow chart of the optimized cold chain logistics of aquatic products. The five links of aquaculture and fishing, cold processing, cold storage,

收稿日期: 2022-10-20

基金项目: 南通市科技项目 (社会民生重点) (MS22021012); 国家自然科学基金面上项目 (71974052)

作者简介: 张晨宇 (2000—), 男, 硕士生, 主要研究方向为现代物流。

通信作者: 黄莉 (1982—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为现代物流。

cold transportation and cold sales were determined as the critical control points. Preventive measures against potential hazards are proposed for critical control points and process optimization is carried out. In particular, it is necessary to focus on the aquaculture, fishing and cold sales of aquatic products. By improving the temperature control level of the whole process and strengthening the control of pathogenic bacteria pollution, the quality risk of the aquatic products in cold chain logistics can be controlled effectively.

**KEY WORDS:** aquatic product; cold chain logistics; process optimization; Hazard Analysis and Critical Control Point; Failure Mode and Effects Analysis

近年来, 人民消费水平的提高使得水产品需求不断提升, 目前我国水产品市场呈现供需两旺的景象, 水产品产量占全球总产量的 60% 以上, 而水产品年均进口贸易量也以超过 10% 的速度增长, 这促使冷链物流企业大批涌现。由于目前我国水产品冷链物流的行业标准还不完善, 缺乏专业化冷链设备和技术人才, 且冷链水产品的损耗问题较严重, 因此难以为水产品的流通提供可靠的安全保障。

危害分析与关键控制点 (Hazard Analysis and Critical Control Point, HACCP) 是一种针对过程控制的预防性体系, 目前已成为全球通行的食品卫生质量控制概念<sup>[1]</sup>, 主要应用于食品生产加工<sup>[2-4]</sup>、药品管理<sup>[5]</sup>、农产品冷链物流<sup>[6-9]</sup>等领域。Tomasevic 等<sup>[10]</sup>

的研究证明了 HACCP 体系作为质量控制体系的有效性。

陈铭中等<sup>[11]</sup>通过海产品 HACCP 分析, 提出 HACCP 体系需要建立在良好生产与流通规范、卫生标准操作程序等基础之上, 与相关体系结合才能得到有效实施。这与很多学者的研究不谋而合, 他们提出将 HACCP 体系与失效模式和后果分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)<sup>[12-13]</sup>、区块链<sup>[14]</sup>、无线传感网络 (Wireless Sensor Networks, WSN) 监测系统<sup>[15]</sup>、食品安全管理体系<sup>[16]</sup>ISO22000、良好生产规范 (Good Manufacturing Practice, GMP) 结合, 继续提高 HACCP 体系的质量控制效果。HACCP 体系的应用情况见表 1—2。

表 1 HACCP 的应用现状  
Tab.1 Application status of HACCP

作者	参考文献	应用领域	确定关键控制点的方法
林麒等	[2]	螺旋藻养殖、生产加工	CCP 判断树法
向瑞琪等	[3]	食用菌多糖生产	CCP 判断树法
Arévalo 等	[4]	黄粉虫粉生产	CCP 判断树法
吴玲玲等	[5]	药品调剂	CCP 判断树法
杨扬等	[6]	新鲜蔬菜出口冷链	模糊故障树法
刘寿春等	[7]	冰鲜水产品进口冷链	CCP 判断树法
张艳艳等	[8]	酸奶冷链	定性分析法
熊艳等	[9]	猪肉冷链	定性分析法

表 2 HACCP 与相关体系的结合使用情况  
Tab.2 Combined use of HACCP and related systems

作者	参考文献	应用领域	使用的体系					
			HACCP	FMEA	WSN	区块链	GMP	ISO 22000
Aleksic 等	[12]	奶酪生产供应链	√	√				
李晓萍等	[13]	超市食品	√	√				
Hosseini 等	[14]	制药冷链	√			√	√	√
Feng 等	[15]	冷冻贝类冷链	√		√			
Varzakas 等	[16]	食品安全系统	√	√			√	√

注: 打钩表示使用了这种技术体系。

目前,国内外的学者们纷纷将 HACCP 应用于多个领域的研究中,国内现有研究大多通过定性分析确定关键控制点,且对提出改进措施后的流程优化缺乏研究。文中采用 FMEA 定量分析来确定关键控制点,构建 PDCA 和 SDCA 双循环优化方法,并对水产品冷链物流进行全流程优化,并绘制成流程图,以提出更具体化、专业化的优化方案。

## 1 基于 FMEA 的水产品冷链物流 HACCP 分析

### 1.1 建立水产品冷链物流 HACCP 管理小组

HACCP 管理小组不仅需要公司高层管理人员的参与,还需具备相关专业知识的岗位操作人员的加入,包括加工品管、运输品管等质量控制岗位。HACCP 管理小组的具体组建情况见表 3。

### 1.2 水产品冷链物流产品描述

产品描述应由 HACCP 小组对产品的特性进行全面描述,见表 4。

### 1.3 确定水产品冷链物流的基本流程

水产品冷链物流由原材料获取、初加工、储存、

运输、销售、消费 6 个环节构成,具体流程如图 1 所示。

1) 原材料获取。主要包括水产品的养殖、捕捞、采购,以及从捕捞船至加工厂的运输环节。

2) 初加工。主要指清洗整理、冷藏加工等环节,包括屠宰、加工、包装等在低温状态下的加工作业过程。

3) 储存。包括水产品的冷却储藏和冻结储藏。此环节需要保证水产品在整个储存过程中一直处在低温保鲜环境。

4) 运输。包括水产品的装卸、运输等物流环节。此环节需要确保全程温度都在规定的范围内,同时还要保持温度处于稳定状态。

5) 销售。包括各种冷链水产品进入批发零售环节的冷冻储藏和销售。

6) 消费。主要指消费者买入水产品及食用水产品的过程。

### 1.4 水产品冷链物流危害分析

#### 1.4.1 水产品冷链物流的潜在危害

水产品冷链物流的潜在危害主要分为生物危害、化学危害和物理危害等,具体见表 5。

#### 1.4.2 水产品全程冷链物流危害识别

按水产品全程冷链物流流程的各步骤列出可能引入的生物性、化学性、物理性潜在危害,如图 2 所示。

表 3 HACCP 小组成员及分工  
Tab.3 HACCP team members and division of labor

职务	组内职务	职责
总经理	组长	全面负责 HACCP 管理体系的准备工作 and 正式实施工作; 制定水产品冷链物流的安全方针和预期目标; 负责 HACCP 计划表的审核批准工作; 进行 HACCP 小组管理、组织工作
副总经理	副组长	协调 HACCP 小组成员的分工; 协助组长落实 HACCP 体系的各项管理要求; 组织 HACCP 管理体系内部审核和外部评审
收货品管 加工品管 冷库品管 运输品管 销售品管	组员	负责各个环节的质量控制工作; 负责 HACCP 计划表的制定; 参与不合格品的调查处置工作; 参与 HACCP 管理体系内部审核

表 4 水产品冷链物流产品描述  
Tab.4 Description of aquatic products in cold chain logistics

产品指标	指标描述
产品名称	水产品及水产加工品: 食品分类号 09.0
形态特征	应符合 GB 2733—2015《鲜、冻动物性水产品》
理化指标	污染物限量应符合 GB 2762—2022《食品中污染物限量》 农药残留量应符合 GB 2763—2021《食品中农药限量残留最大标准》 食品添加剂应符合 GB 2760—2014《食品添加剂使用标准》
预期用途	供消费者食用或使用
使用方法	生食或加工后食用

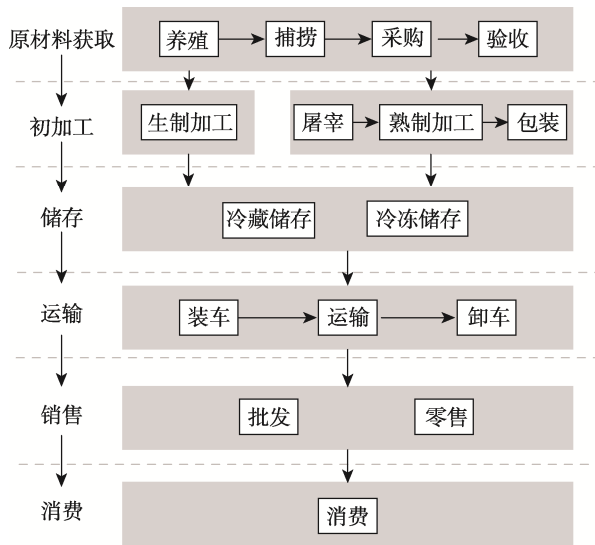


图 1 水产品冷链物流基本流程  
Fig.1 Basic flow of aquatic product cold chain logistics

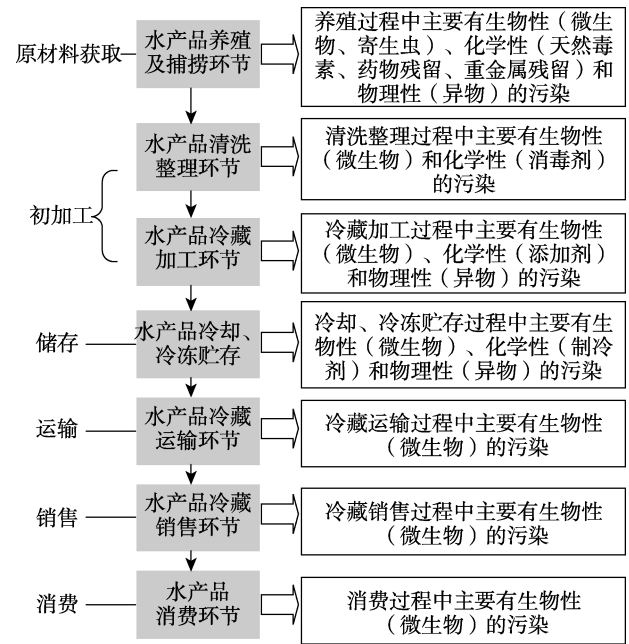


图 2 水产品冷链物流各环节具体危害识别  
Fig.2 Specific hazard identification of each link of aquatic product cold chain logistics

表 5 水产品全程冷链物流潜在危害  
Tab.5 Potential hazard in the whole process of aquatic product cold chain logistics

危害种类	具体潜在危害
生物危害	来自捕捞水域的致病菌, 如链球菌等
	寄生虫, 如线虫、绦虫等
	温度控制不当导致致病菌的生长和产毒, 如金黄色葡萄球菌等
	加工中的致病菌残留, 如沙门氏菌等
化学危害	病毒, 如 A 型肝炎病毒、新冠病毒等
	天然毒素, 如河豚毒素等
	环境化学污染和农药残留, 如重金属残留、农药残留等
物理危害	水产养殖药物残留, 如硫酸铜等
	加工中的致敏成分、添加剂
	水域中的异物残留或捕捞过程中的异物残留, 如鱼钩等
	加工中的金属杂质、玻璃杂质

表 6 水产品冷链物流风险评估  
Tab.6 Risk assessment of aquatic product cold chain logistics

过程	步骤过程	风险评估
1	水产品养殖与捕捞	高风险
2	水产品清洗整理	低风险
3	水产品冷藏加工	高风险
4	水产品冷却、冷冻贮存	中风险
5	水产品冷藏运输	高风险
6	水产品冷藏销售	中风险
7	水产品消费	中风险

## 1.5 水产品冷链物流的关键控制点

### 1.5.1 基于 FMEA 的水产品冷链物流风险评估

经危害分析确定的显著危害需要设置 CCP 予以控制, 而准确和完整地识别 CCP 是控制显著危害的基础。FMEA 即分析可能产生的失效模式及其对系统的影响, 是一种定量的失效因果关系的分析方法<sup>[17-18]</sup>, 可以准确地定位过程中存在的隐患。故这里采用 FMEA 法进行 CCP 的识别, 首先对水产品冷链物流进行风险评估, 见表 6。

### 1.5.2 基于 FMEA 制定水产品冷链物流危害分析表

针对风险评估表中的中、高风险步骤进行危害分析, 并对显著危害进行 FMEA 分析, 以确定其关键点。风险度计算如式 (1) 所示。

$$R = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

式中:  $S$  为该危害导致后果的严重性;  $O$  为该危害发生的频度;  $D$  为该危害的可探测度;  $R$  为该危害的风险度。

风险度的具体计算过程见表 7。

### 1.6 制定水产品冷链物流 HACCP 计划表

根据水产品全程冷链物流危害分析表 FMEA 危害评价风险度  $R$  的计算结果, 将水产品养殖及捕捞、水产品冷藏加工、水产品冷却冷冻贮存、水产品冷藏运输、水产品冷藏销售 5 个环节确定为 CCP, 并制定水产品冷链物流 HACCP 计划表, 见表 8。



表 8 水产品全程冷链物流 HACCP 计划  
Tab.8 HACCP plan of whole process of aquatic product cold chain logistics

CCP	显著危害	关键限值	监控措施				纠偏行动	验证方法	记录
			对象	方法	频率	人员			
水产品 养殖及 捕捞	原材料 受到 致病菌 污染	水产品来源水域合 规捕捞者持有捕捞 许可证, 具备捕捞 资质 捕捞至冷藏时长 合适	捕捞标识牌 捕捞许可证 捕捞时间记录	视觉检查	每个交货 批次	收货 品管	拒收来自非许 可水域、没有 捕捞标识或不 具备捕捞资质 者的水产品 缩短捕捞至 冷藏的时间	每天审查 监控、纠偏 记录	收货 记录
	寄生虫	水产品来源水域 合格 杀灭寄生虫的 温度合适	捕捞标识牌 加工温度 加工浓度记录	视觉检查 加工温度 监测 浓度监测仪	每个交货批次 每个加工批次	收货 品管	拒收来自非许 可水域、没有 捕捞标识的 水产品 保证加工 步骤的温度	每天审查 监控、纠偏 记录 每周校准温 度记录仪	收货 记录
水产品 冷藏 加工	加热不充 分导致致 病菌污染	加热温度合适 加热时长合适	加热温度记录	温度监测仪	每个加工批次	加工 品管	保证加热 温度足够	每天审查监 控、纠偏 记录 每周校准温 度记录仪	加热 温度 曲线图
	加工暴露 在空气中 过久导致 致病菌 污染	加工时长合适 加工车间温度合适	加工时长 温度记录	记录加工 时长 温度监测仪	每个加工批次	加工 品管	缩短加工时间 合理降低加 工车间温度	每天审查 监控、纠偏 记录 每周校准温 度、湿度 记录仪	加工 情况 记录
水产品 冷却、 冷冻 贮存	冷库温度 控制不当 导致 致病菌 污染	冷库温度合适 卫生达标	冷库温度记录 卫生记录	动态监控 温度 查看卫生 记录	作业过程中, 动态监控温度 每天开始作业 前检查卫生 记录	冷库 品管	确保冷库 温度	每天审查监 控、纠偏 记录 每周校准温 度记录仪	冷库 温度 记录
水产品 冷藏 运输	冷藏车温 度控制不 当导致致 病菌 污染	车厢温度合适 装卸时长合适 车辆卫生达标	车厢温度记录 卫生记录	动态监 控温度 查看卫生 记录	作业过程中, 动态监控温度 每天开始作业 前检查卫生 记录	运输 品管	确保冷藏车 温度	每天审查 监控、纠偏 记录 每周校准温 度记录仪	冷藏车 温度 记录
水产品 冷藏 销售	冰柜温度 控制不当 导致 致病菌 污染	冰柜温度合适 卫生达标	冰柜温度记录 卫生记录	温度监测仪 查看卫生 记录	作业过程中, 每 4 h 检查 温度监测仪 每天开始作业 前检查卫生 记录	销售 品管	确保冰柜温度 定期检查 水产品状况	每天审查 监控、纠 偏记录	冰柜温 度记录 水产品 进货记录

## 2 水产品冷链物流的 PDCA 和 SDCA 双循环优化分析

### 2.1 构建 PDCA 和 SDCA 的双循环优化方法

PDCA 循环也称戴明循环, 它是广泛应用于流程管理的一种质量持续改进模型。PDCA 循环依次为 P

(Plan, 计划)、D (Do, 执行)、C (Check, 检查)、A (Action, 行动)<sup>[19]</sup>。在水产品冷链物流中, P 计划, 即分析水产品冷链物流现状及其主要影响因素, 制定优化方案; D 执行, 即按优化方案执行; C 检查, 即检查采用水产品冷链物流优化方案的执行效果; A 行动, 即确定遗留问题, 以便在下一循环中解决<sup>[20]</sup>。

SDCA 循环即标准化维持, 即 S (Standardization, 标准化)、D (Do, 执行)、C (Check, 检查)、A (Action,

调整)模式,包括所有与改进过程相关的标准化更新,使其能够平稳运行<sup>[21]</sup>。在水产品冷链物流中,S 标准化,即对改进的水产品冷链物流环节,以文件等正规形式形成规范标准;D 执行,即在水产品冷链物流相关企业中落实新的水产品冷链物流标准化流程;C 检查,即检查新的水产品冷链物流流程执行过程的安全性,并收集相关问题;A 调整,即对新的水产品冷链物流流程继续调整,使流程满足要求。

PDCA 循环可以改善现有流程,而 SDCA 循环可以使流程更稳定,二者的优化步骤和优化目标一致,故文中采用将二者结合的双循环优化方法,以实现流程稳定优化的目标。双循环示意图如图 3 所示。

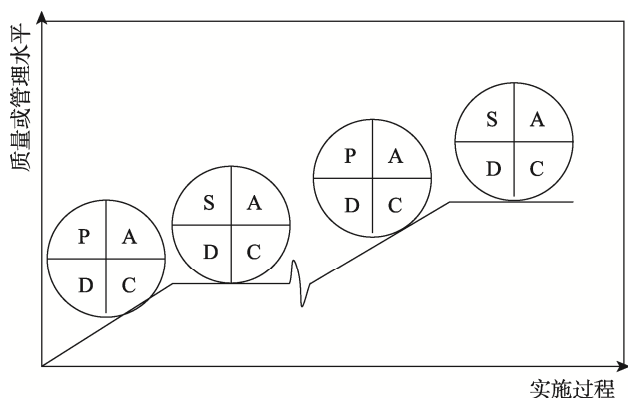


图3 PDCA 和 SDCA 双循环示意图  
Fig.3 Schematic diagram of  
PDCA and SDCA double cycle

## 2.2 水产品冷链物流主要问题分析

### 2.2.1 P/S 阶段

P/S 阶段缺乏标准化监测机制。危害潜伏阶段的监测和预警作为消除危害的首要环节,危害产生并扩大的重要原因归结于此环节的疏忽,没有做好防范风险的准备,不能及时发现潜在危害。

### 2.2.2 D 阶段

D 阶段缺乏专业的应对和纠偏措施。将危害发生阶段的应对作为消除危害的关键环节,若决策指挥不力,缺少专业人员和纠偏措施,将使危害的影响急剧扩大,产生严重后果。

### 2.2.3 C/A 阶段

C/A 阶段缺乏有效的责任溯源机制。危害消除后的恢复和重建阶段是将流程恢复到正常状态的直接环节,不能及时查找到导致危害发生的直接原因,将会加大后续流程的风险。

## 2.3 水产品冷链物流的优化措施

在全面考虑多重因素的影响机制后,基于水产品冷链物流主要问题分析,并嵌入 HACCP 分析结果,进行具体流程优化,提出下列措施。

### 2.3.1 确保水产品原材料质量

拒收来自非许可水域、没有捕捞标识或标识不当的水产品,并对原料基地进行评价或管理,保持记录。缩短捕捞至冷藏的时间,由收货品管控制原料的质量。

### 2.3.2 保证加工环境和运输、销售冷藏温度

加工时保证足够的加热温度,缩短加工时间,合理控制加工车间的温度、湿度。在作业过程中,动态监控温度,保证温度符合各类水产品的不同要求。

### 2.3.3 增加品质控制环节监测水产品质量

由于水产品直接供消费者食用,水产品冷链物流的质量不达标会直接威胁到消费者的生命安全,因此在水产品全程冷链物流加入品质控制环节,以完善冷链物流体系。加强每个环节间的信息对接,实时监测水产品质量,在发生问题后及时溯源,并查找原因。

### 2.3.4 加强专业人员培训管理

组建 HACCP 工作小组,落实各小组成员的职责,每个成员均需要培训后上岗,包括流程中有关的操作人员和清洁人员等需具备的专业资质,听从 HACCP 组长的决策指挥,熟悉 HACCP 计划表的相关内容。

基于以上优化措施,提出水产品全程冷链物流流程的优化方案,如图 4 所示。

## 2.4 优化后水产品全程冷链物流的流程

将上述优化措施反馈到水产品冷链物流流程中,将其流程优化如下。

### 2.4.1 原材料获取环节

由供货商采购捕捞后的水产品,并交由收货品管进行原材料验收,验收感官指标应符合 GB 2733—2015《鲜、冻动物性水产品》中(见表 9)的验收指标。若不合格,则进行无害化处理,并及时查找原因,必要时更换供货商,严格控制每个批次水产品的质量,物流商尽量控制从捕捞到加工入库的时间,保证原材料的质量。

### 2.4.2 初加工环节

按生制和熟制水产品,分别安排加工人员全程控制加工时的温度、湿度等,保证水产品加工环境达到 GB 14881—2013《食品生产通用卫生规范》的要求。对关键过程的微生物指标进行监控,见表 10。由加工品管对加工产品进行验收,对未通过的产品进行无害化处理,并查找原因。

### 2.4.3 储存环节

水产品在进入冷库前由冷库品管检查冷库环境是否满足 GB/T 30134—2013《冷库管理规范》中(见表 11)的指标要求。若不合格,则及时调整冷库温度、卫生条件后重新检查,入库后由冷库品管实时监控冷库的温度、湿度。

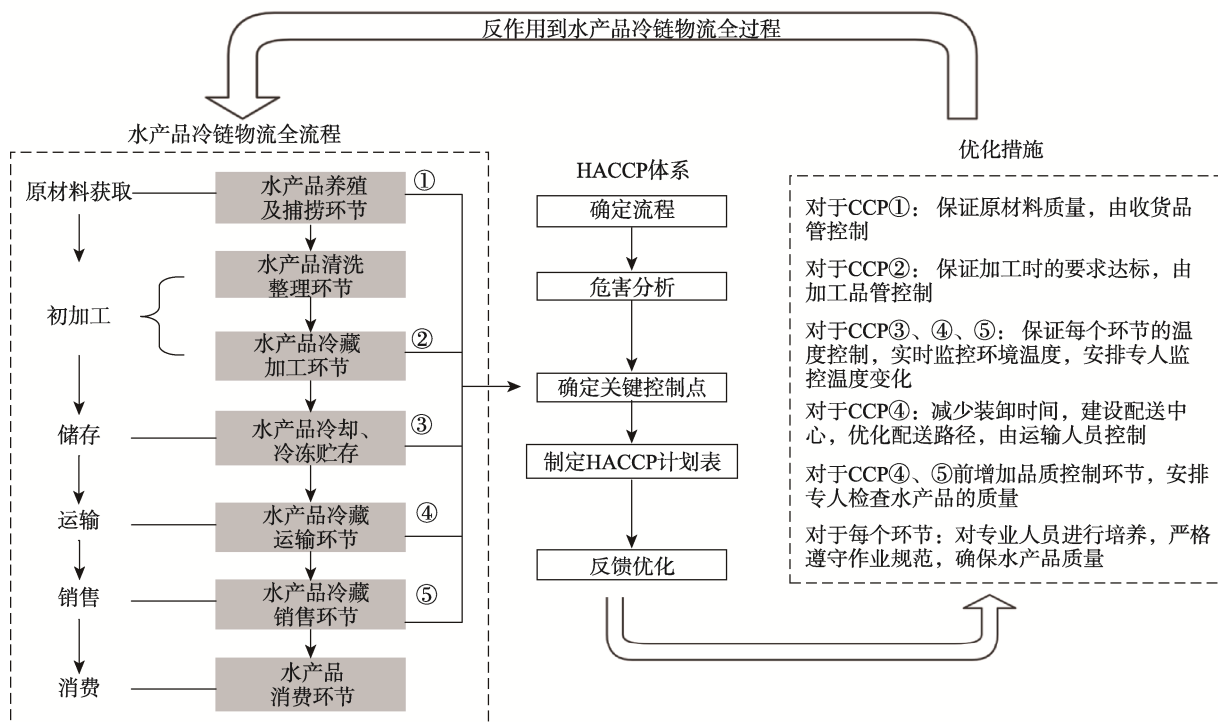


图 4 基于 HACCP 水产品全程冷链物流优化方案示意图  
Fig.4 Schematic diagram of optimization scheme for whole process of aquatic product cold chain logistics based on HACCP

表 9 水产品原材料验收指标  
Tab.9 Raw material acceptance indexes of aquatic products

项目	要求	检验方法
色泽	具有水产品应有色泽	取适量样品置于白色瓷盘上, 在自然光下观察色泽状态, 嗅其气味
气味	具有水产品应有气味, 无异味	
状态	具有水产品正常的组织状态, 肌肉紧密、有弹性	

表 10 水产品加工过程微生物监控指标  
Tab.10 Microbial monitoring indexes in aquatic product processing

监控项目	建议取样点	建议监控频率
环境微生物监控	水产品接触表面	加工人员手部、工作服、加工设备表面
	与水产品邻近的表面	加工设备外表面、地面等
	加工区域内的环境空气	靠近裸露水产品的位置
过程中产品的微生物监控	加工环节中微生物水平可能发生变化, 且会影响食品安全性和食品品质的过程产品	

表 11 水产品贮藏温湿度指标  
Tab.11 Storage temperature and humidity indexes of aquatic products

食品类别	食品品名	贮藏温度/°C	相对湿度/%
水产品	冰鲜水产品	0~4	85~90
	冷冻水产品	≤-18	90~95
	金枪鱼	≤-50	90~95

### 2.4.4 运输环节

在运输环节, 需要保证从运输到销售的时间符合要求, 并尽量减少装卸时长, 实时监控温度、湿度, 以减少水产品的暴露时间。开始运输前由运输品管检查冷藏车环境是否符合 GB/T 22918—2008《易腐食品控温运输技术要求》中(见表 12)的条件指标。若不符合, 则调整冷藏车温度、卫生条件后重新检查。



### 2.4.5 销售环节

销售环节由批发商和零售商共同完成。由销售品管在开始销售前检查水产品的质量,以及冷柜的环境是否符合 GB/T 34767—2017《水产品销售与配送良好操作规范》。若不符合,则需要及时处理,在销售时实时监控冷柜的温度、湿度。

### 2.4.6 消费环节

消费环节主要指消费者买入水产品及食用水产

品的过程,其质量主要由消费者控制,可按表9的验收指标自行检查。销售商应增大宣传力度,呼吁消费者按要求储存水产品,并及时食用。根据优化后的流程绘制流程图,如图5所示。

## 2.5 水产品冷链物流流程优化效果分析

对优化后的水产品冷链物流的 CCP 进行了 FMEA 分析,将优化前后的风险度进行了对比,见表13。

表 12 水产品冷藏运输条件指标  
Tab.12 Cold transportation conditions of aquatic products

货物品名	货物热状态	装载时货温	运输工具保持的温度	装载要求	备注
冻鱼	冻结	-18℃以下	-15℃以下	紧密堆码	冻鱼可不加包装
冻虾	冻结	-18℃以下	-15℃以下	紧密堆码	
贝类					
蟹					

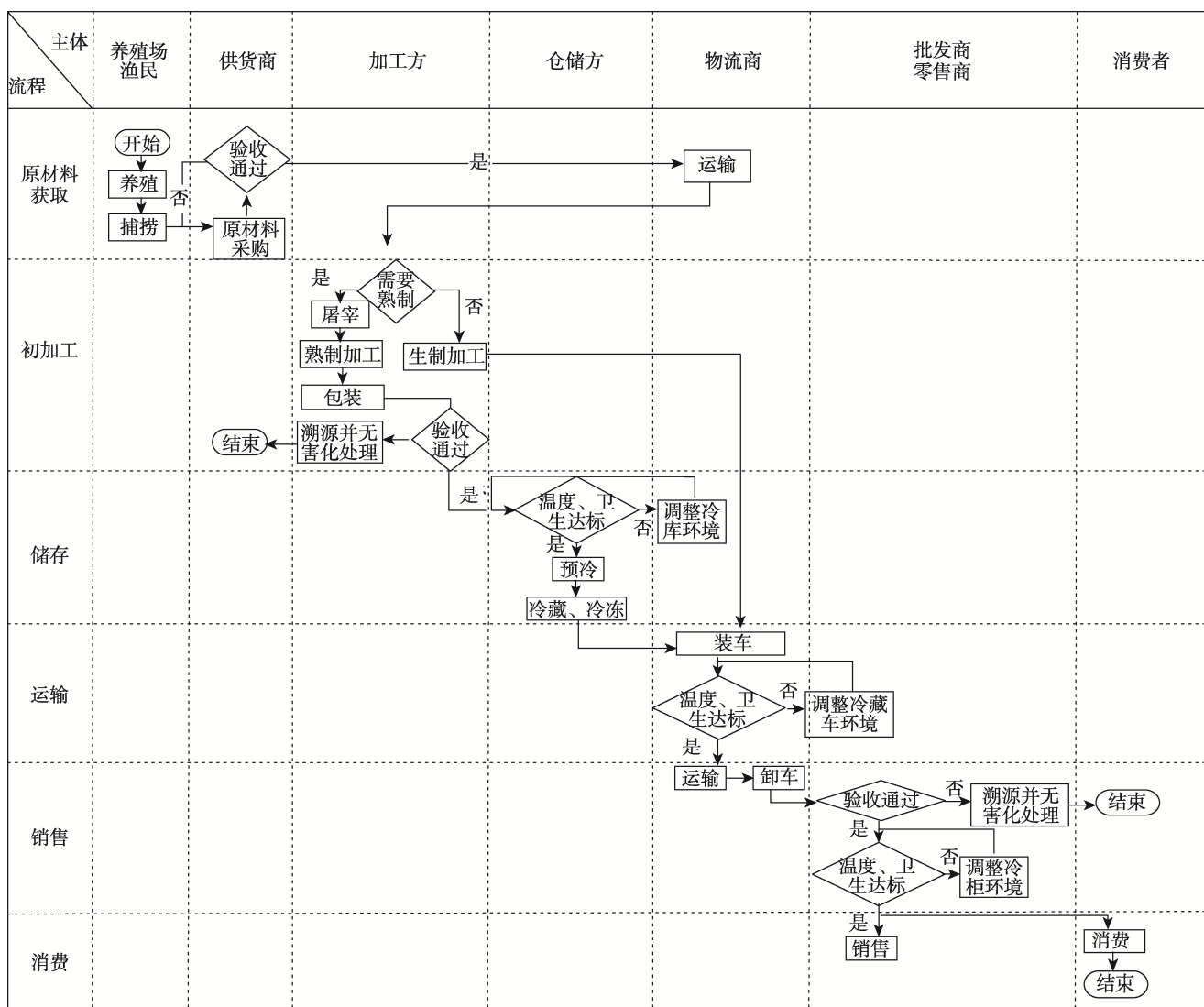


图 5 优化后水产品全程冷链物流流程

Fig.5 Flow chart of whole process of aquatic product cold chain logistics after optimization

表 13 优化后的水产品冷链物流关键控制点危害分析  
Tab.13 Hazard analysis of CCP in optimized aquatic product cold chain logistics

CCP	显著危害	优化前 <i>R</i>	优化后 FMEA 危害评价			优化后 <i>R</i>	水产品冷链物流流程 优化是否有效
			<i>S</i>	<i>O</i>	<i>D</i>		
水产品养殖 及捕捞	致病菌污染	105	7	2	3	42	有效
	寄生虫	64	8	2	1	16	有效
水产品 冷藏加工	加热不充分导致的致病菌污染	64	8	2	1	16	有效
	加工时暴露过久导致的致病菌 污染	96	8	3	1	24	有效
水产品冷却、 冷冻贮存	冷库温度控制不当导致的致病菌 污染	96	8	3	1	24	有效
水产品 冷藏运输	冷藏车温度控制不当导致的致 病菌污染	96	8	3	1	24	有效
水产品 冷藏销售	冰柜温度控制不当导致的致病菌 污染	96	8	3	2	48	有效

通过对比水产品冷链物流优化前后的风险度可知, 经优化后水产品冷链物流的风险度明显降低, 可见优化措施对降低危害风险度有效, 对确定为关键控制点的 5 个环节的质量控制作用显著。

### 3 结语

围绕水产品冷链物流质量问题, 利用 HACCP 和 FMEA 体系对全流程进行分析, 确定水产品养殖及捕捞、水产品冷藏加工、水产品冷冻贮存、水产品冷藏运输、水产品冷藏销售 5 个环节为关键控制点。采用 PDCA 和 SDCA 双循环优化方法对水产品冷链物流全流程进行优化, 并分析优化后效果。结果表明, 经优化后, 可有效降低危害发生的风险, 全面保证水产品的质量。通过建立 HACCP 体系, 重点改善温度控制水平, 最大程度地降低显著危害, 保证水产品冷链物流质量安全。其中, 需要重点关注执行难度最大的水产品养殖捕捞和水产品冷藏销售环节, 通过加强对致病菌污染的控制, 以减少危害带来的损失。后续可以采用 DMAIC 等优化方法进一步完善优化过程, 将 DMAIC 优化分析嵌入 HACCP 分析过程中, 使优化更加贴合流程。

#### 参考文献:

- [1] 王铁龙, 杨倩, 许凌云, 等. HACCP 体系蕴含思想的研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(4): 799-803.  
WANG Tie-long, YANG Qian, XU Ling-yun, et al. Research on the Thought of HACCP System[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(4): 799-803.
- [2] 林麒, 林坚, 林国斌. HACCP 在螺旋藻养殖、生产加工中的应用[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(2): 155-158.

LIN Qi, LIN Jian, LIN Guo-bin. Application of HACCP in Breeding and Production of Spirulina[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2012, 24(2): 155-158.

- [3] 向瑞琪, 敖珍, 谢锋, 等. HACCP 体系在食用菌多糖生产中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(8): 147-153.  
XIANG Rui-qi, AO Zhen, XIE Feng, et al. Application of HACCP System in Edible Fungi Polysaccharide Production[J]. China Food Additives, 2022, 33(8): 147-153.
- [4] ARÉVALO H A A, ROJAS E M M, FONSECA K B B, et al. Implementation of the HACCP System for Production of Tenebrio Molitor Larvae Meal[J]. Food Control, 2022, 138: 1-12.
- [5] 吴玲玲, 张琴. HACCP 方法在我院药品调剂差错风险管理中的应用[J]. 中国药房, 2017, 28(34): 4849-4852.  
WU Ling-ling, ZHANG Qin. Application of HACCP Method in Risk Management of Drug Dispensing Error in our Hospital[J]. China Pharmacy, 2017, 28(34): 4849-4852.
- [6] 杨扬, 袁媛, 李杰梅. 基于 HACCP 的生鲜农产品国际冷链物流质量控制体系研究——以云南省蔬菜出口泰国为例[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2016, 15(2): 103-108.  
YANG Yang, YUAN Yuan, LI Jie-mei. The Quality Control System of Fresh Agricultural Product in International Cold Chain Logistics Based on HACCP: Take the Export of Vegetable in Yunnan Province to Thailand as Example[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2016, 15(2): 103-108.
- [7] 刘寿春, 赵春江, 杨信廷, 等. 猪肉冷链加工与物流微生物危害分析与控制[J]. 食品科技, 2012, 37(5): 103-109.

- LIU Shou-chun, ZHAO Chun-jiang, YANG Xin-ting, et al. The Microbiological Hazard Analysis and Their Monitoring Measures of Pork during Processing and Logistics in Cold Chain[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(5): 103-109.
- [8] 张艳艳, 刘斌. HACCP 在酸奶冷链物流中的应用研究[J]. 食品科技, 2012, 37(12): 324-326.  
ZHANG Yan-yan, LIU Bin. The Application of HACCP in Cold Chain Logistics of Yogurt[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(12): 324-326.
- [9] 熊艳, 宋丽红, 高飞. 危害分析与关键控制点体系在进口冰鲜水产品冷链物流中的应用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4914-4920.  
XIONG Yan, SONG Li-hong, GAO Fei. Application of Hazard Analysis Critical Control Point System in Cold Chain Logistics Process of Import Fresh Fishery Products[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(12): 4914-4920.
- [10] TOMASEVIC I, DODEVSKA M, SIMIĆ Mi-lan, et al. The Use and Control of Nitrites in Serbian Meat Industry and the Influence of Mandatory HACCP Implementation[J]. Meat Science, 2017, 134: 76-78.
- [11] 陈铭中, 钟旭美, 周伟光. 基于 HACCP 的海产品供应链冷链物流质量安全控制[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(2): 816-822.  
CHEN Ming-zhong, ZHONG Xu-mei, ZHOU Wei-guang. Quality and Safety Control of Seafood Supply Chain Using Cold Chain Logistics Based on HACCP[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(2): 816-822.
- [12] ALEKSIC B, DJEKIC I, MIOCINOVIC J, et al. The Application of Failure Mode Effects Analysis in the Long Supply Chain – a Case Study of Ultra Filtrated Milk Cheese[J]. Food Control, 2022, 138: 109057.
- [13] 李晓萍, 韩之俊. FMEA 下的超市食品 HACCP 计划制定与实现[J]. 工业工程, 2009, 12(4): 106-110.  
LI Xiao-ping, HAN Zhi-jun. On the HACCP Plans and Its Implementation in Supermarkets Based on FMEA[J]. Industrial Engineering Journal, 2009, 12(4): 106-110.
- [14] HOSSEINI BAMAKAN S M, GHASEMZADEH MOGHADDAM S, DEHGHAN MANSHADI S. Blockchain-Enabled Pharmaceutical Cold Chain: Applications, Key Challenges, and Future Trends[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 302: 127021.
- [15] FENG Huan-huan, CHEN Jing, ZHOU Wei, et al. Modeling and Evaluation on WSN-Enabled and Knowledge-Based HACCP Quality Control for Frozen Shellfish Cold Chain[J]. Food Control, 2019, 98: 348-358.
- [16] VARZAKAS THEODOROS H, ARVANITOYANNIS IOANNIS S. Application of ISO 22000 and Comparison to HACCP for Processing of Ready to Eat Vegetables: Part I[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2008, 43(10): 1729-1741.
- [17] WANG Xiao-chuan, WANG Hui-xian. Risk Assessment of Coal Mine Safety Production Management Activities Based on FMEA-BN[J]. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 2022, 22(1): 123-136.
- [18] OUYANG Lin-han, CHE Yu-shuai, YAN Ling, et al. Multiple Perspectives on Analyzing Risk Factors in FMEA[J]. Computers in Industry, 2022, 141: 103712.
- [19] FU Jia-yin, LIU Xi-feng. Application Research of PDCA Cycle Theory in the Improvement of Professional Teachers' Competency in Higher Vocational Colleges[J]. Advances in Vocational and Technical Education, 2022, 4(4): 19-26.
- [20] 沙锐, 吴根. PDCA 循环管理在科技计划项目质量改进中的运用[J]. 科技管理研究, 2021, 41(6): 161-165.  
SHA Rui, WU Gen. Application of PDCA Cycle in Quality Improvement of Science and Technology Projects[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(6): 161-165.
- [21] 王俊巧, 叶勇. 基于 PDCA 和 SDCA 循环理论的政府应急管理流程优化分析[J]. 行政与法, 2017(1): 8-14.  
WANG Jun-qiao, YE Yong. Government Emergency Management Process Analysis Based on PDCA and SDCA Cycle Theory[J]. Public Administration & Law, 2017(1): 8-14.

责任编辑: 彭颀