

TRÍCH YẾU LUẬN ÁN

a) Tóm tắt mở đầu:

- Tên tác giả: Huỳnh Thị Thùy Linh
- Tên luận án: “Nghiên cứu phát triển thiết bị chẩn đoán tại chỗ bệnh đốm trắng do vi-rút trên tôm nuôi nước lợ”
- Ngành khoa học của luận án: Kỹ thuật điện tử Mã số: 9520203
- Tên đơn vị đào tạo: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

b) Nội dung bản trích yếu:

Bệnh đốm trắng do vi-rút WSSV (White Spot Syndrome Virus) là một trong những tác nhân gây thiệt hại nặng nề nhất đối với ngành nuôi tôm tại Việt Nam và nhiều quốc gia châu Á, làm giảm năng suất và gây tổn thất kinh tế nghiêm trọng. Phương pháp chẩn đoán phổ biến hiện nay là PCR có độ chính xác cao, nhưng đòi hỏi phòng thí nghiệm chuyên dụng, nhân lực kỹ thuật lành nghề, chi phí lớn và không đáp ứng được yêu cầu phát hiện nhanh tại chỗ, đặc biệt trong điều kiện trang trại nuôi trồng. Trong bối cảnh ngành thủy sản đang hướng đến quản lý dịch bệnh theo thời gian thực, việc phát triển thiết bị cảm biến sinh học điện hóa cầm tay để phát hiện nhanh WSSV là hướng nghiên cứu có ý nghĩa cấp thiết và tính ứng dụng cao.

Mục tiêu của luận án là nghiên cứu, thiết kế và xây dựng hệ thống cảm biến sinh học điện hóa tích hợp công nghệ IoT để phát hiện nhanh tại chỗ WSSV. Luận án hướng đến việc làm chủ quy trình biến tính tối ưu hóa bề mặt điện cực, chức năng hóa bề mặt điện cực cho nhận biết sinh học đặc hiệu, đồng thời tích hợp phần cứng đo lường và phần mềm xử lý, hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.

Nội dung nghiên cứu của luận án gồm ba hướng chính:

- Biến tính nhằm tối ưu hóa bề mặt điện cực bằng phương pháp điện hóa, trong đó quá trình phủ các hạt nano vàng được sử dụng để tăng khả năng truyền điện tích, điện tích hoạt động và kiểm soát mật độ liên kết sinh học.
- Chức năng hóa bề mặt bằng đơn lớp tự lắp ráp (SAM) hình thành từ hợp chất thiol 11-mercaptoundecanoic acid (11-MUA), được hoạt hóa bằng EDC/NHS nhằm cố định kháng thể anti-VP28 lên bề mặt điện cực, tạo khả năng nhận biết đặc hiệu với protein VP28, chỉ dấu sinh học đặc trưng WSSV.
- Thiết kế và tích hợp hệ thống đo điện hóa cầm tay có kết nối IoT, cho phép truyền dữ liệu thời gian thực qua giao thức MQTT đến phần mềm điều khiển trên máy tính hoặc ứng dụng di động, phục vụ phát hiện nhanh tại chỗ và giám sát từ xa.

Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng bao gồm:

- Phương pháp điện hóa: quét thế tuần hoàn (CV), vôn-ampe sóng vuông (SWV), phổ tổng trở điện hóa (EIS) để đánh giá quá trình biến tính bề mặt, khả năng truyền điện tích, độ ổn định và độ nhạy của cảm biến.
- Phương pháp hình thái và vật liệu học: các đặc tính hình thái và thành phần vật liệu bề mặt điện cực được phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX).

- Phương pháp quang học và sinh học phân tử: kính hiển vi huỳnh quang được dùng để quan sát trực tiếp sự thành công của quá trình bắt giữ protein được đánh dấu huỳnh quang, phương pháp Western blot xác nhận sự tương tác đặc hiệu của kháng thể anti-VP28 và protein VP28.

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình phủ điện hóa các hạt nano vàng giúp cải thiện đáng kể đặc tính điện hóa của điện cực, làm tăng khả năng truyền điện tích và diện tích bề mặt hoạt động. Lớp SAM 11-MUA được hình thành ổn định, cho phép cố định hiệu quả kháng thể anti-VP28 thông qua phản ứng tạo liên kết amide với nhóm carboxyl hoạt hóa. Các phép đo CV, SWV và EIS chứng minh tín hiệu điện hóa biến đổi tương ứng với các giai đoạn chức năng hóa và nhận biết sinh học, thể hiện rõ sự thay đổi trở kháng và dòng đỉnh phản ứng.

Cảm biến thu được có độ nhạy cao, độ chọn lọc tốt, và giới hạn phát hiện thấp đối với protein VP28, với tín hiệu ổn định và khả năng lặp lại cao. Phép kiểm chứng bằng phương pháp Western blot xác nhận tính tương tác đặc hiệu giữa kháng thể anti-VP28 và protein VP28. Hệ thống đo điện hóa cầm tay trên nền tảng IoT hoạt động ổn định, có khả năng đo và truyền dữ liệu điện hóa thời gian thực, cho kết quả tương thích với phương pháp PCR.

Kết quả thử nghiệm trên mẫu tôm dương tính với WSSV tại phòng thí nghiệm cho thấy tín hiệu điện hóa tương đồng với kết quả PCR, chứng minh tính khả thi của thiết bị. Hệ thống có ưu điểm vượt trội về tốc độ, chi phí hợp lý, tính cơ động, thao tác đơn giản phù hợp điều kiện sử dụng tại các trang trại nuôi tôm, trung tâm sản xuất giống và cơ sở giám sát dịch bệnh.

Luận án đã đề xuất một hướng tiếp cận mới, kết hợp công nghệ sinh học phân tử với kỹ thuật điện hóa và điện tử tiên tiến, nhằm phát triển nền tảng thiết bị cảm biến sinh học có khả năng phát hiện nhanh và chính xác tại chỗ. Nghiên cứu có giá trị thực tiễn cao trong giám sát và phát hiện sớm dịch bệnh thủy sản, hướng tới ứng dụng trong mô hình nông nghiệp thông minh. Thiết bị được chế tạo từ các linh kiện phổ biến, chi phí hợp lý, dễ vận hành, có tiềm năng phát triển thành sản phẩm thương mại phục vụ chiến lược phát triển nông nghiệp công nghệ cao và bền vững tại Việt Nam.

Hà Nội, ngày 21 tháng 7 năm 2026

NGHIÊN CỨU SINH
(Ký và ghi rõ họ, tên)

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN
(Ký và ghi rõ họ, tên)

Huỳnh Thị Thùy Linh

GS.TS. Chữ Đức Trình

XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO