

**BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

---



**ĐẶNG NGUYỄN NHÃ KHANH**

**NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH TÍCH LŨY, ĐÀO THẢI VÀ  
ẢNH HƯỞNG CỦA CHÌ (Pb), CADIMI (Cd) ĐẾN LƯỢNG  
GLYCOGEN, INSULIN, CORTISOL TRONG CÁ RÔ ĐỒNG  
(*Anabas testudineus*)**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT**

**Ngành: Hóa Vô cơ**

**Mã số: 9 44 01 13**

***TP.HCM – Năm 2025***

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

Nguyễn Thị Kim Phượng, Phó Giáo sư, Tiến sỹ, Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Phản biện 1: PGS. TS. Bạch Long Giang

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Văn Cường

Phản biện 3: PGS. TS. Trần Hoàng Phương

Luận án này được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sỹ cấp Học viện họp tại Viện Công nghệ Tiên tiến, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi 14 giờ 00, ngày 03 tháng 12 năm 2025

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

## MỞ ĐẦU

Trong quá trình hiện đại hóa, công nghiệp hóa cùng với sự hình thành và phát triển của các khu chế xuất, khu công nghiệp và hàng trăm ngàn cơ sở hóa chất, chế biến trên toàn quốc thì vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng nặng nề hơn, đặc biệt là ô nhiễm kim loại nặng như Chì, Cadimi, Crôm, Niken, ... dẫn đến những hệ lụy về môi trường không mong muốn trong đó không chỉ có đất, nước, trầm tích hay không khí bị tác động mà hiện nay các loài thủy sinh (tôm, cá, các loài nhuyễn thể) không tránh khỏi những tác động này. Những kim loại nặng độc hại khi tồn tại vượt mức cho phép trong nước sẽ xâm nhập và tích tụ trong cơ thể các sinh vật thủy sinh không chỉ gây rối loạn mà có khi còn phá vỡ các chức năng sinh lý bình thường (hô hấp, vận động và điều hòa trao đổi chất), làm suy yếu khả năng sinh sản và sự phát triển của chúng, ảnh hưởng đến sức đề kháng làm chúng dễ bị bệnh và tử vong. Đối với cá việc hấp thụ kim loại nặng từ môi trường sống sẽ thông qua các bộ phận như mang, da, hệ tiêu hóa và kể cả tích lũy các kim loại nặng này ở lại trong các cơ quan như mang, gan, thận và cơ. Việc tiêu thụ các sản phẩm cá bị ô nhiễm kim loại nặng có thể gây nên những nguy hiểm tiềm tàng như ung thư, giảm khả năng đề kháng và nhiều tác động tiêu cực khác đến người tiêu dùng, đặc biệt là đối với trẻ em và phụ nữ có thai.

Chì (Pb) và Cadimi (Cd) được xác định thuộc nhóm các kim loại nặng độc hại gây ra các vấn đề môi trường nghiêm trọng làm phá vỡ sự cân bằng của hệ sinh thái. Các kim loại nặng này không thể bị phân hủy sinh học mà chỉ tích tụ trong cơ thể sống và hầu hết được biết đến như là những chất tiềm ẩn gây ung thư. Do đó sự tích tụ sinh học và sự khuếch đại của các kim loại nặng độc hại này dọc theo chuỗi và lưới thức ăn sẽ gây ra những rủi ro về sức khỏe cho người tiêu thụ thực phẩm. Đối với cá, Pb và Cd có tác động xấu đến sự phát triển, hoạt động chuyển hóa trong gan, thận, cơ và các mô khác. Sự phân bố và tích tụ Pb, Cd giữa các bộ phận của cơ thể khác nhau (mang, đường ruột, gan, thận hay thịt) tùy thuộc vào nguồn ô nhiễm (thức ăn hoặc nước). Mặc dù, đã có nhiều nghiên cứu ghi nhận việc tích tụ Pb và Cd gây bất lợi cho sức khỏe cá, tuy nhiên, các tác động cụ thể của Pb và Cd đối với nhiều chức năng sinh lý vẫn chưa được tìm hiểu và nghiên cứu đầy đủ.

Cá đóng vai trò là chỉ thị sinh học quý giá để theo dõi hệ sinh thái thủy sinh nhờ khả năng chuyển hóa, giải độc và tích tụ kim loại nặng nhanh chóng

trong cơ thể, chúng cũng rất nhạy cảm với những thay đổi nhỏ của môi trường, thêm vào đó cá lại là nguồn thức ăn quan trọng đặc biệt là đối với người dân Việt Nam. Do đó việc đánh giá tác động của kim loại nặng nói chung và Pb và Cd nói riêng lên cá là việc làm rất quan trọng. Ngoài ra, kết quả về sự tích tụ sinh học của Pb và Cd trong các mô khác nhau của cơ thể cá có thể được sử dụng làm chỉ số hiệu quả để đánh giá ô nhiễm Pb và Cd trong nước. Sự thay đổi môi trường sống (ô nhiễm, thay đổi nhiệt độ, ...) sẽ làm gia tăng căng thẳng ở cá, khi bị căng thẳng ở vùng hạ đồi sẽ giải phóng ra những hormone kích thích các tế bào sản xuất cortisol. Khi hàm lượng cortisol tăng cơ thể cá cần sử dụng một lượng glucose nhiều hơn bình thường để đáp ứng những thay đổi này, điều đó dẫn đến việc glycogen ở gan sẽ được huy động và phân giải gây nên thay đổi hàm lượng glycogen ở gan. Mặt khác, khi hàm lượng glucose và glycogen bị rối loạn sẽ gây ảnh hưởng lên hormone insulin ở tuyến tụy. Do đó, việc xác định hàm lượng cortisol trong huyết tương, insulin trong máu và glycogen ở gan được xem như một công cụ quan trọng để đánh giá tác động sinh lý của ô nhiễm môi trường đến sức khỏe của cá. Bên cạnh đó các nghiên cứu về quá trình đào thải Pb và Cd rất quan trọng đối với việc bảo vệ sức khỏe, cho phép xác định khả năng tự làm sạch của cá cũng như các loài thủy sinh khi bị ô nhiễm kim loại.

Cá rô đồng (*Anabas testudineus*) là loài cá vừa có giá trị dinh dưỡng, vừa có giá trị kinh tế cao đối với ngành nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam. Tuy nhiên, do chúng thường được nuôi trong ruộng lúa, ao hồ nước đọng (là những nơi dễ bị ô nhiễm kim loại nặng từ phân bón, thuốc trừ sâu, nước thải công nghiệp hay từ quá trình khai thác khoáng sản trong khu vực) nên chúng rất dễ hấp thu kim loại nặng. Mặc dù, cá rô đồng rất quan trọng ở Việt Nam, nhưng những thông tin về tác động của kim loại nặng nói chung và của Pb, Cd nói riêng, đặc biệt các thông tin về sự tích tụ, đào thải và căng thẳng sinh lý lại tương đối ít. Vì vậy, đề tài “**Nghiên cứu quá trình tích lũy, đào thải và ảnh hưởng của Chì (Pb), Cadimi (Cd) đến lượng glycogen, insulin, cortisol trong cá rô đồng (*Anabas testudineus*)**” nhằm mục đích giải quyết các vấn đề sau:

- Tìm ra ngưỡng độc cấp tính ( $LC_{50}$  trong 96 giờ) của từng kim loại Pb và Cd đối với cá rô đồng.
- Tìm ra tác động độc hại của Pb và Cd đến sự thay đổi hàm lượng cortisol trong huyết tương, insulin trong máu và glycogen trong gan, đây là

những dấu hiệu sinh học quan trọng để đánh giá mức độ căng thẳng sinh lý khi cá phải sống trong môi trường ô nhiễm kim loại nặng.

- Tìm ra quy luật tích tụ Pb và Cd trong các mô (mang, gan, và thịt) của cá rô đồng. Ngoài ra, khả năng tự làm sạch của cá rô đồng đã phơi nhiễm Pb và Cd cũng được theo dõi dựa trên tỷ lệ đào thải của các kim loại này nhằm cung cấp thông tin cho các hoạt động nuôi cá, đảm bảo nguồn thực phẩm an toàn và giảm thiểu rủi ro cho sức khỏe của con người.

### ***Nội dung nghiên cứu của luận án:***

1. Nghiên cứu độc cấp tính trong 96 giờ (LC<sub>50</sub> 96 giờ) của Pb và Cd đối với cá rô đồng (*Anabas testudineus*).

2. Nghiên cứu độc tính bán trường diễn của Pb, Cd đối với quá trình tích lũy và đào thải Pb, Cd ở mang, gan và thịt của cá rô đồng;

3. Tác động độc tính bán trường diễn của Pb, Cd đến sự thay đổi hàm lượng cortisol trong huyết tương, insulin trong máu và glycogen ở gan của cá rô đồng.

***Ý nghĩa khoa học:*** Kết quả nghiên cứu của luận án sẽ thiết lập một nền tảng cho các nghiên cứu về sinh thái và độc chất môi trường bao gồm tác động của chất ô nhiễm lên cá rô đồng và việc sử dụng các dấu ấn sinh học để đánh giá tác động tiềm ẩn của các chất ô nhiễm đối với sức khỏe con người.

***Ý nghĩa thực tiễn:*** Kết quả nghiên cứu của luận án có thể cung cấp cơ sở khoa học cho nhà quản lý trong việc định hướng sử dụng chuỗi thực phẩm theo hướng an toàn, đồng thời sử dụng các dấu hiệu sinh học như một công cụ hữu ích để giám sát ô nhiễm môi trường và cảnh báo những nguy cơ lan truyền kim loại nặng lên chuỗi thực phẩm.

### ***Đóng góp mới***

- Đã tìm được ngưỡng độc cấp tính của Pb và Cd đối với cá rô đồng, LC<sub>50</sub> 96 giờ của Pb là 120 mg/L và Cd là 38 mg/L.

- Đã tìm được quy luật tích lũy Pb và Cd đối với cá rô đồng sau 28 ngày phơi nhiễm, trong đó, thứ tự tích lũy Pb là Mang >> Gan > Thịt và thứ tự tích lũy Cd là Gan >> Mang > Thịt.

- Đã tìm được quy luật đào thải Pb và đối với cá rô đồng sau 14 ngày sống trong nước sạch, trong đó, thứ tự đào thải Pb là Mang > Gan > Thịt và thứ tự đào thải Cd là Gan >> Mang > Thịt.

- Thông qua các biểu hiện rối loạn sản xuất cortisol, insulin và phân hủy glycogen gan đã tìm ra tác động của Pb và Cd đến hoạt động của trục hạ đồi – tuyến yên – tuyến liên thận (trục HPI), tuyến tụy và chức năng gan của cá rô đồng phơi nhiễm Pb và Cd.

## **Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU**

### **1.1. KHOA HỌC VỀ ĐỘC CHẤT MÔI TRƯỜNG**

#### **1.1.1. Phân loại thử nghiệm độc tính**

Thử nghiệm độc tính rất đa dạng bao gồm các thử nghiệm độc tính cấp tính (acute), bán trường diễn (subchronic), trường diễn (chronic). Mục đích của thử nghiệm độc tính là để xác định các tác động có hại tiềm ẩn của một hóa chất hoặc sản phẩm đối với các chức năng sinh học trong cơ thể sinh vật, bao gồm các tác động gây chết và dưới mức gây chết.

Thử nghiệm độc tính cấp tính: Thời gian tiếp xúc ngắn, thường kéo dài từ 24 đến 96 giờ, chủ yếu tập trung vào các tác động tức thời và nghiêm trọng như tử vong (được đo bằng liều gây chết 50% ký hiệu: LD<sub>50</sub>).

Thử nghiệm độc tính bán trường diễn: Tiếp xúc lặp đi lặp lại trong thời gian vừa phải, thường là từ 28 đến 90 ngày, nhằm xác định các tác động độc hại tiềm ẩn có thể không rõ ràng trong các xét nghiệm cấp tính nhưng đáng kể khi tiếp xúc nhiều lần.

Thử nghiệm độc tính trường diễn: Tập trung vào việc tiếp xúc kéo dài, thường kéo dài 12 tháng trở lên.

#### **1.1.2. Đường đi của chất độc trong cá sau khi xâm nhập**

Sau khi xâm nhập vào cơ thể, độc tố trong cá đi theo một con đường bao gồm phân phối, chuyển hóa sinh học và đào thải, với sự tích tụ đáng kể trong các mô và cơ quan cụ thể. Sự thành công của quá trình giải độc phụ thuộc vào khả năng chuyển hóa và bài tiết độc tố hiệu quả của cá.

a. Vận chuyển, phân phối và tích tụ: Qua hệ thống máu và bạch huyết, các độc tố được vận chuyển khắp cơ thể đến các cơ quan khác nhau như gan, thận và cơ.

b. Giải độc và đào thải: Ở cá, giải độc và đào thải là những quá trình quan trọng liên quan đến nhiều cơ quan hoạt động cùng nhau để loại bỏ các độc tố và chất thải.

- Gan của cá là cơ quan giải độc chính. Cơ chế giải độc ở gan chủ yếu liên quan đến chuyển hóa sinh học. Trong quá trình chuyển hóa sinh học

một số độc tố có thể được chuyển đổi thành các chất trung gian ít độc hại hơn, hòa tan trong nước hơn và có thể dễ dàng bài tiết hơn.

- Cá có thể đào thải các độc tố đã chuyển hóa thông qua mang hoặc thận. Tuy nhiên, hiệu quả đào thải qua mang hoặc thận có thể khác nhau tùy thuộc vào tính chất của độc tố và loài cá.

## 1.2. TỔNG QUAN VỀ KIM LOẠI NẶNG (CHÌ, CADIMI)

### 1.2.1. Chì (Pb)

Chì là kim loại thuộc nhóm IVB của bảng tuần hoàn, rất nặng, mềm, dễ uốn và có màu xám xanh, là một thành phần tự nhiên của lớp vỏ trái đất và thường được tìm thấy ở dạng vết. Chì tự nhiên trong nước mặt được ước tính là 0,02 µg/L và hiếm khi vượt quá vài µg/L. Tác động độc hại của Pb đối với sinh vật là rất đa dạng:

- Biến đổi mô học bao gồm dấu hiệu hoại tử tế bào nhu mô, xẹp mạch máu, xơ hóa dây gan và mô liên kết, mất khả năng tăng trưởng và trọng lượng cơ thể.

- Gây tổn thương hệ thần kinh trung ương, hệ thần kinh ngoại biên, hệ thống tạo máu, hệ thống tim mạch và các cơ quan như gan, thận

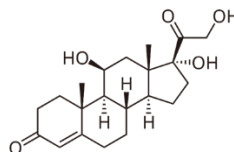
### 1.2.2. Cadimi (Cd)

Cadmium là một nguyên tố độc sinh học và không thiết yếu, thuộc nhóm IIB của bảng tuần hoàn, mềm, khối lượng nguyên tử là 112. Tác động độc hại của Cd đối với cá có thể xuất hiện theo nhiều cách khác nhau bao gồm sự phát triển phôi cá, điều hòa cân bằng ion, chuyển hóa năng lượng, tăng trưởng, phản ứng với căng thẳng và khả năng miễn dịch. Bên cạnh đó Cd đã gây rối loạn chức năng của một số cơ quan quan trọng (mang, gan và thận), ảnh hưởng đến sinh lý và cản trở sự phát triển của cá và làm thay đổi các chỉ số huyết học. Tích tụ Cd trong cơ (thịt) thấp hơn nhiều so với các bộ phận khác.

## 1.3. THÀNH PHẦN SINH HÓA

### 1.3.1. Hormone cortisol

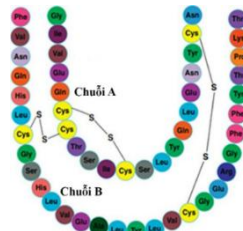
Cortisol là một loại hormone steroid đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh quá trình trao đổi chất, bao gồm phản ứng căng thẳng. Công thức phân tử của cortisol là  $C_{21}H_{30}O_5$ , phân tử lượng 362,465.



Ba giai đoạn phản ứng căng thẳng sinh lý ở cá bao gồm thành *phản ứng chính*: giải phóng nhanh các hormone căng thẳng; *phản ứng thứ cấp*: tác động sinh hóa và sinh lý khác nhau như những thay đổi về chuyển hóa, về các đặc điểm huyết học, về tế bào, về điều hòa phản ứng miễn dịch, rồi loạn điều hòa thẩm thấu và *phản ứng bậc ba*: thay đổi về đặc điểm hiệu suất của toàn bộ động vật nó là kết quả của mức cortisol tăng cao kéo dài không trở lại bình thường do cơ chế phản hồi tiêu cực cạn kiệt.

### 1.3.2. Hormone insulin

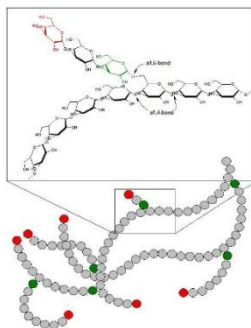
Insulin là một loại hormone peptide do tế bào  $\beta$  của đảo tụy Langerhans sản xuất bao gồm gồm hai chuỗi peptide, chuỗi A (21 axit amin) và chuỗi B (30 axit amin). Hai chuỗi này liên kết với nhau bằng hai liên kết disulfide, với một liên kết disulfide bổ sung nằm trong chuỗi A.



Insulin điều chỉnh nguồn cung cấp năng lượng tế bào và cân bằng chất dinh dưỡng đa lượng rất cần thiết cho quá trình vận chuyển glucose nội bào vào các mô. Tiếp xúc với các chất ô nhiễm có thể gây biến đổi chuyển hóa, làm gián đoạn quá trình sản xuất insulin và cản trở quá trình vận chuyển glucose ở cá.

### 1.3.3. Glycogen

Glycogen là một polymer phân nhánh của glucose, các gốc glucose được liên kết tuyến tính bởi các liên kết glycosidic ( $1 \rightarrow 4$ )- $\alpha$  và cứ khoảng mười gốc này thì có một chuỗi các gốc glucose phân nhánh qua các liên kết glycosidic ( $1 \rightarrow 6$ )- $\alpha$  – được gọi là hạt  $\beta$ . Các liên kết glycosidic này tạo ra cấu trúc polymer xoắn ốc có đường kính trung bình khoảng 20 nm với protein glycogenin nằm ở lõi của mỗi hạt glycogen và tham gia vào quá trình tổng hợp glycogen. Glycogen là nguồn năng lượng quan trọng sẵn có được dự trữ chủ yếu ở gan và cơ của cá. Cá huy động glycogen gan trong thời gian căng thẳng.



## 1.4. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CÁ RÔ ĐỒNG (*Anabas testudineus*)

Cá rô đồng tên tiếng Anh là climbing perch và tên khoa học là *Anabas testudineus*.

Cá rô đồng là loài cá nước ngọt lưỡng cư thuộc họ Anabantidae của bộ Perciformes, phân bố khắp Châu Á. Nó có thân thon dài, phần sau của thân dẹp ngang, phần đầu và



phía trước thân thì rộng và dẹt dần về phía sau. Cá rô đồng có thể chịu được điều kiện nước khó khăn (nước bị ô nhiễm và thiếu oxy), vì có cơ quan hô hấp không khí phụ trợ gọi là mang phụ. Do đặc tính ăn tạp và khả năng thích nghi tốt trong môi trường nước kém chất lượng, thiếu oxy và chứa nhiều chất độc hại, cá rô đồng có nguy cơ cao tích tụ các chất ô nhiễm trong cơ thể. Cá rô đồng là một trong những loại cá có tầm quan trọng về mặt thương mại ở Việt Nam và các nước Đông Nam Á khác.

## Chương 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM

#### 2.2.1. Thí nghiệm độc cấp tính ( $LC_{50}$ trong 96 giờ) của Pb và Cd

- Thí nghiệm được thực hiện với chế độ nước tĩnh và không thay nước trong vòng 96 giờ và được sục không khí để đảm bảo lượng oxy hòa tan cần thiết cho cá.

- Nước đối chứng là nước sạch được chứa trong bể để giảm nồng độ clo, hàm lượng các ion  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  (được phân tích theo TCVN 13092:2020) trong nước đối chứng lần lượt là 0,01 mg/L và 0,005 mg/L (hàm lượng này trong giới hạn cho phép của Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08-MT:2015/BTNMT) và không đưa thêm muối Pb, Cd.

- Nước ô nhiễm là nước sạch được thêm vào các kim loại Pb, Cd dưới dạng muối  $Pb(CH_3COO)_2$  và  $CdCl_2$ .

+ Nồng độ  $Pb^{2+}$ : 30; 75; 90; 100; 150; 175 và 200 mg/L;

+ Nồng độ  $Cd^{2+}$ : 3; 5; 10; 20; 30; 40; 50 và 75 mg/L.

- Mỗi nồng độ được nuôi lặp lại 4 lần.

- Khoảng 60 cá thể cá được lựa chọn ngẫu nhiên nuôi trong 4 bể cho mỗi nồng độ  $Pb^{2+}$  hay  $Cd^{2+}$ , mỗi bể nuôi 15 cá. Giai đoạn này không cho cá ăn, cá chết được vớt ra để tránh ảnh hưởng đến chất lượng nước thí nghiệm do xác chết thối rữa. Theo dõi số lượng cá chết trong 24, 48, 72 và 96 giờ.

### 2.2.2. Thí nghiệm độc tính bán trường diễn của Pb và Cd

#### a. Điều kiện nuôi cá giai đoạn phơi nhiễm $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$

- Cá được nuôi trong các bể PP được đặt trong phòng ổn định nhiệt ( $30 \pm 1^\circ C$ ), chiếu sáng 10 giờ/ngày.

- Nước đối chứng là nước sạch được chứa trong bể để giảm nồng độ clo, hàm lượng các ion  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  (được phân tích theo TCVN 13092:2020) trong nước đối chứng lần lượt là 0,01 mg/L và 0,005 mg/L (hàm lượng này trong giới hạn cho phép của Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08-MT:2015/BTNMT) và không đưa thêm muối Pb, Cd.

- Nước ô nhiễm là nước sạch được thêm các ion kim loại  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  dưới dạng muối  $Pb(CH_3COO)_2$  và  $CdCl_2$ .

+ Nồng độ  $Pb^{2+}$ : 20; 30 và 40 mg/L.

+ Nồng độ  $Cd^{2+}$ : 3; 5 và 10 mg/L.

- Độ lặp lại của các thí nghiệm là 03 lần ( $n = 3$ ).

- Cá thí nghiệm có chiều dài  $9,0 \pm 0,5$  cm, cân nặng  $13,0 \pm 1,5$  g, với số lượng 25 cá thể cá/bể và được sục không khí để đảm bảo lượng oxy hòa tan cho sự sống của cá. Cá được cho ăn bằng thức ăn hỗn hợp dạng viên. Lượng thức ăn cho mỗi lần ăn của cá ước tính 4 % tổng trọng lượng và được nuôi làm quen với môi trường trong vòng 12 ngày trước khi gây nhiễm  $Pb^{2+}$  hay  $Cd^{2+}$ . Đối với cá đối chứng cũng được nuôi cùng điều kiện nhưng không gây nhiễm kim loại nặng.

- Nước được thay định kỳ 02 ngày/lần, sau mỗi lần thay nước, nồng độ Pb và Cd sẽ được phân tích nhằm đảm bảo không có sự khác biệt với nồng độ Pb và Cd ban đầu.

#### b. Điều kiện nuôi cá giai đoạn thôi nhiễm $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$

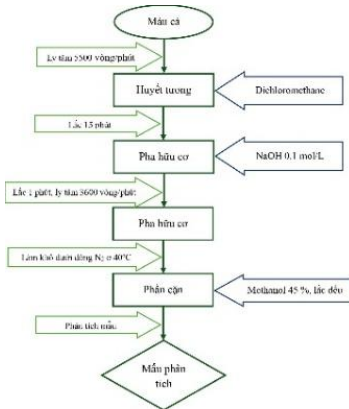
Cá sau khi nuôi phơi nhiễm được tiếp tục nuôi trong các bể PP bằng nước sạch. Điều kiện nuôi giống như cá nuôi trong giai đoạn phơi nhiễm (thay nước sạch 02 ngày/lần).

#### c. Lấy mẫu phân tích

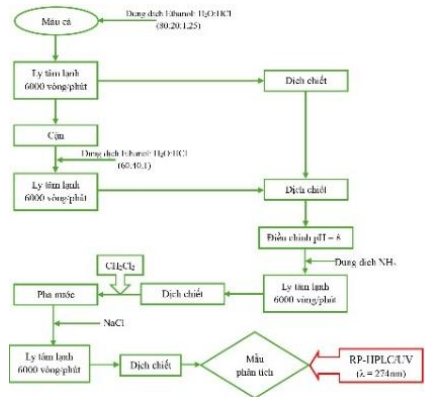
Mẫu được lấy vào lúc 8:00-9:00 sáng của các ngày thứ 7, 14, 21 và 28 kể từ khi cá bắt đầu sống trong nước ô nhiễm  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  để nghiên cứu sự tích lũy và ảnh hưởng của các kim loại này đến sự thay đổi cortisol, insulin, glycogen. Mẫu cũng được lấy vào lúc 8:00-9:00 sáng của ngày thứ 14 kể từ khi cá ô nhiễm được sống trong nước sạch để nghiên cứu sự đào thải.

## 2.2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH HÓA HỌC

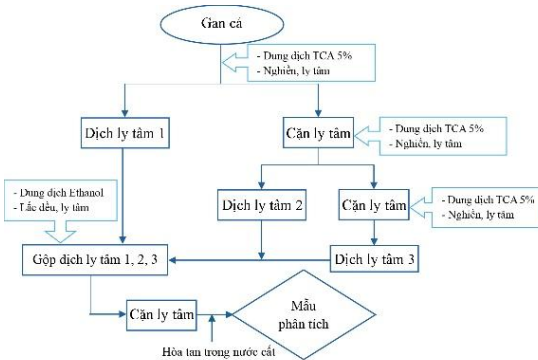
Các quy trình phân tích cortisol, insulin, glycogen và tổng hàm lượng Cd, Pb trong cá



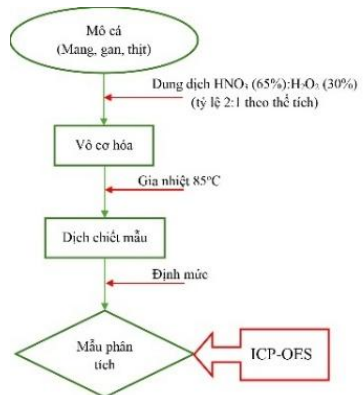
Quy trình xử lý mẫu máu để phân tích cortisol



Quy trình xử lý mẫu máu để phân tích insulin



Quy trình xử lý mẫu gan để phân tích glycogen



Quy trình xử lý mẫu để phân tích tổng hàm lượng Cd và Pb trên thiết bị ICP-OES

## Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. THẨM ĐỊNH CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Để đảm bảo kết quả phân tích chính xác và đáng tin cậy, thẩm định phương pháp phân tích là một bước quan trọng. Một phương pháp phân tích được xác nhận là phù hợp với mục đích dự định, nghĩa là phương pháp này luôn tạo ra kết quả đáng tin cậy.

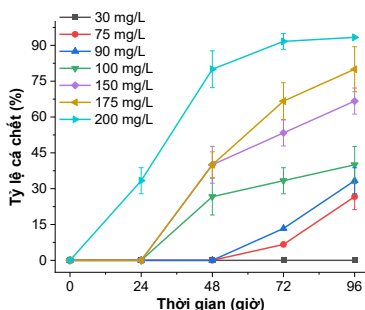
Kết quả cho thấy độ chụm, hiệu suất thu hồi của các phương pháp phân tích Cd, Pb, cortisol, insulin và glycogen đều ở trong khoảng chấp nhận theo AOAC. Tóm tắt các thông số thẩm định các phương pháp phân tích được trình bày trong Bảng 3.1.

**Bảng 3.1. Các thông số của phương pháp phân tích**

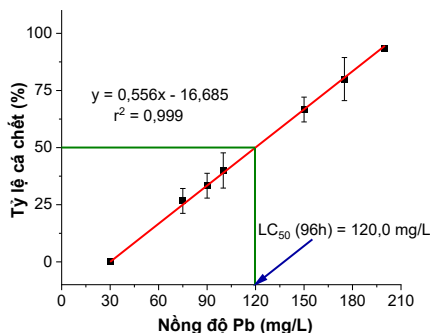
| TT | Thông số                     | Kết quả                        |                               |                                |                                  |                                  |
|----|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|    |                              | Phương pháp phân tích cortisol | Phương pháp phân tích insulin | Phương pháp phân tích glycogen | Phương pháp phân tích Cd tổng số | Phương pháp phân tích Pb tổng số |
| 1  | Thời gian lưu                | 7,442 phút                     | 5,188 phút                    | -                              | -                                | -                                |
| 2  | Phương trình đường chuẩn     | $y = 0,05547x + 0,05246$       | $y = 0,01017x - 0,03315$      | $y = 0,00781x$                 | $y = 1864,9x + 44,7$             | $y = 644,6x - 1388$              |
| 3  | Hệ số tương quan ( $r^2$ )   | 0,99989                        | 0,99975                       | 0,99836                        | 0,9999                           | 0,9998                           |
| 4  | LOD                          | 0,87 ng/mL                     | 0,011 ng/mL                   | 1,187 mg/L                     | 0,52 µg/L                        | 1,20 µg/L                        |
| 5  | LOQ                          | 2,65 ng/mL                     | 0,032 ng/mL                   | 3,598 mg/L                     | 1,73 µg/L                        | 3,90 µg/L                        |
| 6  | Độ chụm trong ngày (%RSD)    | 0,91 – 1,70 %                  | 1,93 – 4,20%                  | 2,82 – 5,06 %                  | -                                | -                                |
| 7  | Độ chụm giữa các ngày (%RSD) | 1,08 – 1,74 %                  | 1,57 – 4,17 %                 | 1,89 – 4,05 %                  | -                                | -                                |
| 8  | Độ đúng trong ngày (%RSD)    | 95,13 – 98,43 %                | 95,97 – 99,18 %               | 96,88 – 99,02 %                | -                                | -                                |
| 9  | Độ đúng giữa các ngày (%RSD) | 94,64 – 95,55 %                | 96,67 – 97,76 %               | 95,39 – 96,67 %                | -                                | -                                |
| 10 | Hiệu suất thu hồi            | 97,90 %                        | 98,15 %                       | 93,70 %                        | 94,40 %                          | 92,20 %                          |

### 3.2. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHÌ (Pb) ĐẾN CÁ RÔ ĐỒNG

#### 3.2.1. Nghiên cứu ngưỡng độc cấp tính của $Pb^{2+}$



**Hình 3.7.** Tỷ lệ chết của cá rô đồng sau 96 giờ tiếp xúc với  $Pb^{2+}$



**Hình 3.8.** Ngưỡng độc cấp tính của  $Pb^{2+}$  ( $LC_{50}$  96 giờ) đối với cá rô đồng

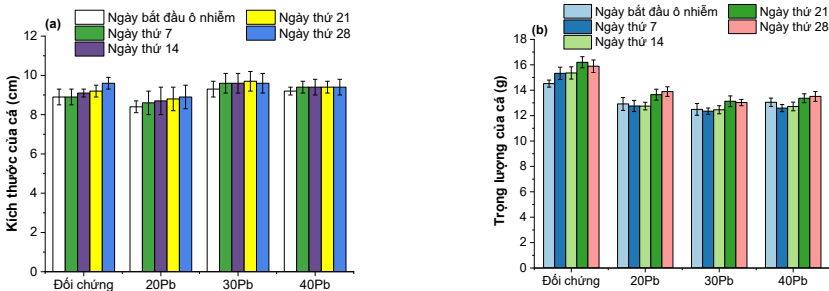
Kết quả thí nghiệm cho thấy cá phơi nhiễm bắt đầu chết ở nồng độ phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  75 – 90 mg/L sau 72 giờ tiếp xúc, với nồng độ 100 – 175 mg/L cá bắt đầu chết sau 48 giờ tiếp xúc và nồng độ 200 mg/L thì sau 24 giờ tiếp xúc cá bắt đầu chết. Không có cá chết ở nồng độ  $Pb^{2+}$  30 mg/L và cá đối chứng. Từ đó xây dựng được phương trình tuyến tính tương quan giữa nồng độ  $Pb^{2+}$  trong nước và tỷ lệ cá thí nghiệm chết là  $y = 0,556x - 16,685$  với hệ số tương quan  $r^2 = 0,999$ . Ngưỡng độc cấp tính của  $Pb^{2+}$  ( $LC_{50}$  trong 96 giờ) đối với cá rô đồng tìm được là 120 mg/L.

### 3.2.2. Nghiên cứu độc tính bán trường diễn của $Pb^{2+}$ đối với cá rô đồng

Để nghiên cứu độc bán mạn tính của  $Pb^{2+}$  đối với cá rô đồng, nồng độ  $Pb^{2+}$  ô nhiễm được chọn bằng  $1/6$ ,  $1/4$ ,  $1/3$  giá trị  $LC_{50}$  96 giờ tương ứng với nồng độ  $Pb^{2+}$  20, 30 và 40 mg/L và ký hiệu lần lượt là 20Pb, 30Pb và 40Pb.

### 3.2.2.1. Cá rô đồng phơi nhiễm $Pb^{2+}$

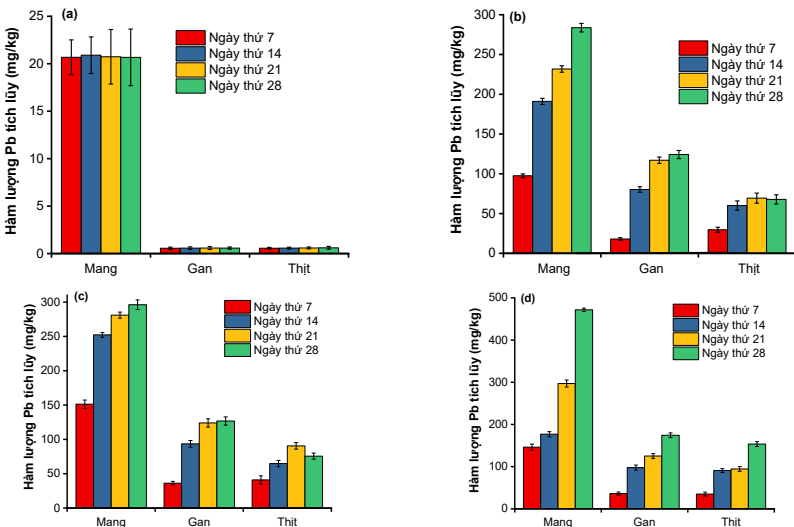
a. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Pb^{2+}$  lên sự tăng trưởng và phát triển của cá rô đồng



**Hình 3.9.** Ảnh hưởng của  $Pb^{2+}$  đến sự thay đổi (a) kích thước và (b) trọng lượng của cá rô đồng

$Pb^{2+}$  ảnh hưởng đến sự phát triển chiều dài của cá rô đồng tương đối rõ. So với ban đầu, kích thước cá ô nhiễm  $Pb^{2+}$  sau 28 ngày, tăng từ 2,5 % đến 6,0 % đối với nhóm cá phơi nhiễm (Hình 3.9a). Tương tự như kích thước, trọng lượng của nhóm cá phơi nhiễm tăng ít chỉ từ 3,52 % đến 7,51 % (Hình 3.9b) có thể là do cá mệt mỏi, biếng ăn dẫn đến phát triển kém.

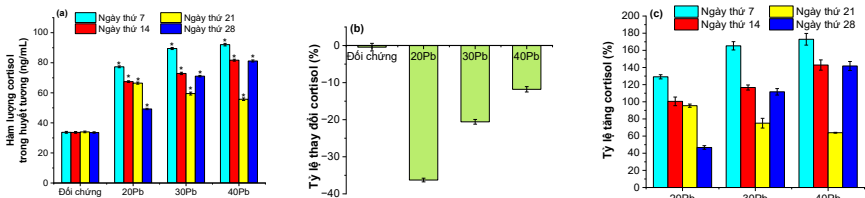
b. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Pb^{2+}$  đến quy luật tích lũy  $Pb^{2+}$  trong cá rô đồng



**Hình 3.11.** Sự phân bố và tích lũy  $Pb^{2+}$  tại mang, gan và thịt cá đối chứng (a) và cá phơi nhiễm 20Pb (b), 30Pb (c) và 40Pb (d)

Kết quả trên Hình 3.11 cho thấy, thứ tự về sự phân bố và tích lũy  $Pb^{2+}$  ở mang, gan và thịt cá theo thứ tự như sau: Mang >> Gan > Thịt. Có thể giải thích là do mang là bộ phận tiếp xúc trực tiếp với môi trường nước và bề mặt của mang cá mang điện tích âm nên chúng luôn là mục tiêu đầu tiên của các cation kim loại nên việc tích lũy nhiều kim loại nặng hơn so với các bộ phận khác trong cơ thể. Bên cạnh đó mang cá là một cơ quan đa chức năng, ngoài việc cung cấp trao đổi khí dưới nước, còn đóng vai trò chủ đạo trong điều hòa thẩm thấu và ion, điều hòa axit-bazơ và bài tiết chất thải nitơ.

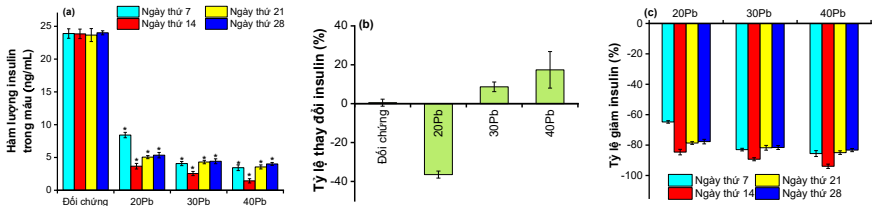
*c. Tác động độc tính bán trường diễn của Pb đến sự thay đổi cortisol trong huyết tương cá rô đồng*



**Hình 3.16.** (a) Sự thay đổi nồng độ cortisol trong huyết tương cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ giảm cortisol trong huyết tương cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  và (c) Tỷ lệ tăng cortisol trong huyết tương của cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ ); \*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về nồng độ cortisol trong máu cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Pb^{2+}$

Kết quả phân tích thống kê cho thấy lượng cortisol trong huyết tương cá rô đồng nhiễm  $Pb^{2+}$  cao hơn đáng kể ( $p < 0,05$ ) so với cá đối chứng (Hình 3.16). Các kết quả này cho thấy, tiếp xúc lâu dài với  $Pb^{2+}$  ở nồng độ cao gây ra phản ứng căng thẳng, ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của trục HPI, dẫn đến rối loạn sản xuất cortisol. Những phát hiện này khẳng định  $Pb^{2+}$  là tác nhân hóa học gây căng thẳng đối với cá rô đồng.

*d. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Pb^{2+}$  đến sự thay đổi insulin trong máu cá rô đồng*

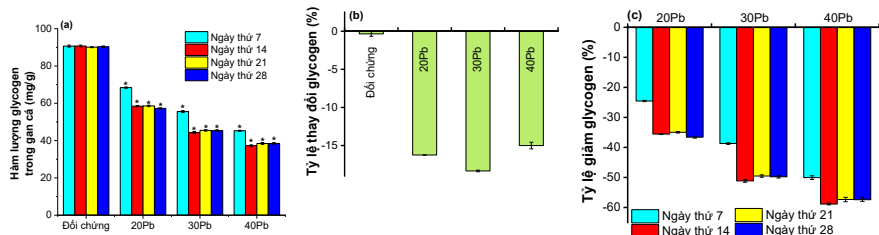


**Hình 3.17.** (a) Sự thay đổi nồng độ insulin trong máu cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ thay đổi insulin trong máu cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  và (c) Tỷ lệ giảm insulin trong máu của cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ );

\*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về lượng insulin trong máu cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Pb^{2+}$

Hình 3.17 cho thấy tác động của  $Pb^{2+}$  lên hoạt động sản xuất insulin trong cá rô đồng phụ thuộc vào nồng độ. Đáng chú ý, cá phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  ở nồng độ cao thì mức insulin trong máu thấp hơn, có thể do chứng chán ăn của cá phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  nồng độ cao dẫn đến giảm khả năng sản xuất insulin. Kết quả về sự thay đổi insulin trong máu cá rô đồng cho thấy khi tiếp xúc lâu dài với  $Pb^{2+}$  ở nồng độ cao sẽ gây ra phản ứng căng thẳng, ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của tuyến tụy, dẫn đến rối loạn sản xuất insulin.

*e. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Pb^{2+}$  đến sự thay đổi glycogen trong gan cá rô đồng*



**Hình 3.18.** (a) Sự thay đổi hàm lượng glycogen trong gan cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ giảm glycogen trong gan cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  và (c) Tỷ lệ giảm glycogen trong gan của cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ );

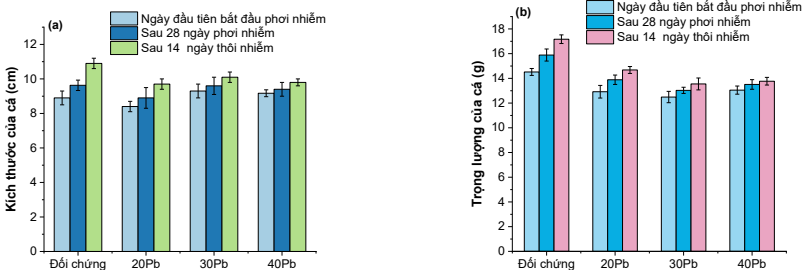
\*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về lượng glycogen trong gan cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Pb^{2+}$

Hình 3.18 cho thấy hàm lượng glycogen trong gan cá rô đồng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  giảm đáng kể so với cá đối chứng. Sự giảm hàm lượng glycogen trong gan của cá rô đồng cho thấy sự gia tăng huy động glucose từ dạng dự trữ (glycogen) để đáp ứng nhu cầu năng lượng cao do căng thẳng  $Pb^{2+}$ . Kết quả nghiên cứu này cho thấy, tiếp xúc lâu dài với  $Pb^{2+}$  ở nồng độ

cao gây ra phản ứng căng thẳng, suy yếu chức năng gan, giảm hoạt động của enzyme tiêu hóa và ảnh hưởng đến hiệu quả đồng hóa thức ăn, dẫn đến phân giải glycogen dự trữ ở gan.

### 3.2.2.2. Cá rô đồng phơi nhiễm $Pb^{2+}$

a. Sự thay đổi về trọng lượng và kích thước của cá rô đồng trong quá trình phơi nhiễm (14 ngày)

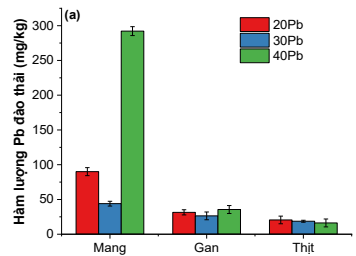


**Hình 3.19.** Sự thay đổi (a) kích thước và (b) trọng lượng của cá rô đồng tại các thời điểm bắt đầu phơi nhiễm  $Pb^{2+}$ , ngày thứ 28 phơi nhiễm và ngày thứ 14 thôi nhiễm

Tác động tiêu cực của  $Pb^{2+}$  đối với cá rô đồng được thể hiện rõ ràng qua tình trạng phục hồi chậm. Cá rô đồng đã từng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  nồng độ càng cao thì tăng trưởng chiều cao và cân nặng càng chậm, kể cả khi được sống trong nước sạch.

b. Sự đào thải  $Pb^{2+}$  ở mang, gan và thịt của cá sau 14 ngày thôi nhiễm

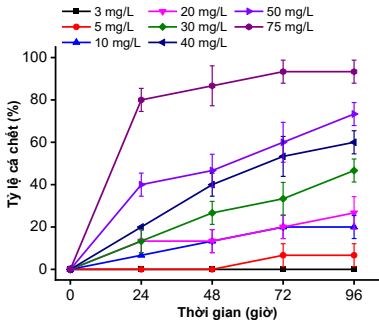
Hàm lượng  $Pb^{2+}$  được đào thải ra khỏi các mô của cá (mang, gan, thịt) được thể hiện trên đồ thị bên. Mặc dù, mức độ loại bỏ  $Pb^{2+}$  ra khỏi mang, gan và thịt cá rô đồng đã từng phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  tương đối đáng kể, tuy nhiên khi kim loại độc hại này tích tụ trong các mô của cá thì rất khó để loại bỏ hoàn toàn ra khỏi cơ thể.



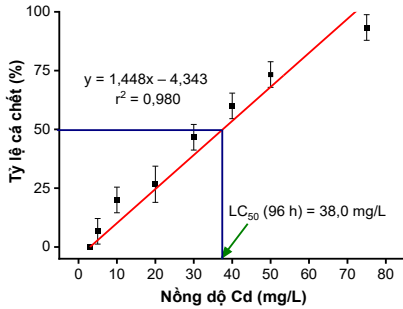
Thứ tự đào thải  $Pb^{2+}$  đối với cá rô đồng là Mang > Gan > Thịt.

## 3.3. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CADIMI ( $Cd^{2+}$ ) ĐẾN CÁ RÔ ĐỒNG

### 3.3.1. Nghiên cứu ngưỡng độc cấp tính của $Cd^{2+}$



**Hình 3.21.** Tỷ lệ chết của cá rô đồng sau 96 giờ tiếp xúc với  $\text{Cd}^{2+}$



**Hình 3.22.** Ngưỡng độc cấp tính của  $\text{Cd}^{2+}$  ( $\text{LC}_{50}$  96 giờ) đối với cá rô đồng

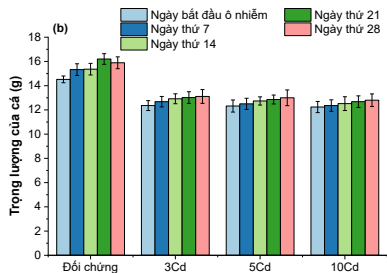
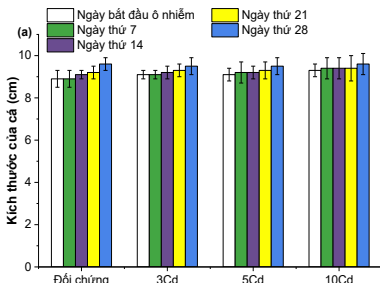
Kết quả thí nghiệm cho thấy cá phơi nhiễm bắt đầu chết ở nồng độ phơi nhiễm  $\text{Cd}^{2+}$  5 mg/L sau 48 giờ tiếp xúc, với nồng độ 10 – 50 mg/L cá bắt đầu chết sau 24 giờ tiếp xúc và nồng độ 75 mg/L thì cá đã chết trong 24 giờ đầu tiên. Không có cá chết ở nồng độ  $\text{Cd}^{2+}$  3 mg/L và cá đối chứng. Từ đó xây dựng được phương trình tuyến tính tương quan giữa nồng độ  $\text{Cd}^{2+}$  trong nước và tỷ lệ cá thí nghiệm chết là  $y = 1,448x - 4,343$  với hệ số tương quan  $r^2 = 0,980$ . Ngưỡng độc cấp tính của  $\text{Cd}^{2+}$  ( $\text{LC}_{50}$  trong 96 giờ) đối với cá rô đồng tìm được là 38 mg/L.

### 3.3.2. Nghiên cứu độc tính bán trường diễn của $\text{Cd}^{2+}$ lên cá rô đồng

Để nghiên cứu độc bán mạn tính của  $\text{Cd}^{2+}$  đối với cá rô đồng, nồng độ  $\text{Cd}^{2+}$  ô nhiễm được chọn bằng  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{8}$  và  $\frac{1}{4}$  giá trị  $\text{LC}_{50}$  96 giờ tương ứng với nồng độ  $\text{Cd}^{2+}$  3, 5 và 10 mg/L và ký hiệu lần lượt là 3Cd, 5Cd và 10Cd.

#### 3.3.2.1. Cá rô đồng phơi nhiễm $\text{Cd}^{2+}$

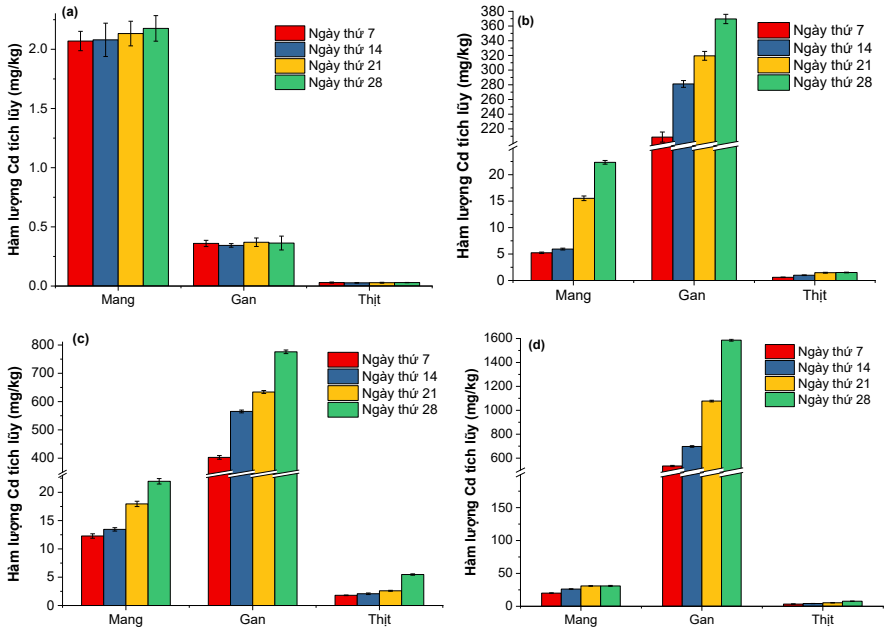
a. Tác động độc tính bán trường diễn của  $\text{Cd}^{2+}$  lên sự tăng trưởng và phát triển của cá rô đồng



**Hình 3.23.** Ảnh hưởng của  $\text{Cd}^{2+}$  đến sự thay đổi (a) kích thước và (b) trọng lượng của cá rô đồng

$Cd^{2+}$  ảnh hưởng lớn đến sự phát triển kích thước của cá rô đồng. So với ban đầu, kích thước cá ô nhiễm  $Cd^{2+}$  sau 28 ngày, tăng từ 3,0 % đến 5,3 % đối với nhóm cá phơi nhiễm (Hình 3.23a). Tương tự như kích thước, trọng lượng của nhóm cá phơi nhiễm tăng ít chỉ từ 5,49 % đến 6,07 % (Hình 3.23b) có thể là do cá mệt mỏi, biếng ăn dẫn đến phát triển kém.

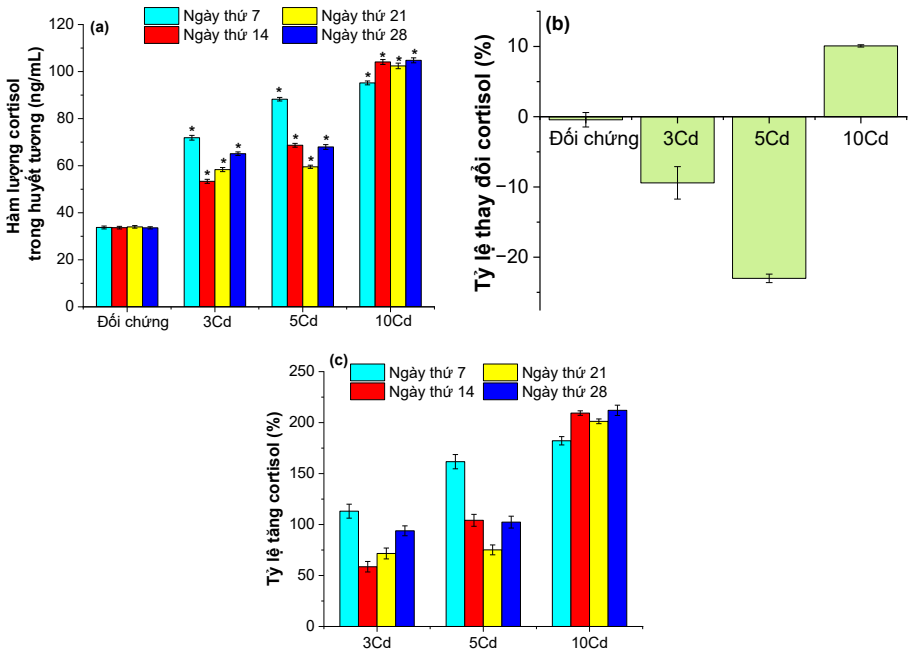
*b. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Cd^{2+}$  đến quy luật tích lũy  $Cd^{2+}$  trong cá rô đồng*



**Hình 3.25.** Sự phân bố và tích lũy  $Cd^{2+}$  tại mang, gan và thịt cá đối chứng (a) và cá phơi nhiễm 3Cd (b), 5Cd (c) và 10Cd (d)

Kết quả trên Hình 3.25 cho thấy, thứ tự về sự phân bố và tích lũy  $Cd^{2+}$  ở mang, gan và thịt cá theo thứ tự như sau: Gan >> Mang > Thịt.  $Cd^{2+}$  vô cơ có xu hướng tích tụ đầu tiên trong gan thông qua cơ chế liên kết liên quan đến các protein giải độc như metallothionein (MTs). Còn tại mang,  $Cd^{2+}$  được hấp thụ theo kiểu khuếch tán thụ động qua các kênh canxi sau đó  $Cd^{2+}$  được chuyển tích cực vào máu, rồi đi qua albumin huyết thanh và đến các cơ quan lưu trữ.

*c. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Cd^{2+}$  đến sự thay đổi cortisol trong huyết tương cá rô đồng*

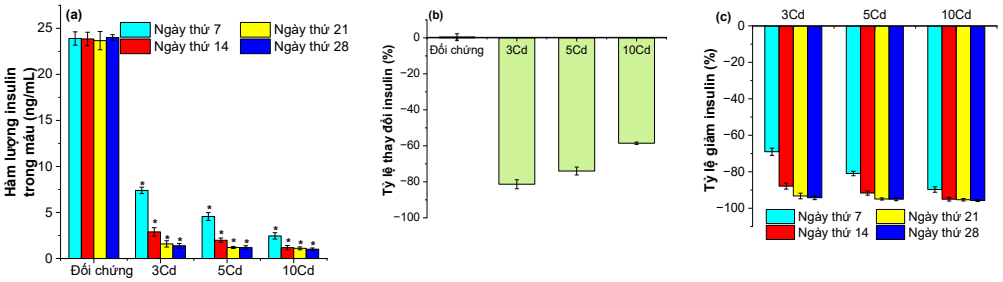


**Hình 3.28.** (a) Sự thay đổi nồng độ cortisol trong huyết tương cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ giảm cortisol trong huyết tương cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  và (c) Tỷ lệ tăng cortisol trong huyết tương của cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ );

\*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về nồng độ cortisol trong máu cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Cd^{2+}$

Kết quả phân tích thống kê cho thấy lượng cortisol trong huyết tương cá rô đồng nhiễm  $Cd^{2+}$  cao hơn đáng kể ( $p < 0,05$ ) so với cá đối chứng (Hình 3.28). Các kết quả này cho thấy tác động tiêu cực của  $Cd^{2+}$  đối với cá rô đồng là gây căng thẳng tăng sinh cortisol và nồng độ  $Cd^{2+}$  trong nước càng cao càng gây tăng sinh cortisol. Phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  lâu dài gây rối loạn tiết cortisol, dẫn đến mức cortisol trong huyết tương cá rô đồng thay đổi bất thường.

*d. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Cd^{2+}$  đến sự thay đổi insulin trong máu cá rô đồng*

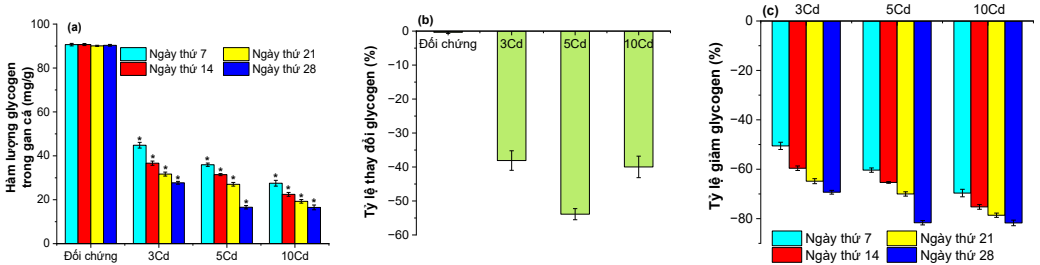


**Hình 3.29.** (a) Sự thay đổi nồng độ insulin trong máu cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ thay đổi insulin trong máu cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  và (c) Tỷ lệ giảm insulin trong máu của cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ );

\*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về lượng insulin trong máu cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Cd^{2+}$

Hình 3.29 cho thấy căng thẳng độc hại do  $Cd^{2+}$  gây ra đối với cá rô đồng là giảm sản xuất insulin và tiếp xúc lâu dài với  $Cd^{2+}$  nồng độ càng cao thì lượng insulin trong máu càng thấp. Kết quả về sự thay đổi insulin trong máu cá rô đồng cho thấy khi tiếp xúc lâu dài với  $Cd^{2+}$  ở nồng độ cao sẽ gây ra phản ứng căng thẳng, ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của tuyến tụy, dẫn đến rối loạn sản xuất insulin.

*e. Tác động độc tính bán trường diễn của  $Cd^{2+}$  đến sự thay đổi glycogen trong gan cá rô đồng*



**Hình 3.30.** (a) Sự thay đổi hàm lượng glycogen trong gan cá rô đồng đối chứng và cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$ ; (b) Tỷ lệ giảm glycogen trong gan cá rô đồng giữa ngày thứ 28 so với ngày thứ 7 kể từ lúc bắt đầu phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  và (c) Tỷ lệ giảm glycogen trong gan của cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  so với cá đối chứng (Giá trị chính  $\pm$  SD,  $n = 3$ );

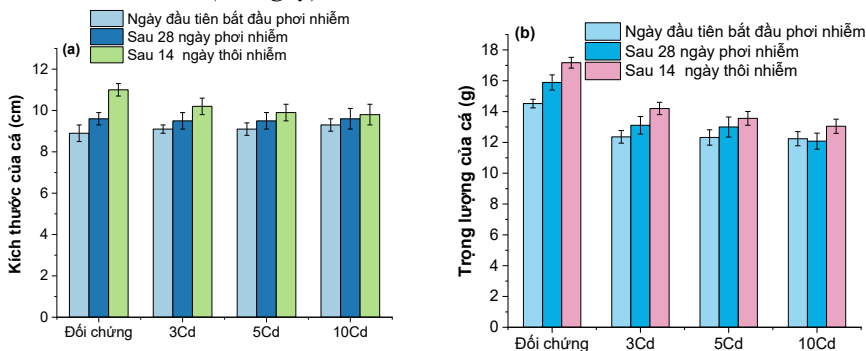
\*Sự khác biệt đáng kể ( $p < 0,05$ ) về lượng glycogen trong gan cá đối chứng và cá phơi nhiễm  $Cd^{2+}$

Hình 3.30 cho thấy hàm lượng glycogen trong gan cá rô đồng phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  giảm đáng kể so với cá đối chứng. Cá rô đồng tiếp xúc lâu dài với  $Cd^{2+}$  nồng độ càng cao thì lượng glycogen trong gan càng thấp. Sự giảm hàm lượng glycogen trong gan cá phơi nhiễm  $Cd^{2+}$  cho thấy cơ thể đang huy

động dự trữ glycogen để đáp ứng nhu cầu năng lượng tăng lên do căng thẳng. Kết quả nghiên cứu này cho thấy căng thẳng do tiếp xúc với  $\text{Cd}^{2+}$  dẫn đến rối loạn chuyển hóa, đòi hỏi cơ thể phải sử dụng glycogen (glucose dự trữ) để tạo năng lượng.

### 3.3.2.2. Cá rô đồng phơi nhiễm $\text{Cd}^{2+}$

a. Sự thay đổi về trọng lượng và kích thước của cá rô đồng trong quá trình phơi nhiễm (14 ngày)

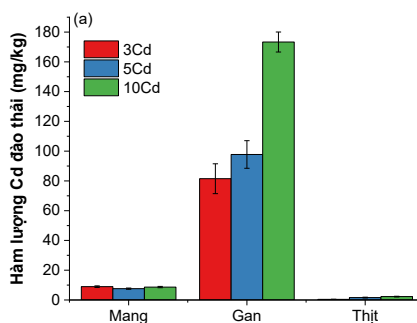


**Hình 3.31.** Sự thay đổi (a) kích thước và (b) trọng lượng của cá rô đồng tại các thời điểm bắt đầu phơi nhiễm  $\text{Cd}^{2+}$ , ngày thứ 28 phơi nhiễm và ngày thứ 14 thôi nhiễm

Tác động tiêu cực của  $\text{Cd}^{2+}$  đối với cá rô đồng được thể hiện rõ ràng qua tình trạng phục hồi chậm. Cá rô đồng đã từng phơi nhiễm  $\text{Cd}^{2+}$  nồng độ càng cao thì sự tăng trưởng kích thước và trọng lượng càng chậm, kể cả khi được sống trong nước sạch.

b. Sự đào thải  $\text{Cd}^{2+}$  ở mang, gan và thịt của cá sau 14 ngày thôi nhiễm

Hàm lượng  $\text{Cd}^{2+}$  được đào thải ra khỏi các mô của cá (mang, gan, thịt) được thể hiện trên đồ thị bên. Mức độ loại bỏ  $\text{Cd}^{2+}$  ra khỏi mang, gan và thịt cá rô đồng đã từng phơi nhiễm  $\text{Cd}^{2+}$  gần như không đáng kể, Thứ tự đào thải Cd đối với cá rô đồng là Gan >> Mang > Thịt.



### 3.4.SO SÁNH TÁC ĐỘNG ĐỘC HẠI CỦA $Pb^{2+}$ VÀ $Cd^{2+}$ ĐỐI VỚI CÁ RÔ ĐỒNG (*Anabas testudineus*)

Bảng 3.7 thống kê và so sánh các tác động độc hại của  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  đối với cá rô đồng trong giai đoạn phơi nhiễm và thôi nhiễm.

**Bảng 3.7. So sánh tác động độc hại của  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  đối với cá rô đồng**

| Các tác động độc hại                                   |                                   | $Pb^{2+}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $Cd^{2+}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tác động độc cấp tính (LC <sub>50</sub> 96 giờ)        |                                   | 120,0 mg/L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 38,0 mg/L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tác động độc tính bán trường diễn - Phơi nhiễm 28 ngày | <i>Sự phát triển</i>              | Tiếp xúc lâu dài (28 ngày) với $Pb^{2+}$ (20 – 40 mg/L) và $Cd^{2+}$ (3 – 10 mg/L) ở nồng độ dưới ngưỡng gây chết đã làm cá rô đồng chậm phát triển. Kích thước và trọng lượng của cá rô đồng phơi nhiễm $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$ tăng nhưng không đáng kể so với cá đối chứng.                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                        | <i>Sự tích lũy giống nhau</i>     | Tích lũy $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$ trong cá phơi nhiễm tăng theo thời gian và nồng độ $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$ trong nước.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                        | <i>Sự tích lũy khác nhau</i>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thứ tự phân bố và tích lũy <math>Pb^{2+}</math> như sau: Mang &gt;&gt; Gan &gt; Thịt.</li> <li>- Tích tụ <math>Pb^{2+}</math> trên mang từ <math>97,57 \pm 2,33</math> đến <math>471,84 \pm 3,92</math> mg/kg mang khô.</li> <li>- Tích tụ <math>Pb^{2+}</math> trong gan từ <math>18,00 \pm 1,65</math> đến <math>174,45 \pm 5,55</math> mg/kg gan khô.</li> <li>- Tích tụ <math>Pb^{2+}</math> trong thịt từ <math>9,67 \pm 3,15</math> đến <math>153,60 \pm 5,78</math> mg/kg thịt khô.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thứ tự phân bố và tích lũy <math>Cd^{2+}</math> như sau: Gan &gt;&gt; Mang &gt; Thịt.</li> <li>- Tích tụ <math>Cd^{2+}</math> trên mang từ <math>5,24 \pm 0,14</math> đến <math>30,99 \pm 0,73</math> mg/kg mang khô.</li> <li>- Tích tụ <math>Cd^{2+}</math> trong gan từ <math>208,84 \pm 6,87</math> đến <math>1586,10 \pm 8,07</math> mg/kg gan khô.</li> <li>- Tích tụ <math>Cd^{2+}</math> trong thịt từ <math>0,60 \pm 0,05</math> đến <math>7,69 \pm 0,13</math> mg/kg thịt khô.</li> </ul> |
|                                                        | <i>Cortisol trong máu</i>         | Tiếp xúc lâu dài với $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$ đã làm gián đoạn đến hoạt động bình thường của trục hạ đồi – tuyến yên – liên thận (HPI), dẫn đến tình trạng sản xuất cortisol quá mức.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                        | <i>Rối loạn insulin trong máu</i> | Tiếp xúc lâu dài với $Pb^{2+}$ và $Cd^{2+}$ đã làm suy yếu chức năng của các tế bào beta tuyến tụy, dẫn đến tình trạng dẫn đến giảm sản xuất insulin (thiếu hụt insulin).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Các tác động độc hại                                   |                               | Pb <sup>2+</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Cd <sup>2+</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | <i>Phân hủy glycogen gan</i>  | Tiếp xúc lâu dài với Pb <sup>2+</sup> và Cd <sup>2+</sup> đã làm suy yếu chức năng gan, cản trở quá trình tiêu hóa và phá vỡ các con đường trao đổi chất, dẫn đến phân giải glycogen dự trữ ở gan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Tác động độc tính bán trường diễn - Thôi nhiễm 14 ngày | <i>Sự phát triển</i>          | Phơi nhiễm Pb <sup>2+</sup> và Cd <sup>2+</sup> kéo dài đã gây ra căng thẳng độc hại, ảnh hưởng mạnh đến khả năng hồi phục của cá rô đồng. Ngay cả khi được nuôi trong môi trường nước sạch sự tăng trưởng về trọng lượng và kích thước của nhóm cá này vẫn chậm hơn đáng kể so với nhóm đối chứng, điều này cho thấy tác động lâu dài của Pb <sup>2+</sup> và Cd <sup>2+</sup> lên cá.                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                        | <i>Sự đào thải giống nhau</i> | Có sự đào thải tương đối Pb <sup>2+</sup> và Cd <sup>2+</sup> ra khỏi mang và gan nhưng ít hơn ở thịt của cá rô đồng đã từng phơi nhiễm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                        | <i>Sự đào thải khác nhau</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thứ tự đào thải Pb<sup>2+</sup> như sau: Mang &gt;&gt; Gan &gt; Thịt.</li> <li>- Đào thải Pb<sup>2+</sup> ra khỏi mang từ <math>89,99 \pm 5,77</math> đến <math>292,19 \pm 6,40</math> mg/kg mang khô.</li> <li>- Đào thải Pb<sup>2+</sup> ra khỏi gan từ <math>26,42 \pm 5,59</math> đến <math>35,53 \pm 5,70</math> mg/kg gan khô.</li> <li>- Đào thải Pb<sup>2+</sup> ra khỏi thịt từ <math>16,19 \pm 5,68</math> đến <math>20,53 \pm 5,50</math> mg/kg thịt khô.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thứ tự đào thải Cd<sup>2+</sup> như sau: Gan &gt;&gt; Mang &gt; Thịt.</li> <li>- Đào thải Cd<sup>2+</sup> ra khỏi mang từ <math>7,63 \pm 0,42</math> đến <math>8,95 \pm 0,56</math> mg/kg mang khô.</li> <li>- Đào thải Cd<sup>2+</sup> ra khỏi gan từ <math>81,48 \pm 10,04</math> đến <math>173,33 \pm 6,71</math> mg/kg gan khô.</li> <li>- Đào thải Cd<sup>2+</sup> ra khỏi thịt từ <math>0,41 \pm 0,06</math> đến <math>2,27 \pm 0,22</math> mg/kg thịt khô.</li> </ul> |

## Chương 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN LUẬN

### 4.1. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nghiên cứu mức độ tích lũy, đào thải cũng như tác động của Pb và Cd đến ba chỉ tiêu sinh hóa cortisol, insulin và glycogen của cá rô đồng (*Anabas testudineus*), luận án có những kết luận sau:

1. Độ độc cấp tính của Pb và Cd (LC<sub>50</sub> 96 giờ) đối với cá rô đồng lần lượt là 120 và 38 mg/L.

2. Đã xác định được quy luật phân bố và tích lũy Pb và Cd đối với cá rô đồng. Trong đó, ở Pb quy luật này là Mang >> Gan > Thịt cá và ở Cd là Gan >> Mang > Thịt cá. Hàm lượng tích lũy Pb và Cd trong cá thí nghiệm tăng theo nồng độ Pb và Cd trong nước và thời gian phơi nhiễm.

3. Đã tìm thấy quy luật đào thải Pb và Cd đối với cá rô đồng. Trong đó, quy luật đào thải đối với cá đã từng phơi nhiễm Pb là Mang > Gan > Thịt và đối với cá đã từng phơi nhiễm Cd là Gan >> Mang > Thịt.

4. Căng thẳng độc hại của Pb và Cd đối với cá rô đồng là làm gián đoạn hoạt động bình thường của trục HPI dẫn đến tăng sản xuất cortisol, làm suy yếu chức năng tế bào beta tuyến tụy dẫn đến giảm sản xuất insulin và suy yếu chức năng gan dẫn đến phân giải glycogen dự trữ ở gan.

5. Căng thẳng độc hại của Pb và Cd đã làm cho cá rô đồng chậm phát triển trong giai đoạn phơi nhiễm (28 ngày) và chậm phục hồi trong giai đoạn thời nhiễm (14 ngày).

Qua đó có thể thấy mức độ gây độc của Cadimi so với Chì là mạnh hơn (khoảng 3,16 lần) trên cơ thể cá rô đồng điều này cảnh báo mức độ nguy hiểm của Cadimi ở môi trường. Mặt khác, hàm lượng  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  tích lũy tại thịt cá rô đồng là tương đối thấp, đây là một tín hiệu tốt giúp hạn chế rủi ro cho sức khỏe người tiêu dùng khi không may tiêu thụ phải cá bị phơi nhiễm  $Pb^{2+}$  hoặc  $Cd^{2+}$ . Bên cạnh đó kết quả của 03 chỉ tiêu sinh hóa trong nghiên cứu là cortisol, insulin và glycogen đều bị ảnh hưởng nhất định khi có mặt ion Pb hay ion Cd, điều này mở ra một hướng nghiên cứu về việc sử dụng chỉ tiêu sinh lý để đánh giá sơ bộ hoặc chuyên sâu mức độ ô nhiễm của kim loại nặng đến môi trường.

## 4.2. KIẾN NGHỊ

Từ những kết quả nghiên cứu được có thể thấy kim loại nặng có tác động không nhỏ đến mức độ tích lũy và đào thải ở cá nói riêng và loài thủy sinh nói chung, điều này gây ảnh hưởng lớn đến chuỗi thức ăn của con người. Do đó luận án có những đề xuất sau:

- Nghiên cứu chuyên sâu về cơ chế chuyển dạng của các kim loại nặng (Pb, Cd) trong các mô của cá rô đồng.

- Nghiên cứu ảnh hưởng hiệp đồng của Pb và Cd lên các mô trong cơ thể cá rô đồng và tác động lên chỉ tiêu sinh hóa của cá rô đồng.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình đào thải kim loại nặng (như Pb, Cd, ...) đến hệ nội tiết của cá rô đồng và các loài thủy sản thường được người dân và ngành thủy sản quan tâm.

- Nghiên cứu thử nghiệm các chỉ tiêu sinh học (cortisol, insulin, glucagon, glucose, glycogen, ...) ở một vài loài cá như một công cụ đánh giá và giám sát mức độ ô nhiễm môi trường.

- Điều tra mức độ tích lũy kim loại nặng trong cá rô đồng sống trong môi trường tự nhiên nhằm cảnh báo nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng đến chuỗi thức ăn.

- Nghiên cứu sự tích lũy, đào thải của Pb và Cd đối với loài thủy sinh khác, đặc biệt là những loài thường có mặt trong chuỗi thức ăn hoặc các loài có giá trị thương phẩm cao và được ngành thủy sản quan tâm.

## DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ XUẤT BẢN LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Dang Nguyen Nha Khanh**, Ngo Thi Tuong Vy, Tran Ha Phuong, Pham Tuan Nhi, Nguyen Quoc Thang, Do Trung Sy, Nguyen Thi Kim Phuong, **“Effects of Cadmium and Lead on Muscle and Liver Glycogen Levels of Climbing Perch (*Anabas testudineus*)”**, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol.108, pp. 854 – 860, 2022 (H-Index 90, Q2).

2. **D. N. Nha Khanh**, N. T. Tuong Vy, N. Quoc Thang, D. Trung Sy, B. Quang Minh, N. The Anh, D. V. Bao Tran, L. Khue Tu & N. T. Kim Phuong, **“Accumulation and response to stress in climbing perch (*Anabas testudineus*) on exposure to high concentrations of lead and cadmium in water”**, *The European Zoological Journal*, Vol. 89(1), pp. 877 – 887, 2022 (H-Index 47, Q2).

3. **Dang Nguyen Nha Khanh**, Ngo Thi Tuong Vy, Doan Thi Minh Phuong, Nguyen Quoc Thang, Nguyen Thi Kim Phuong, **“A rapid HPLC combined with UV method for the determination of blood insulin and the evaluation of the effect of Pb on insulin secretion in climbing perch (*Anabas testudineus*)”**, *Conference Proceedings of analytica Vietnam 2025*, session 2: Pharmaceutical analysis and Health science, pp. 363 – 371, 2025.