

Khảo sát sự biến đổi hàm lượng hypoxanthine và histamine trong tôm sú bảo quản ở 0 °C

Lê Nhất Tâm^{1,2*}, Đoàn Như Khuê¹, Trần Thị Văn Thi²

¹Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Khoa học Huế

Đền Toà soạn 01-4-2016; Chấp nhận đăng 6-02-2017

Abstract

Hypoxanthine and histamine which have been reported in a lot of researches are the assessing indicators for the quality of seafood and seafood product. In this paper, we present method to specify hypoxanthine at black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) by HPLC device and the results of hypoxanthine and histamine concentrations in shrimp samples stored at 0°C during 10 days. Quantitative method of hypoxanthine by HPLC showed that the linear range from 0.1 ppm to 5.0 ppm, buffer solution phosphate pH = 4.6 is used as mobil phase, diod array detector measured at 248 nm and recovery efficiency = 90.01 %. Hypoxanthine and histamine concentrations increase while shrimp quality decrease according to the storage time from first day to tenth day. Shrimp quality classification based on TCVN-3726-89 standard and on the hypoxanthine and histamine concentrations can be into main three types: special – type 1 – type 2.

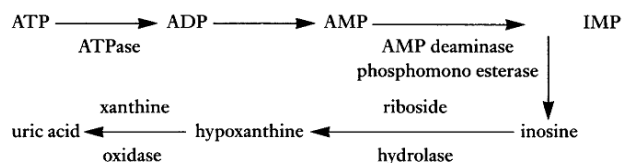
Keywords. Determination hypoxanthine, histamine, *Penaeus monodon*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, tôm luôn là mặt hàng giữ vị trí số một với tỷ trọng cao nhất trong xuất khẩu thủy hải sản của Việt Nam là 50,4 % (2014); 44 % (2015) (Báo cáo hàng năm của Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam VASEP). Thế nhưng, từ sau khi gia nhập WTO, không ít lần tôm Việt Nam xuất khẩu sang Nhật gặp khó khăn do không đạt chất lượng theo yêu cầu. Vì vậy việc nghiên cứu đưa ra giải pháp kết hợp giữa đánh giá cảm quan và các phương pháp khác như hóa học, vi sinh, hay vật lý là cần thiết.

Trong quá trình bảo quản, thủy sản bị ươn hỏng do tác động của các vi sinh vật, enzym, vi khuẩn. Từ đó gây ra các biến đổi về mặt hóa học, hóa sinh, vật lý và trạng thái cảm quan của thực phẩm. Tài liệu [1] đã chứng minh rằng, biến đổi sớm nhất liên quan tới quá trình hư hỏng thủy sản xảy ra do sự phân giải ATP. Sự phân giải nucleotid xảy ra do cả hoạt động của enzyme tự phân và hoạt động của vi khuẩn [2]. Tiến trình chuyển hóa nucleotide có thể quan sát ở hình 1 [3], trong đó sự tăng hàm lượng hypoxanthine liên quan tới sự giảm chất lượng thủy sản [4].

Công trình [5], nghiên cứu sự phân hủy của ATP, và công thức (Gill 1955a) trong tài liệu [6] cũng đã đưa ra chỉ số K liên quan tới độ tươi thủy sản như sau:



Hình 1: Sự phân hủy ATP (theo Eklynd and Miyauch, 1964)

$$K = \frac{[Inozin] + [Hypoxanthine]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Inozin] + [Hypoxanthine]} \times 100\%$$

Chỉ số K đã được sử dụng như một chỉ số đánh giá chất lượng biến đổi của cá sau khi chết [7, 8].

Tuy nhiên, ATP, ADP và AMP nhanh chóng mất đi trong vòng 1 ngày bảo quản trong nước đá ở hầu hết các loài cá sau khi chết [9, 10]. Vì vậy, tác giả các công trình [11, 12] đã dựa trên nghiên cứu thực nghiệm và đưa ra các chỉ số K_i , K'_H để chứng minh chất lượng cá trong những thời điểm bảo quản sau đó chủ yếu chỉ liên quan tới các thành phần IMP, hypoxanthine và inosine.

Nhiều nhóm nghiên cứu đã đưa ra công thức đánh giá chất lượng của thủy sản thông qua chỉ số các amine sinh học BAI (Biogenic Amines Index) [13]:

$$BAI = His + Cad + Put / Spd + Spm$$

Với thang đánh giá:

+ Thủy sản hầu như chưa có biến đổi khi $BAI < 1$.

+ Thủy sản có biến đổi khi $1 < \text{BAI} < 10$

+ Thủy sản đã bị thối rữa khi $\text{BAI} > 10$

E. Karmas và cộng sự cũng đưa ra thang đánh giá chất lượng cá và thực phẩm theo công thức sau:

$$\text{BAI} = \frac{c_{\text{His}} + c_{\text{Put}} + c_{\text{Cad}}}{1 + c_{\text{Spd}} + c_{\text{Spm}}}$$

Với c là nồng độ His, Put, Cad, Spd, Spm được tính theo mg/kg [3].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi quan tâm tới hai thành phần hypoxanthine, histamine, khảo sát sự biến động hàm lượng của chúng cùng với sự biến đổi về chất lượng của tôm sú trong quá trình bảo quản. Kết quả nghiên cứu này sẽ được kết hợp với các nghiên cứu tiếp theo trên các chỉ số chất lượng khác như TVB, TMA và pH, từ đó kết hợp với phương pháp đánh giá cảm quan để đưa ra mô hình đánh giá chất lượng toàn diện hơn đối với tôm sú.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hoá chất, mẫu phân tích và thiết bị

Các hóa chất bao gồm: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_4$, K_2HPO_4 , KOH, axit perchloric sử dụng được cung cấp bởi Merck. Dung môi metanol, etanol của Las-Scan dùng cho HPLC. Chuẩn hypoxanthine và histamine được cung cấp bởi Sigma-Aldrich.

Mẫu tôm sú được thu mua từ 3 nông trại nuôi khác nhau ở Cà Mau với khối lượng 6 kg, tôm thu hoạch còn sống, cùng kích cỡ, khoảng 30 con/kg, có độ tuổi là 4,5 tháng, với phương thức nuôi quảng canh. Tôm sử dụng cho nghiên cứu đảm bảo còn nguyên trạng thái, không bị các lỗi như long đầu, bẻ vỏ, rụng chân v.v. Mẫu tôm sau khi bắt từ hồ được rửa sơ bộ bằng nước sạch, sau đó cho vào túi polyetylen có kích thước (26,8 × 27,9 cm), được giữ trong thùng xốp (styren) với nước đá viên theo tỷ lệ nước đá:tôm là 2:1. Mẫu tôm được di chuyển về phòng thí nghiệm được bảo quản ở 0 °C để chuẩn bị cho quá trình thực nghiệm.

Thiết bị HPLC Agilent 1260, detector 1260 DAD Serial No: DEAAX01475, phần mềm điều khiển Agilent ChemStation, dùng khảo sát hàm lượng Hypoxanthine.

Thiết bị HPLC: Bơm điều khiển Waters 600 Controller Serial # A9847454617, đầu dò huỳnh quang Waters 474 Serial # M 996 CE 334T; phần mềm chạy Millenniums, dùng khảo sát histamine.

2.2. Các phương pháp thực nghiệm

Tiến trình trích ly hypoxanthine từ mẫu tôm sú dựa trên phương pháp được trình bày trong bài báo [14]. Mẫu tôm sau khi lột vỏ, bỏ đầu, rút ruột, được xay nhuyễn đồng nhất. Mẫu cân 3 gam được cho vào

ống nghiệm có nắp cùng với 10 ml axit perchloric 0,6 M. Tiến hành lắc 10 phút trên máy Vortex SCIOLOGEX-MX-E (Mỹ) với tốc độ 3000 vòng/phút, ly tâm bằng thiết bị Hettich-EBA 20S (Đức) với chế độ 3000 vòng/phút trong thời gian 10 phút, thu lấy phần chất lỏng. Quy trình trên được lập lại 4 lần, toàn bộ dịch trích sau ly tâm được cho vào bình định mức 50 ml và làm đầy với axit perchloric 0,6 M.

Hút 1 ml dịch trích ly, làm sạch trên cột SPE C18 (Agilent), rửa giải bằng 9 ml đệm KH_2PO_4 nồng độ 0,05 M (pH = 4,6). Toàn bộ dịch rửa giải được làm đầy bằng đệm KH_2PO_4 cho đủ 10 ml và lọc qua màng lọc 0,45 μm trước khi tiêm vào buồng HPLC.

Các chuẩn hypoxanthine được pha theo [15], trong đó lượng cân hypoxanthine được pha trong NaOH 0,1 M để có các chuẩn: 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 3; 5 và 10 ppm.

Phương pháp định lượng hypoxanthine trên thiết bị HPLC được xây dựng mô phỏng theo nguyên tắc của các phương pháp rút ra từ những nghiên cứu trước đây [15, 16] và nghiên cứu ứng dụng của nhà sản xuất nacalai khi chạy trên chuẩn hỗn hợp gồm: ATP, ADP, AMP, IMP và hypoxanthine dùng để xác định chỉ số K trong đánh giá độ tươi của thủy sản [17]. Như vậy, các thí nghiệm được thiết kế dựa trên hai phương pháp khác nhau:

Phương pháp 1: dựa trên các nghiên cứu [15, 16] với chế độ phân tích: pha động là dung dịch K_2HPO_4 0,5 M có pH = 4,6; tốc độ dòng 1 ml/phút, nhiệt độ cột 30 °C, detector DAD đặt ở 248 nm, cột tách $5\text{C}_{18}\text{PAQ}(250 \times 4 \text{ mm}) \times 5 \mu\text{m}$ Cosmosil, thể tích tiêm 20 μl .

Phương pháp 2: dựa trên nghiên cứu ứng dụng của nhà sản xuất nacalai [17] công bố (24/11/2015) với điều kiện phân tích:

Cột $5\text{C}_{18}\text{-PAQ}$, kích cỡ ID 4,6-250 mm, pha động phosphate 0,02 M pH = 7, tốc độ dòng 1ml/phút, nhiệt độ cột 30 °C, detector UV 260 nm.

Từ kết quả khảo sát, lựa chọn phương pháp thích hợp nhất cho quá trình nghiên cứu.

Xác định hàm lượng histamine trong mẫu tôm sú được thực hiện theo quy trình mà chúng tôi đã chuẩn hóa và công bố [18], trong đó mẫu tôm sú được trích ly bằng dung môi etanol, tiếp theo là tinh sạch, sau đó histamine được xác định bằng thiết bị HPLC với đầu dò fluorescence ($\lambda_{\text{EX}} = 359$, $\lambda_{\text{EM}} = 445$).

Hiệu suất thu hồi được tiến hành xác định trên mẫu tôm được bảo quản ở ngày thứ 4, trong đó mẫu khảo sát được tiêm vào thân tôm với liều lượng là 0,5 ml của mẫu chuẩn 1000 ppm. Hai mẫu khảo sát và đối chứng có khối lượng gần bằng, và được tiến hành trong cùng điều kiện, cùng thời điểm. Kết quả được tính như sau:

$$\%H = \frac{m_{ks} - m_{đc}}{m_{tv}}$$

Trong đó m_{ks} là lượng hypoxanthine tìm thấy ở mẫu khảo sát, $m_{đc}$ là lượng hypoxanthine tìm thấy ở mẫu đối chứng, m_{tv} là lượng hypoxanthine được tiêm vào thân tôm.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1. Mẫu tôm được xử lý theo 2.2 để trích ly hypoxanthine ra khỏi mẫu. Định lượng hypoxanthine theo hai phương pháp 1 và 2, từ đó chọn một trong hai phương pháp để khảo sát tiếp theo.

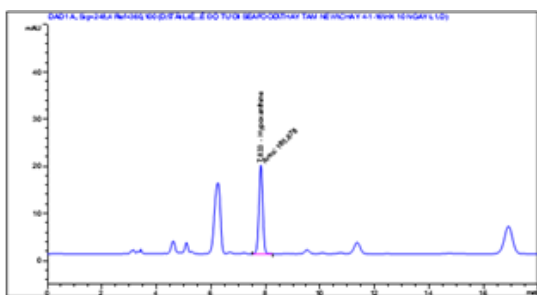
Thí nghiệm 2. 33 mẫu tôm được bố trí khảo sát từ ngày 0 đến ngày 10, mỗi mẫu được làm lặp lại 3 lần theo phương pháp đã lựa chọn từ thí nghiệm 1 để định lượng hypoxanthine. Trong đó, mẫu ngày 0 là mẫu tôm còn sống, các mẫu kế tiếp là tôm bảo quản ở 0 °C. Kết quả thu được xử lý thống kê trên phần mềm Statgraphics và Excel.

Thí nghiệm 3. 33 mẫu tôm được bố trí khảo sát từ ngày 0 đến ngày 10, mỗi mẫu được làm lặp lại 3 lần để định lượng histamine theo phương pháp mà chúng tôi đã chuẩn hóa [18]. Trong đó, mẫu ngày 0 là mẫu tôm còn sống, các mẫu kế tiếp là tôm bảo quản ở 0 °C. Kết quả thu được xử lý thống kê trên phần mềm Statgraphics và Excel.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn phương pháp xác định hypoxanthine

Sắc ký đồ thu được từ quá trình thực hiện phân tích hypoxanthine trên hai phương pháp 1 và 2 được biểu thị tương ứng trên hình 2 và 3. Trong đó, pic tương ứng với hypoxanthine có thời gian lưu ở cả hai phương pháp trong khoảng từ 7,89 phút đến 8,25 phút.

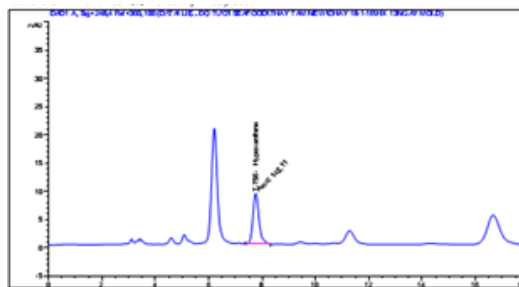


Hình 2: Sắc ký đồ hypoxanthine thực hiện theo phương pháp 1 trên mẫu tôm bảo quản lạnh 0 °C trong 8 ngày

Từ hai sắc ký đồ, có thể thấy cả hai phương pháp

Khảo sát sự biến đổi hàm lượng hypoxanthine...

xác định hypoxanthine trên nền mẫu tôm đều có thể sử dụng để khảo sát. Thời gian lưu trong khoảng từ 7,89 đến 8,25 phút như vậy khá ngắn, thuận tiện cho quá trình khảo sát. Pic này tách hoàn toàn, không bị lẫn, hình dạng cân đối. Tuy nhiên, so sánh giữa hai pic, có thể thấy sắc ký đồ thu được theo phương pháp 1 có các ưu điểm nổi trội hơn: pic cân đối hơn, có chiều cao cao hơn, độ phân giải lớn hơn. Từ đó, chúng tôi chọn phương pháp 1 làm phương pháp khảo sát tiếp theo.



Hình 3: Sắc ký đồ hypoxanthine thực hiện theo phương pháp 2 trên mẫu tôm bảo quản lạnh 0°C trong 8 ngày

3.2. Chuẩn hóa phương pháp xác định Hypoxanthine trên nền mẫu tôm sú

Quá trình khảo sát khoảng tuyến tính cho phương pháp được thực hiện trên 7 mẫu chuẩn có nồng độ khác nhau lần lượt là: 0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1, 3, 5 và 10 ppm. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 1.

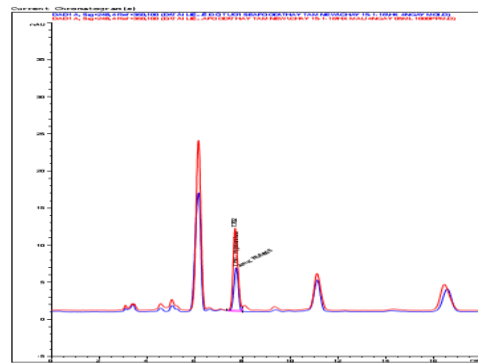
Bảng 1: Kết quả khảo sát trên các mẫu chuẩn hypoxanthine

C	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	10
S	12,26	15,38	22,75	83,46	125,12	391,53	647,93	1030,8

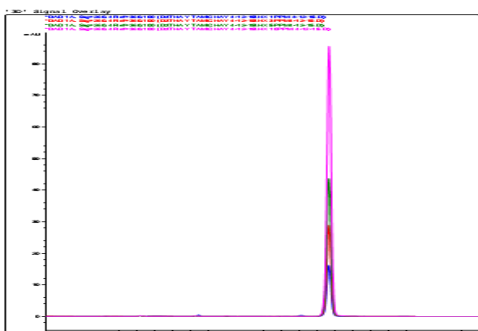
Số liệu thu được cho thấy, phép xác định hypoxanthine trên thiết bị HPLC theo phương pháp 1 có khoảng tuyến tính từ 0,1 đến 5 ppm. Kết quả thu được có độ lặp lại tốt trong việc xác định hiệu suất thu hồi với kết quả đều lớn hơn 90 %, thể hiện ở bảng 2. Hiệu suất thu hồi là 90,10 % cho phép ứng dụng phương pháp này để định lượng hypoxanthine trên mẫu tôm sú cũng như trên các mẫu thủy sản khác. Một số công trình nghiên cứu tương tự khi xác định ATP, ADP, AMP trên *Litchi Fruit* bằng HPLC cũng đã nhận được các giá trị hiệu suất thu hồi cao: 90÷101 % [15] và 94÷97 % [19].

Bảng 2: Kết quả xác định hiệu suất thu hồi

Lần thí nghiệm	Lần 1	Lần 2	Lần 3
Hiệu suất thu hồi	90,09 %	90,10 %	90,12 %

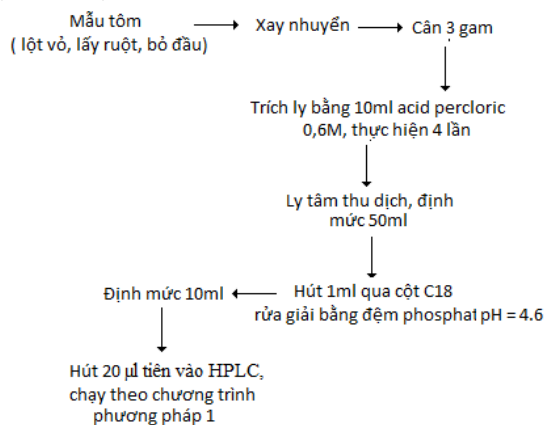


Hình 4: Sắc ký đồ của mẫu đối chứng và mẫu khảo sát trong xác định hiệu suất thu hồi



Hình 5: Sắc ký đồ của các mẫu chuẩn 1, 3, 5, 10 ppm được biểu thị trên cùng một đồ thị

Quy trình xác định hypoxanthine trên nền mẫu tôm sú bằng HPLC theo phương pháp đã lựa chọn được thể hiện ở hình 6.



Hình 6: Quy trình xác định hypoxanthine từ tôm sú

3.3. Kết quả khảo sát hypoxanthine trên tôm sú bảo quản ở 0 °C

Kết quả khảo sát hàm lượng hypoxanthine trên mẫu tôm sú bảo quản ở 0 °C từ ngày 0 đến ngày 10 thể hiện ở bảng 3.

Các số liệu thu được sau khi xử lý thống kê, cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức độ $p < 0,05$. Sau đó, dựa vào quy trình xử lý mẫu để tính toán và kết quả được trình bày trên bảng

3. 3. Nhìn chung, hàm lượng hypoxanthine tăng đều theo thời gian bảo quản, phương trình tương quan đạt được là $y = 0,2097x + 0,1331$, $R^2 = 0,9767$ thu được sau khi xử lý thống kê trên phần mềm excel. Kết quả này tương đồng với kết quả của công trình [20] trên mẫu của *Queen* được bảo quản ở 0 °C, nhưng khác biệt so với kết quả của một số nghiên cứu khác trên *Mackerel* (cá thu), *Cod* (cá tuyết); trong đó sự biến đổi của hàm lượng hypoxanthine theo thời gian bảo quản tăng theo dạng hàm mũ logarite. Hàm lượng ban đầu trong tôm sú khoảng 0,018 $\mu\text{mol/g}$, thấp hơn so với giá trị tương ứng là 0,075 $\mu\text{mol/g}$ trong nghiên cứu của [21] trên tôm *Penaeus Merguensis*. Giá trị của hypoxanthine trong nghiên cứu này ở ngày thứ 10 là 2,831 $\mu\text{mol/g}$, lớn hơn so với nghiên cứu [21] ở ngày thứ 10 là 0,953 $\mu\text{mol/g}$, nhưng trong những ngày sau đó, hàm lượng hypoxanthine theo [21] lại tăng đột biến lên 2,0 $\mu\text{mol/gam}$, 4,6 $\mu\text{mol/gam}$ ở ngày 16 và ngày 20 tương ứng. Sự khác biệt này là do sự khác nhau giữa các loài thủy hải sản, tuổi, kích cỡ, mùa đánh bắt và ngay cả cùng loài nhưng sinh trưởng ở các vùng địa lý khác nhau. Kết quả nghiên cứu [22] và [23] trên cá *Burgers* đã tìm thấy hàm lượng hypoxanthine là 2,63 $\mu\text{M/g}$; 2,86 $\mu\text{M/g}$ và 3,38 $\mu\text{M/g}$, tương ứng với ngày đầu tiên (0), ngày thứ 7 và ngày thứ 14, sau đó tăng lên 4,50 $\mu\text{M/g}$ ở ngày thứ 21 và 4,96 $\mu\text{M/g}$ ở ngày thứ 28 của quá trình bảo quản.

Bảng 3: Kết quả thu được từ khảo sát hàm lượng hypoxanthine theo ngày bảo quản

Ngày bảo quản	Số lần lặp lại	Giá trị trung bình	Hypoxanthine ($\mu\text{M/g}$)
Ngày 0	3	0,015 ^a ±0,003	0,018
Ngày 1	3	0,547 ^b ±0,028	0,670
Ngày 2	3	0,636 ^{bc} ±0,036	0,778
Ngày 3	3	0,769 ^{cd} ±0,035	0,941
Ngày 4	3	0,829 ^d ±0,010	1,015
Ngày 5	3	1,125 ^e ±0,020	1,377
Ngày 6	3	1,297 ^f ±0,028	1,588
Ngày 7	3	1,691 ^g ±0,017	2,070
Ngày 8	3	1,740 ^g ±0,016	2,130
Ngày 9	3	2,035 ^h ±0,018	2,491
Ngày 10	3	2,313 ⁱ ±0,016	2,831

3.4. Kết quả khảo sát histamine ở tôm sú bảo quản ở 0 °C

Số liệu thu được có sự khác biệt có nghĩa ở mức độ $p < 0,05$ ở tất cả các ngày. Trong nghiên cứu [3], histamine đã được lựa chọn là chỉ số đánh giá độ tươi của thủy hải sản. Histamine được hình thành từ quá trình chuyển hóa histidine bởi các vi sinh vật như *Achromobacter histamineum* (Masao và Mikio,

1955) và *Proteus morgani* (Ganowiak và cs., 1979). Kết quả trên bảng 3 cho thấy, hàm lượng histamine tăng dần theo thời gian bảo quản từ ngày 0 đến ngày 10. Phương trình $y = 0,2964x - 0,0419$, $R^2 = 0,9459$ thu được từ quá trình xử lý thống kê minh chứng cho vấn đề trên. Chiều hướng này cũng đã được Brillantes và cs. (2002) xác nhận khi khảo sát trên dịch lên men từ cá cơm.

Bảng 3: Hàm lượng histamine trong mẫu tôm sú theo từng ngày bảo quản

Ngày bảo quản	Số lần lặp lại	Histamine (mg/100g)
Ngày 0	3	0,167 ^a ±0,015
Ngày 1	3	0,460 ^b ±0,022
Ngày 2	3	0,658 ^c ±0,025
Ngày 3	3	0,789 ^d ±0,005
Ngày 4	3	0,951 ^e ±0,017
Ngày 5	3	1,126 ^f ±0,019
Ngày 6	3	1,346 ^g ±0,010
Ngày 7	3	1,880 ^h ±0,022
Ngày 8	3	2,414 ⁱ ±0,014
Ngày 9	3	2,826 ^k ±0,005
Ngày 10	3	3,227 ^l ±0,017

Mặt khác, trong nghiên cứu [24], chúng tôi đã trình bày về cách phân loại và đánh giá mẫu tôm sú theo tiêu chuẩn cảm quan quy định hiện hành TCVN 3726-89 [25]. Khi thực hiện đánh giá theo tiêu chuẩn cảm quan này, mẫu ở ngày thứ 9 vượt ngưỡng giới hạn cho phép; mẫu còn giữ được chất lượng cho phép theo TCVN 3726-89 là các mẫu được bảo quản trong khoảng thời gian từ 0 đến 8 ngày. Như vậy, các giá trị của hai chỉ số hypoxanthine và histamine tương ứng với các mẫu cho phép về mặt chất lượng theo TCVN 3726-89 tương ứng là nhỏ hơn hoặc bằng 2,130 $\mu\text{mol/gam}$ và 2,414 mg/100 gam.

3.5. Phân loại chất lượng tôm sú và hai chỉ số hypoxanthine và histamine tương ứng

Căn cứ trên tiêu chuẩn phân loại hiện hành TCVN 3726-89 [25], các mẫu tôm sú bảo quản ở 0°C được đánh giá và phân làm 3 loại: đặc biệt, loại 1 và loại 2. Nghiên cứu [26] dựa trên các chỉ số chất lượng TVB, TMA, PV cũng chia tôm *Pacific white* bảo quản ở 0°C làm 3 loại: rất tốt, tốt, có thể chấp nhận. Các số liệu hypoxanthine và histamine tương ứng nhận được qua quá trình khảo sát trên 3 loại mẫu tôm sú này được trình bày trên bảng 5.

Bảng 5: Phân loại tôm sú và hai chỉ số chất lượng hypoxanthine và histamine

Phân loại	Hypoxanthine ($\mu\text{M/g}$)	Histamine (mg/100gam)
Đặc biệt	0,018÷1,015	0,167÷0,951
Loại 1	1,015÷1,588	0,951÷1,346
Loại 2	1,588÷2,130	1,346÷2,414

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, đã xây dựng quy trình xác định hypoxanthine bằng HPLC trên nền mẫu tôm sú.

Sử dụng phương pháp HPLC để xác định hàm lượng hypoxanthine và histamine tương ứng với các phân loại tôm theo TCVN 3726-89. Đây là hai chỉ số chất lượng tiêu biểu cho độ tươi của tôm sú được nhiều đề tài nghiên cứu quan tâm.

Đây là những kết quả nghiên cứu đầu tiên, tiếp theo chúng tôi sẽ đánh giá cảm quan mẫu tôm sú qua từng ngày, đồng thời tiếp tục khảo sát các chỉ số chất lượng khác như TVB, TMA và pH v.v. từ đó lấy cơ sở xây dựng mô hình đề nghị đánh giá chất lượng tôm sú một cách định lượng hơn so với đánh giá cảm quan. Đề tài có thể cũng là cơ sở để góp phần xây dựng mô hình đánh giá đối với các loài thủy sản khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nollet L. M. and F. Toldrá. *Handbook of seafood and seafood products analysis*, CRC Press (2009).
- Huss H. H. *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO fisheries technical paper (1995).
- Singhal R. S., P. Kulkarni, and D. Reg. *Handbook of indices of food quality and authenticity*, Elsevier (1997).
- Howgate P. *Kinetics of degradation of adenosine triphosphate in chill stored rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. International Journal of Food Science & Technology, **40(6)**, 579-588 (2005).
- Hattula T. *Adenosine triphosphate breakdown products as a freshness indicator of some fish species and fish products*, Technical Research Centre of Finland (1997).
- Huss H. H. *Fresh fish-quality and quality changes: a training manual prepared for the FAO/DANIDA Training Programme on Fish Technology and Quality Control*, Food & Agriculture Org (1998).
- Mendes R., R. Quinta, and M. L. Nunes. *Changes in baseline levels of nucleotides during ice storage of fish and crustaceans from the Portuguese coast*.

- European Food Research and Technology, **212(2)**, 141-146 (2001).
8. Pacheco Aguilar, R., M. Lugo Sánchez, and M. Robles Burgueño. *Postmortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C*, Journal of Food Science, **65(1)**, 40-47 (2000).
 9. Jones N. R. *Meat and fish flavors, significance of ribomononucleotides and their metabolites*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, **17(4)**, 712-716 (1969).
 10. Jones N. and J. Murray. *Degradation of adenine and hypoxanthine nucleotide in the muscle of chill stored trawled cod (gadus callarias)*, Journal of the Science of Food and Agriculture, **13(9)**, 475-480 (1962).
 11. Karube I. et al. *Determination of fish freshness with an enzyme sensor system*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, **32(2)**, 314-319 (1984).
 12. MASSA A. E., M. E. Paredi, and M. Crupkin, *Nucleotide catabolism in cold stored adductor muscle of scallop (Zygochlamys patagonica)*, Journal of food biochemistry, **26(4)**, 295-305 (2002).
 13. Muscarella M. et al. *Measurement of histamine in seafood by HPLC, CE, and ELISA: comparison of three techniques*. Veterinary research communications, **29**, 343-346 (2005).
 14. Ryder J. M. *Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high-performance liquid chromatography*, Journal of Agricultural and Food chemistry, **33(4)**, 678-680 (1985).
 15. Kock R., B. Delvoux, and H. Greiling. *A high-performance liquid chromatographic method for the determination of hypoxanthine, xanthine, uric acid and allantoin in serum*, Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, **31(5)**, 303-310 (1993).
 16. Özogul F. et al. *A rapid HPLC determination of ATP related compounds and its application to herring stored under modified atmosphere*, International journal of food science & technology, **35(6)**, 549-554 (2000).
 17. <http://www.nacalai.co.jp/cosmosil/data/csmosrchlst.cfm?&lc=JE> 2015.
 18. Lê Nhất tâm, Trần Thị Văn Thi, Trần Thị Bích Lam. *Đánh giá độ tươi của tôm sú thông qua định lượng Histamin bằng phương pháp HPLC*, Tạp chí Hóa học, **51(2AB)** (2013).
 19. Liu H., et al. *A simple and rapid determination of ATP, ADP and AMP concentrations in pericarp tissue of litchi fruit by high performance liquid chromatography*, Food Technology and Biotechnology, **44(4)**, 531-534 (2006).
 20. Burns, G., P. Ke, and B. Irvine. *Objective procedure for fish freshness evaluation based on nucleotide changes using a HPLC system*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, **1373**, 1-39 (1985).
 21. Fatima R., B. Farooqui, and R. Qadri. *Inosine monophosphate and hypoxanthine as indices of quality of shrimp (Penaeus merguensis)*, Journal of Food Science, **46(4)**, 1125-1127 (1981).
 22. Luong J. and K. Male. *Development of a new biosensor system for the determination of the hypoxanthine ratio, an indicator of fish freshness*. Enzyme and Microbial Technology, **14(2)**, 125-130 (1992).
 23. Uygulanmas H. A. *The application of hypoxanthine activity as a quality indicator of cold stored fish burgers*, Turk J. Vet. Anim. Sci., **26**, 363-367 (2002).
 24. Lê Nhất Tâm, Trần Thị Văn Thi. *Preliminary study on evaluation of prawn quality through the combined between sensory method and examination of indicators as trimethyl amine, total vapor bases, histamine*, Tạp chí Hóa học (2015).
 25. TCVN, 3726-89, *Fresh shrimps for food processing*.
 26. Okpala C. O. R., W. S. Choo, and G. A. Dykes, *Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) freshly harvested and stored on ice*. LWT-Food Science and Technology, **55(1)**, 110-116 (2014).

Liên hệ: Lê Nhất Tâm

Viện Sinh học – Thực phẩm

Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Số 12, Nguyễn Văn Bào, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

E-mail: tamnhatl@yahoo.com; Điện thoại: 01247684739.