

ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỔI HÓA SINH, CẢM QUAN, VÀ HẠN SỬ DỤNG CỦA TÔM SÚ (*PENAEUS MONODON*) XỬ LÝ BẰNG CÁC ĐIỀU KIỆN KHÁC NHAU

LÊ NHẤT TÂM, PHAN THUY XUÂN UYÊN, HUỖNH NGUYỄN QUẾ ANH,
ĐOÀN NHƯ KHUÊ, NGUYỄN BÁ THANH

*Viện Công Nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
lenhattam@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Mục tiêu của nghiên cứu là khảo sát sự biến đổi cảm quan, và hóa sinh của tôm sú sau thu hoạch được xử lý bởi các các phương pháp bảo quản khác nhau trong suốt 14 ngày ở 0 °C. Các phương pháp bảo quản bao gồm tôm được nhúng trong dung dịch polyphenol, bảo quản chân không, và kết hợp nhúng trong dung dịch polyphenol sau đó bảo quản chân không. Các chỉ số chất lượng bao gồm total viable count (TVC), quality index (QI), total volatile base nitrogen (TVB-N), trimethylamine nitrogen (TMA-N), histamine, và hypoxanthine là được xác định suốt thời gian bảo quản. Kết quả cho thấy các chỉ số đều tăng tuyến tính với thời gian bảo quản, đặc biệt, TVB-N, TMA-N, và histamine tăng ở hai giai đoạn khác nhau. Sự hình thành đốm đen ở tôm hầu như không xảy ra ở mẫu kết hợp xử lý với dung dịch polyphenol và bảo quản chân không. Phương trình hồi quy tuyến tính đã được xây dựng giữa các chỉ số hóa sinh ở các mẫu. Hạn sử dụng còn lại có thể ước tính khi đánh giá bằng quality index method (QIM). Hạn sử dụng của các mẫu xử lý đều dài hơn mẫu đối chứng, đặc biệt các mẫu bảo quản chân không là 12 ngày.

Từ khóa: Histamine, Hypoxanthine, *Penaeus monodon*, QIM, TVB-N, TMA-N, TVC,

CHEMICAL, SENSORY, AND SHELF-LIFE EVALUATION OF SHRIMP (*PENAEUS MONODON*) TREATED BY DIFFERENT STORAGE CONDITIONS

Abstract. The aim of this work was to investigate the changes in sensory, and biochemical qualities of post-harvest black tiger shrimp treated by different preservation methods during 14 days of storage at 0 °C. The preservation methods included immersing in polyphenols solution, vacuum packing, and combination of polyphenol solutions and vacuum packing. Quality indices including total viable count (TVC), quality index (QI), total volatile base nitrogen (TVB-N), trimethylamine nitrogen (TMA-N), histamine, and hypoxanthine were determined during storage. Results showed that all indicators were linearly correlated with the storage time, especially, TVB-N, TMA-N, and histamine increase at two different stages. The formation of black spot in shrimp did not significantly happened under the storage conditions of combination of polyphenol solution and vacuum packing. Linear regression equations between biochemical quality indicators have been developed for each sample. The remaining shelf life can be estimated by quality index method (QIM). The shelf-life of the treated samples were longer than that of the control samples, especially, vacuum preservation samples are 12 days.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tôm sú và tôm thẻ chân trắng là hai loài tôm xuất khẩu mạnh ở Việt Nam trong những năm gần đây. Kim ngạch xuất khẩu từ tôm chiếm 45% (3.8 tỷ USD) so với kim ngạch xuất khẩu của ngành thủy sản trong năm 2017 (8.3 tỷ USD). Tôm sau khi được thu hoạch thường được bảo quản bằng nước đá, sau đó chuyển đến điểm thu mua. Tại đây, tôm được bảo quản lạnh đông. Vì vậy, chất lượng tôm suy giảm đáng kể trong khoảng thời gian bảo quản bằng nước đá. Đây chính là lý do tại sao nhiều nghiên cứu hướng tới kéo dài hạn sử dụng trong khoảng thời gian này [1, 2]. Các phương pháp nghiên cứu nhằm kéo dài hạn bảo quản thực phẩm có thể được chia làm 2 nhóm. Nhóm truyền thống như các phương pháp bảo quản lạnh, lên men, ướp muối, và nhóm hiện đại như phương pháp bảo quản có biến đổi thành phần khí (MAP), xử lý bằng nước ozon, xử lý bằng các muối acid hữu cơ, xử lý bằng các hợp chất có hoạt tính sinh học. Tiến trình ướp hồng tôm sau khi chết trải qua 2 giai đoạn tự phân và phân hủy [3]. Các yếu tố

bao gồm enzyme, vi khuẩn, và phản ứng [1] hóa được xem là nguyên nhân gây ra tiến trình này [4]. Sự tác động của 3 yếu tố này gây nên những biến đổi trạng thái cảm quan, vật lý, và thành phần hóa học ở tôm. TVB-N và TMA-N là hai chỉ số đánh giá chất lượng quan trọng đối với thủy sản. Nhiều nhóm nghiên cứu đã sử dụng để xem xét sự biến đổi chất lượng thủy sản thông qua hai chỉ số này. Howgate (2010) đã có 2 bài đánh giá về hai chỉ số này, trong đó tác giả đã tổng hợp những nội dung từ các nghiên cứu trước, và nhận xét của mình [5]. Histamine là chỉ số chất lượng hóa học quan trọng. Ngoài việc căn cứ giá trị của histamine có thể dự đoán được chất lượng, giá trị histamine còn phản ánh nguyên liệu hay sản phẩm có được phép sử dụng hay không, vì histamine là một độc tố, và đã được quy định theo tiêu chuẩn quốc tế [6]. Hypoxanthine là sản phẩm hình thành từ quá trình phân hủy Adenosine triphosphate (ATP). Những nghiên cứu gần đây cho thấy giá trị hypoxanthine tăng theo thời gian bảo quản. Ngoài ra hypoxanthine còn có vị đắng nên liên quan đến đánh giá cảm quan, và được dùng như một chỉ số đánh giá chất lượng [7, 8]. Quality index method được xem là phương pháp cảm quan được ưa chuộng nhất hiện nay trong đánh giá chất lượng thủy sản, do đặc tính ưu việt của nó. Sự khác biệt của phương pháp này so với các phương pháp trước đây như EC scheme hay Quantitative Descriptive Analysis là phương pháp đánh giá được xây dựng trên một loài cụ thể [9, 10]. Điều này giúp cho các chuyên gia đánh giá dễ dàng cảm nhận mức độ biến đổi của các thuộc tính cảm quan. QIM được dự đoán là một phương pháp được sử dụng chính thức trong đánh giá chất lượng thủy sản ở cộng đồng Châu Âu [9]. Ở Việt Nam tôm các loại được đánh giá theo TCVN 3726-89, và chưa cho phương pháp QIM được xây dựng cho một nguyên liệu hay sản phẩm cụ thể. Melanosis hay còn được biết đến với tên phổ biến là đốm đen. Sự có mặt của chúng vẫn là vấn đề quan trọng đối với loài giáp xác trong quá trình bảo quản sau thu hoạch. Tiến trình xảy ra từ các phản ứng hóa sinh được xúc tác bởi enzyme polyphenol oxidases (PPO), các sắc tố màu đen gọi là melanin hình thành chủ yếu ở phần bụng của tôm [11]. Mặc dù melanin không gây hại trực tiếp đến người tiêu dùng, nhưng nó liên quan đến đánh giá chất lượng cảm quan, giảm chất lượng tôm, hạn sử dụng, và cuối cùng là giá trị thương mại [12].

Mặc dù, đã có nhiều nghiên cứu quan tâm đến biến đổi chất lượng tôm trong quá trình bảo quản ở các khía cạnh khác nhau. Tuy nhiên, vấn đề tương quan biến đổi giữa các yếu tố cảm quan, hóa sinh, và vi sinh vẫn chưa được làm rõ. Nhiều nghiên cứu đã thành công trong vấn đề kéo dài hạn sử dụng, nhưng ít nghiên cứu đưa ra hạn sử dụng còn lại sau khi đánh giá, và phương pháp đánh giá hợp lý. Mục tiêu của nghiên cứu này là tìm ra mối tương quan giữa các yếu tố, xây dựng các phương trình hồi quy giữa các chỉ số chất lượng, và đưa ra phương pháp tối ưu ức chế tiến trình tạo đốm đen của tôm.

II. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất, mẫu phân tích và thiết bị

Chuẩn TMA. Histamine, hypoxanthine được đặt mua từ công ty Sigma-Aldrich (Singapore). Các dung môi và hóa chất ethanol, toluene, acid picric, trichloromethanol, được cung cấp công ty Merck.

Mẫu rong sụn *Cottonii* (*Kappaphycus alvarezii*) ở dạng khô mua từ một cửa hàng phường Trung Mỹ Tây, quận 12, TP.HCM. Cân chính xác 20 g rong sụn, nghiền nhỏ. Dung môi ethanol được cho vào theo tỷ lệ 15ml ethanol/1g rong sụn, trích ly ở nhiệt độ 40 °C, trong 5 giờ [13]. Dịch chiết thu được cô quay chân không, thu cao ethanol có khối lượng từ 1,6 g đến 2,0 g. Hàm lượng polyphenol được xác định theo tiêu chuẩn ISO 145021:2005 [14]. Dung dịch polyphenol 2.5% được chuẩn bị từ kết quả đo tổng hàm lượng polyphenol.

Tôm sú được thu mua ở chợ đầu mối Bình Điền (thuộc thành phố-Hồ Chí Minh). Tôm được lựa chọn có cấu trúc hoàn chỉnh, nguyên vẹn, và còn sống phù hợp cho quá trình khảo sát. Khối lượng tôm dùng thí nghiệm là 30 kg với kích cỡ 35-40 con/kg. Tôm được rửa bằng nước sạch, phân vào 300 túi polyethylene vô trùng. Các túi mẫu-được bảo quản trong thùng polystyrene chứa nước đá bào với tỷ lệ tôm: đá = 1: 2 (w/w), và được chuyển đến phòng thí nghiệm sau 2 giờ. Tại phòng thí nghiệm, các túi mẫu được tiếp tục đặt trong thùng xốp polystyrene và giữ lạnh ở 0 °C bằng thiết bị refrigerator.

Tại phòng thí nghiệm tôm được chia làm 4 phần. Thời gian, nhiệt độ, và nồng độ các dung dịch dùng xử lý tôm trước khi bảo quản được áp dụng như nghiên cứu của Sallam cùng cộng sự (2007) [15].

Phần 1: Mẫu đối chứng (ĐC): Tôm được giữ nguyên và được bảo quản ở 0°C

Phần 2: Mẫu bảo quản trong túi chân không (CK): tôm được cho vào túi hút chân không đạt tới giá trị 2,50 mbar, xác định bởi thiết bị Testo 552, bảo quản ở 0°C.

Phần 3: Mẫu xử lý trong dịch chiết polyphenol 2,5% (PP) trước khi bảo quản: tôm được nhúng trong dịch chiết polyphenol 2,5% (PP) trong khoảng thời gian 10 phút ở nhiệt độ 4°C, bảo quản ở 0°C.

Phần 4: Mẫu xử lý trong dịch chiết polyphenol 2,5%, sau đó được bảo quản trong túi chân không (PP/CK): tôm được nhúng trong dịch chiết polyphenol 2,5% trong khoảng thời gian 10 phút ở nhiệt độ 4°C. Sau đó các túi mẫu được hút chân không đạt tới giá trị 2,50 mbar, xác định bởi thiết bị Testo 552, bảo quản ở 0°C.

- Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu: Thiết bị cô quay chân không eyela/Nhật (N-1200AS, 243110), thiết bị quang phổ hấp thụ UV-Vis Thermo - Mỹ (GENESYS 50 UV-VIS). Thiết bị đóng gói chân không Falcon 80 (Henkelmen Hà Lan). Thiết bị đo độ chân không Testo 552 (Trung Quốc). Thiết bị HPLC (Waters 600, Artisan Technology Group, USA). thiết bị HPLC Agilent 1260 (Agilent Technologies, USA).

2.2. Các phương pháp thực nghiệm

2.2.1. Phương pháp Quality index method (QIM) cho tôm sú

Phương pháp QIM cho tôm sú được thực hiện như thông báo của Lê Nhật Tâm và cộng sự (2017) [7]. Hội đồng gồm 6 chuyên gia tham gia xây dựng phương pháp QIM cho tôm sú. Đầu tiên tôm được để ướp tự nhiên, và các chuyên gia sẽ quan sát, mô tả các chỉ tiêu bao gồm màu sắc, cấu trúc và mùi. Các thuộc tính của các mục tiêu này sẽ được ghi nhận cẩn thận theo trình tự từ lúc tươi cho đến khi ướp hỏng hoàn toàn. Tiếp theo, các chuyên gia sẽ sắp xếp thứ tự các thuật ngữ mô tả vào trong khung điểm từ 0 đến 3 theo độ tươi giảm dần. Tôm được đánh giá qua các thuộc tính đã được chọn lựa, và ghi nhận điểm tương ứng. Chất lượng của tôm được đánh giá bằng tổng số điểm của các thuộc tính.

2.2.2. Phương pháp xác định TVB-N

Hàm lượng TVB-N trong tôm được xác định theo công bố của Jinadasa (2014) [16]. Các thành phần base dễ bay hơi được trích bằng acid perchloric bằng máy xay (MX-SM1031S, Panasonic, Japan). Sau đó, tiến hành chưng cất dịch thu được trong môi trường kiềm, các thành phần của TVB được hấp thụ bằng một lượng dư NaOH 0,1N và dùng HCl 0,1N để chuẩn độ.

2.2.3. Phương pháp xác định TMA-N

Hàm lượng TMA-N được xác định theo tiêu chuẩn AOAC 971-14 [17]. Trimethylamine trong tôm được trích ly bằng dung dịch TCA 7,5% (w/v.). Tiếp theo trimethylamine cho phản ứng với acid picric tạo muối pirat có màu vàng. Định lượng TMA bằng phương pháp đo màu với bước sóng hấp thụ ở 410 nm.

2.2.4. Phương pháp xác định histamine

Histamine ở tôm sú được xác định theo phương pháp của Gouygou cùng cộng sự (1987) [18]. Histamine trong tôm được trích ly bằng ethanol. Tiếp theo, histamine được tạo dẫn xuất huỳnh quang với o-phthalaldehyde (OPA) và 2-mercap-toethanol. Hàm lượng histamine được phân tích trên thiết bị HPLC (Waters 600, Artisan Technology Group, USA) ở điều kiện chạy bao gồm: cột C₁₈ (Agilent Technologies, USA), nhiệt độ cột 40°C, pha động ethanol 80%, tốc độ dòng 1ml/phút. Đầu dò huỳnh quang (Waters 474, USA) được dùng để xác định hợp chất huỳnh quang này với $\lambda_{EX} = 359\text{nm}$, $\lambda_{EM} = 445\text{nm}$.

2.2.5. Phương pháp xác định hypoxanthine

Hypoxanthine ở tôm sú được xác định bởi phương pháp [19, 20]. Theo phương pháp này hypoxanthine được trích ly bằng dung môi acid perchloric 6% trong 10 phút bằng Vortex (Scilogex-MX-E, Lab Gear, USA). Tiếp theo hỗn hợp được ly tâm ở tốc độ 3000v/phút trong 10 phút bằng thiết bị ly tâm (EBA 20S, Hettich, Germany) và thu lấy phần dịch chứa hypoxanthine. Hypoxanthine được xác định bằng phương pháp HPLC. Thiết bị HPLC Agilent 1260 (Agilent Technologies, USA), đầu dò DAD (Agilent 1260 detector), cột 5C18-PAQ (Nacalai Tesque, Japan), nhiệt độ cột 30°C. Hypoxanthine xác định ở bước sóng 248nm.

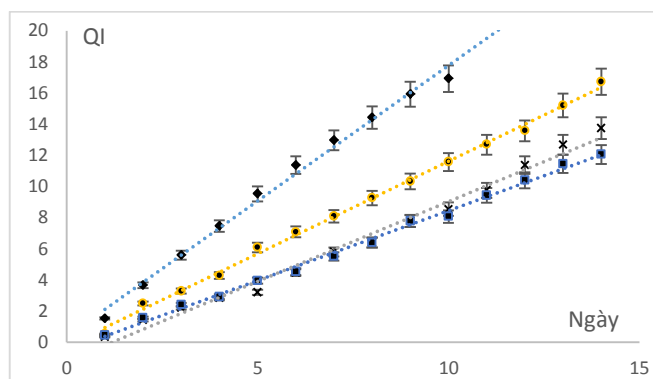
2.2.6. Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được tiến hành 3 lần. Dữ liệu thu thập được xử lý thống kê bằng phần mềm Statgraphics centurion, xác định mô hình tuyến tính bằng MS. Excel (2010). Sự khác biệt có ý nghĩa ở mức ($p < 0,05$).

III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Biến đổi QIM

Các giá trị QI của 4 mẫu thí nghiệm đều có sự khác biệt về mặt thống kê giữa các ngày bảo quản, và được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Giá trị QI của các mẫu thí nghiệm theo thời gian bảo quản (♦ mẫu ĐC, mẫu x CK, ● mẫu PP, ■ mẫu PP/CK). Phương trình hồi quy tuyến tính tương ứng: $y = 1,74x + 0,38$, $R^2 = 0,993$; $y = 1,03x - 1,22$, $R^2 = 0,988$; $y = 1,19x - 0,25$, $R^2 = 0,997$; $y = 0,90x - 0,52$, $R^2 = 0,996$, với y là QI, x là ngày bảo quản.

Từ kết quả khảo sát cho thấy giá trị QI của các mẫu khảo sát tăng tuyến tính theo thời gian bảo quản. Tuy nhiên, do mức độ ảnh hưởng của các phương pháp bảo quản khác nhau nên biến đổi giá trị QI của mẫu khác nhau. Ở mẫu ĐC, tôm bảo quản ở ngày 9 có các dấu hiệu cảm quan: đầu hầu như tách khỏi thân, vỏ tôm tách khỏi phần thịt, thịt biến vàng hay hồng nhạt. Đặc biệt, tôm có mùi chua, và tanh rõ rệt. Các đặc tính này cũng thể hiện ở ngày 13, 11, 13 tương ứng với các mẫu CK, PP, và PP/CK còn lại. Theo kết quả của nghiên cứu Lê Nhật Tâm cùng cộng sự (2017) [7] hạn sử dụng của tôm sú bảo quản 0°C là 8 ngày. ở ngày 9 các dấu hiệu cảm quan cũng biểu thị tương tự như khảo sát. Như vậy, hạn sử dụng của các mẫu là 8 ngày, 12 ngày, 10 ngày, và 12 ngày ứng với mẫu ĐC, CK, PP, và mẫu PP/CK. Tại thời điểm này, các giá trị QI của các mẫu có giá trị 14,33, 11,37, 11,58, và 10,40, tương ứng với mẫu ĐC, CK, PP, và PP/CK. Như vậy, QI của các mẫu PP, CK, và PP/CK có giá trị thấp hơn mẫu đối chứng tại thời điểm chất lượng không chấp nhận cho người tiêu dùng. Điều này được giải thích liên quan đến sự hình thành các đốm đen ở tôm. Nguyên nhân hình thành các đốm đen ở tôm bắt đầu từ các sinh vật gây bệnh như PGBP (Peptidoglycan binding protein), LGBP (Lipopolysaccharide và β -1,3-glucan binding protein) và BGBP (β -1,3-glucan binding protein) kích hoạt các enzyme polyphenoloxidase (PPO) từ vô hoạt trở nên có hoạt tính. Tiếp theo, PPO xúc tác chuyển hóa các nhóm phenol ở các acid amine thành quinone không màu. Cuối cùng các phân tử quinone bị oxy hóa bởi oxy không khí hình thành các sắc tố màu đen gọi là melanin [21]. Như vậy, có hai yếu tố liên quan đến sự tạo đốm đen, thứ nhất là các nhóm phenolic tồn tại ở các acid amine như tyrosine, phenylalanine, thứ hai là sự có mặt của oxygen trong quá trình oxy hóa các phân tử quinon thành melanin. Dựa trên lập luận đó mục tiêu nghiên cứu xem xét bổ sung dung dịch polyphenol vào tôm trước khi bảo quản, bảo quản tôm trong điều kiện thiếu oxy, và kết hợp cả hai trường trên. Mẫu tôm sau khi xử lý dịch chiết polyphenol từ Rong Sụn và tiếp theo bảo quản chân không cho thấy tôm gần như không xuất đốm đen trong suốt thời gian bảo quản. Nghiên cứu ức chế tạo đốm đen ở tôm cũng được thông báo bởi Nirmal cùng cộng sự và Pardio cùng cộng sự. Các tác giả này nghiên

cứu ảnh hưởng của các dung dịch acid feruvic, acid ascorbic, acid citric, potassium sorbate and 4-hexyl resorcinol đến sự tạo đốm đen ở tôm (Panaeus aztecus) [22, 23]. Hạn sử dụng còn lại của các mẫu khảo sát có thể ước tính qua các phương trình hồi quy tuyến tính. Bằng cách tiến hành đánh giá chất lượng tôm bằng QIM để có điểm QI. Tiếp theo, điểm QI được thay thế vào phương trình hồi quy tuyến tính trong ứng để xác định ngày bảo quản. So sánh số ngày bảo quản với hạn sử dụng suy ra hạn bảo quản còn lại.

3.2. Biến đổi TVB-N

Nhìn chung, giá trị TVB-N của các mẫu có sự khác biệt về mặt thống kê giữa các ngày ($p \leq 0.05$), và tăng dần theo thời gian bảo quản (Bảng 1).

Bảng 1. Giá trị TVB-N của các mẫu tôm thí nghiệm theo thời gian bảo quản

	ĐC mẫu	CK mẫu	PP mẫu	PP/CK mẫu
1	6,46 ^a ± 0,05	4,32 ^a ± 0,01	6,39 ^a ± 0,01	4,41 ^a ± 0,00
2	7,77 ^b ± 0,01	5,07 ^b ± 0,04	7,41 ^b ± 0,02	4,89 ^b ± 0,01
3	9,09 ^c ± 0,01	5,48 ^c ± 0,08	8,31 ^c ± 0,01	5,25 ^c ± 0,02
4	11,37 ^d ± 0,03	6,72 ^d ± 0,03	9,03 ^d ± 0,04	6,77 ^d ± 0,04
5	14,58 ^e ± 0,08	8,89 ^e ± 0,07	1,65 ^e ± 0,07	8,28 ^e ± 0,01
6	18,89 ^f ± 0,02	9,49 ^f ± 0,04	14,89 ^f ± 0,04	9,12 ^f ± 0,05
7	22,73 ^g ± 0,02	12,19 ^g ± 0,09	17,84 ^g ± 0,03	11,71 ^g ± 0,04
8	26,17 ^h ± 0,04	14,41 ^h ± 0,07	20,62 ^h ± 0,02	13,87 ^h ± 0,02
9	32,30 ⁱ ± 0,05	15,73 ⁱ ± 0,03	23,68 ⁱ ± 0,05	15,50 ⁱ ± 0,07
10	37,52 ^k ± 0,01	18,67 ^k ± 0,02	28,05 ^k ± 0,02	18,38 ^k ± 0,02
11		23,16 ^l ± 0,01	32,45 ^l ± 0,01	22,71 ^l ± 0,01
12		27,49 ^m ± 0,01	37,14 ^m ± 0,05	27,19 ^m ± 0,06
13		32,36 ⁿ ± 0,07		31,78 ⁿ ± 0,03
14		36,12 ^o ± 0,04		35,15 ^o ± 0,03
Phương trình hồi quy tuyến tính. Y: TVB X: ngày	y = 1,60x + 4,67 R ² = 0,979 x: 1 đến 4	y = 1,10x + 2,81 R ² = 0,949 x: 1 đến 6	y = 1,2x + 4,92 R ² = 0,929 x: 1 đến 5	y = 0,92x + 3,19 R ² = 0,894 x: 1 đến 6
	y = 4,52x – 8,57 R ² = 0,991 x: 5 đến 10	y = 3,54x – 14,61 R ² = 0,972 x: 7 đến 14	y = 4,05x – 11,17 R ² = 0,988 x: 6 đến 12	y = 3,49x – 14,59 R ² = 0,991 x: 7 đến 14

Giá trị TVB-N ở ngày 1 bằng 6,46 mg /100 g; 4,32 mg /100 g; 6,39 mg /100 g; 4,41 mg /100 g, tương ứng với mẫu ĐC, CK, PP và PP/CK. Như vậy, các mẫu được bảo quản chân không có giá trị TVB-N thấp hơn. Điều này giải thích do liên quan đến khả năng tăng sinh của vi sinh vật trong môi trường chân không. Đối với mẫu ĐC, TVB-N ở ngày 1 (6,46 mg /100 g) thấp hơn so với nghiên cứu Reddy cùng cộng sự [24] trên tôm sú là 8,92 mg /100 g và tôm pacific white là 8,01 mg /100 g [22], 7,9 mg /100 g [25], 7,2 mg /100 g [12]. Sự khác biệt này có thể giải thích là do có sự khác nhau về thành phần hóa học giữa các loài tôm, điều kiện nuôi, môi trường nước, chế độ thức ăn cũng như điều kiện sinh lý ở mỗi loại [1, 26]. Bảng 1 cho thấy, sự biến đổi giá trị TVB-N trải qua 2 giai đoạn chậm và nhanh. Ở giai đoạn bắt đầu ngày 1 đến ngày 4 đối với mẫu ĐC, đến ngày 6 đối với mẫu CK, đến ngày 5 đối với mẫu PP, và đến ngày 6 đối với mẫu PP/CK. Sau đó, giá trị TVB-N tăng nhanh ở những ngày tiếp theo. Các hoạt động này xảy ra trong giai đoạn phân hủy [27]. Điều này giải thích tại sao TVB-N tăng nhanh ở giai đoạn 2. Tại thời điểm được xem là hạn sử dụng giá trị TVB-N là 26,17 mg /100 g; 27,49 mg /100 g; 28,05 mg /100 g và 27,19 mg /100 g, tương ứng với mẫu ĐC, CK, PP và PP/CK. Các giá trị này đều thấp hơn 35 mg / 100 g được xem là giới hạn cho phép đối với người tiêu dùng [27]. Các phương trình hồi quy tuyến tính giữa

TVB và ngày bảo quản được trình ở Bảng 1. Các hệ số góc của các phương trình hồi quy tuyến tính của các mẫu cho thấy giai đoạn 2 lớn hơn nhiều so với giai đoạn 1. Ví dụ ở mẫu ĐC giai đoạn 1 là 1,60 và giai đoạn 2 là 4,52. Các nhận xét trên đều có ý nghĩa đối với chỉ số TMA-N và histamine.

3.3. Biến đổi TMA-N

TMA-N là một thành phần của TVB-N, được hình thành từ TMAO thông qua hoạt động của enzyme TMAOase [28]. Giá trị TMA-N của các mẫu được trình bày như Bảng 2.

Bảng 2 Giá trị TMA-N của các mẫu tôm thí nghiệm theo thời gian bảo quản

Thời gian bảo quản	Mẫu ĐC	Mẫu CK	Mẫu PP	Mẫu PP/CK
1	0,67 ^a ± 0,04	0,40 ^a ± 0,03	0,59 ^a ± 0,02	0,40 ^a ± 0,04
2	0,89 ^b ± 0,05	0,59 ^b ± 0,03	0,75 ^b ± 0,02	0,51 ^b ± 0,04
3	1,08 ^c ± 0,02	0,79 ^c ± 0,01	0,98 ^c ± 0,05	0,66 ^c ± 0,01
4	1,53 ^d ± 0,02	0,89 ^d ± 0,02	1,37 ^d ± 0,04	0,85 ^d ± 0,02
5	2,09 ^e ± 0,01	1,21 ^e ± 0,02	1,63 ^e ± 0,04	1,21 ^e ± 0,03
6	3,34 ^f ± 0,01	1,66 ^f ± 0,05	2,48 ^f ± 0,01	1,43 ^f ± 0,06
7	5,15 ^g ± 0,04	2,24 ^g ± 0,05	3,27 ^g ± 0,01	1,90 ^g ± 0,07
8	7,36 ^h ± 0,07	3,02 ^h ± 0,06	4,94 ^h ± 0,04	2,39 ^h ± 0,02
9	9,14 ⁱ ± 0,04	3,97 ⁱ ± 0,07	5,83 ⁱ ± 0,03	3,28 ⁱ ± 0,04
10	10,48 ^k ± 0,01	4,42 ^k ± 0,03	7,19 ^k ± 0,02	4,22 ^k ± 0,01
11		6,01 ^l ± 0,05	9,21 ^l ± 0,07	5,41 ^l ± 0,02
12		7,24 ^m ± 0,01	11,41 ^m ± 0,01	7,02 ^m ± 0,03
13		10,13 ⁿ ± 0,05		9,57 ⁿ ± 0,05
14		12,24 ^o ± 0,01		11,88 ^o ± 0,05
Phương trình hồi quy tuyến tính. Y: TMA X: ngày	y = 0,28x + 0,35 R ² = 0,957 x: 1 đến 4	y = 0,24x + 0,10 R ² = 0,948 x: 1 đến 6	y = 0,27x + 0,25 R ² = 0,980 x: 1 đến 5	y = 0,21x + 0,10 R ² = 0,964 x: 1 đến 6
	y = 1,76x - 6,93 R ² = 0,994 x: 5 đến 10	y = 1,39x - 8,46 R ² = 0,936 x: 7 đến 14	y = 1,46x - 6,82 R ² = 0,977 x: 6 đến 12	y = 1,41x - 9,06 R ² = 0,940 x: 7 đến 14

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị TMA-N của ngày 1 là 0,67 mg/ 100 g; 0,4 mg/ 100 g; 0,59 mg/100 g; 0,4 mg/ 100 g, tương ứng với mẫu ĐC, CK, PP và PP/CK. Tương tự như biến đổi TVB-N, giá trị TMA-N thay đổi chậm ở giai đoạn đầu và nhanh ở giai đoạn sau. Tuy nhiên khoảng thời gian này ở các mẫu hoàn toàn khác nhau, nguyên nhân có thể kể đến do ảnh hưởng của việc xử lý và bảo quản mẫu. Khoảng thời gian của giai đoạn chậm từ ngày 1 đến ngày 4 với mẫu ĐC, đến ngày 6 với mẫu CK, đến ngày 5 với mẫu PP và đến ngày 6 với mẫu PP/CK. Tại các thời điểm này giá trị TMA-N là 1,53 mg/ 100 g; 1,66 mg/ 100 g; 1,63 mg/ 100 g và 1,43 mg/ 100 g, tương ứng cho mẫu ĐC, CK, PP và PP/CK. Theo thông báo của Bonnell. (2012) [29], cá tuyết (cod) chất lượng tươi có TMA-N thấp hơn 1.5 mg/ 100 g. Chất lượng tôm đạt loại tốt có giá trị TMA-N thấp hơn 1,51 mg/ 100 g [7]. Các giá trị TMA-N của các mẫu khảo sát cũng có giá trị gần bằng 1.5 mg/ 100 g ở thời điểm cuối của giai đoạn 1 (1,86 mg/ 100 g; 1,66 mg/ 100 g; 1,63 mg/ 100 g; 1,43 mg/ 100 g), trước khi đi vào giai đoạn phân hủy. Tại thời điểm được xem là giới hạn của hạn sử dụng, giá trị TMA-N của các mẫu đạt như sau: 7.36 mg/ 100 g; 7,24 mg/ 100 g; 7,19 mg/ 100 g và 7,02 mg/ 100 g, tương ứng với mẫu ĐC, CK, PP, và PP/CK. Các phương trình hồi quy tuyến tính giữa TMA và ngày bảo quản được trình bày ở Bảng 2.

3.4. Biến đổi histamine

Histamine là một amine sinh học, hình thành từ histidine qua phản ứng decarboxyl hóa, do vi khuẩn *Achromobacter histamineum* [30]. Các amine khác như cadaverine, putrescine, permine, permidine cũng hình thành theo cơ chế này. Vì hình thành từ chuyển hóa của các vi khuẩn nên lượng histamine trong tôm

chịu đặc tính phát triển của vi khuẩn. Nghĩa là lượng histamine sẽ tăng nhanh ở giai đoạn sau. Bảng 3 là số liệu histamine ở các mẫu khảo sát.

Bảng 3. Biến đổi hàm lượng histamine ở các mẫu tôm bảo quản ở những điều kiện khác nhau

Thời gian bảo quản	Mẫu ĐC	Mẫu CK	Mẫu PP	Mẫu PP/CK
1	0,46 ^a ± 0,03	0,20 ^a ± 0,04	0,19 ^a ± 0,01	0,19 ^a ± 0,01
2	0,66 ^b ± 0,04	0,24 ^b ± 0,01	0,23 ^b ± 0,01	0,22 ^b ± 0,03
3	0,79 ^c ± 0,01	0,36 ^c ± 0,02	0,39 ^c ± 0,03	0,31 ^c ± 0,01
4	0,95 ^d ± 0,02	0,41 ^d ± 0,01	0,49 ^d ± 0,04	0,44 ^d ± 0,05
5	1,13 ^e ± 0,05	0,55 ^e ± 0,01	0,69 ^e ± 0,05	0,52 ^e ± 0,06
6	1,35 ^f ± 0,07	0,79 ^f ± 0,04	0,79 ^f ± 0,05	0,77 ^f ± 0,04
7	1,88 ^g ± 0,01	0,97 ^g ± 0,03	0,97 ^g ± 0,03	0,94 ^g ± 0,04
8	2,41 ^h ± 0,03	1,21 ^h ± 0,05	1,46 ^h ± 0,07	1,37 ^h ± 0,04
9	2,83 ⁱ ± 0,05	1,58 ⁱ ± 0,08	2,11 ⁱ ± 0,02	1,74 ⁱ ± 0,07
10	3,23 ^k ± 0,04	1,86 ^k ± 0,06	2,51 ^k ± 0,01	2,01 ^k ± 0,01
11		2,19 ^l ± 0,04	2,99 ^l ± 0,01	2,34 ^l ± 0,03
12		2,48 ^m ± 0,04	3,57 ^m ± 0,04	2,66 ^m ± 0,04
13		3,29 ⁿ ± 0,01		3,28 ⁿ ± 0,06
14		3,78 ^o ± 0,08		3,90 ^o ± 0,06
Phương trình hồi quy tuyến tính. Y: Histamine X: ngày	y = 0,16x + 0,32 R ² = 0,993 x: 1 đến 4	y = 0,11x + 0,03 R ² = 0,927 x: 1 đến 6	y = 0,13x + 0,02 R ² = 0,916 x: 1 đến 5	y = 0,09x + 0,07 R ² = 0,967 x: 1 đến 6
	y = 0,44x – 1,18 R ² = 0,991 x: 5 đến 10	y = 0,39x – 1,97 R ² = 0,966 x: 7 đến 14	y = 0,48x – 2,26 R ² = 0,990 x: 6 đến 12	y = 0,40x – 1,89 R ² = 0,980 x: 7 đến 14

Các dữ liệu cho thấy lượng histamine trong giai đoạn đầu của quá trình bảo quản tăng chậm so với giai đoạn 2. Tuy nhiên, do có sự khác biệt về phương pháp bảo quản mà những khoảng thời gian này có khác nhau ở các mẫu. Cụ thể khoảng thời gian giai đoạn 1 ở các mẫu như sau: 4 ngày đối với mẫu ĐC, 6 ngày đối với mẫu CK, 5 ngày đối với mẫu PP, và 6 ngày đối với mẫu PP/CK. Tại thời điểm được đánh giá là hạn sử dụng của các mẫu khảo sát giá trị histamine là 2,41; 2,48; 2,51; 2,66 mg/100 g, tương đương với 24,1 mg/1000 g, 24,8 mg/1000 g, 25,1 mg/1000 g, và 26,6 mg/1000g. Theo tiêu chuẩn của Châu Âu và Cục Quản lý Dược Phẩm, Thực Phẩm Hoa Kỳ ngưỡng giá trị histamine cho phép là 200 mg/1000g và 50 mg/1000 g [8]. Như vậy, các mẫu khảo sát đều đạt yêu cầu về tiêu chuẩn histamine. Hai phương trình hồi quy tuyến tính cho hai giai đoạn của các mẫu được trình bày như Bảng 3.

3.6. Biến đổi hypoxanthine

Hypoxanthine là sản phẩm hình thành từ quá trình thủy phân inosine monophosphate (IMP) được xúc tác bởi enzyme nội sinh [31]. Hypoxanthine là một thành phần trong đánh giá chất lượng của chỉ số K được Saito (1959) đưa ra đánh giá cho một vài loài cá [32]. Chỉ số K bao gồm các thành phần: ATP, ADP, AMP, 4 inosine monophosphate, inosine, hypoxanthine. Một điểm đặc biệt của hệ số K qua nghiên cứu của nhiều công trình thì giá trị K tăng tuyến tính với thời gian bảo quản, và giá trị hypoxanthine cũng có đặc điểm đó [2, 15, 33, 34]. Bảng 4 trình bày các giá trị hypoxanthine ở các mẫu khảo sát. Phương trình hồi quy tuyến tính được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Biến đổi hàm lượng hypoxanthine trong tôm bảo quản ở những điều kiện khác nhau

Thời gian bảo quản	Mẫu ĐC	Mẫu CK	Mẫu PP	Mẫu PP/CK
1	0,67 ^a ± 0,01	0,21 ^a ± 0,02	0,34 ^a ± 0,01	0,19 ^a ± 0,02
2	0,78 ^b ± 0,03	0,46 ^b ± 0,02	0,53 ^b ± 0,01	0,38 ^b ± 0,03
3	0,95 ^c ± 0,05	0,80 ^c ± 0,03	0,83 ^c ± 0,06	0,60 ^c ± 0,04
4	1,02 ^d ± 0,02	0,86 ^d ± 0,04	0,94 ^d ± 0,03	0,67 ^d ± 0,06
5	1,38 ^e ± 0,02	0,99 ^e ± 0,03	1,13 ^e ± 0,07	0,88 ^e ± 0,07
6	1,59 ^f ± 0,05	1,27 ^f ± 0,01	1,37 ^f ± 0,01	1,02 ^f ± 0,01
7	2,07 ^g ± 0,03	1,60 ^g ± 0,01	1,65 ^g ± 0,02	1,25 ^g ± 0,03
8	2,13 ^h ± 0,06	1,69 ^h ± 0,02	1,77 ^h ± 0,01	1,30 ^h ± 0,01
9	2,49 ⁱ ± 0,03	1,90 ⁱ ± 0,03	1,99 ⁱ ± 0,03	1,49 ⁱ ± 0,06
10	2,87 ^k ± 0,01	1,96 ^k ± 0,05	2,51 ^k ± 0,05	1,70 ^k ± 0,03
11		2,22 ^l ± 0,03	2,79 ^l ± 0,04	1,94 ^l ± 0,07
12		2,36 ^m ± 0,07	2,94 ^m ± 0,03	2,40 ^m ± 0,02
13		2,51 ⁿ ± 0,03		2,59 ^o ± 0,08
14		2,68 ^o ± 0,02		275 ^p ± 0,04
Y: hypoxanthine X: ngày	y = 0,25x + 0.23 R ² = 0,971 x: 1 đến 10	y = 0,19x + 0.13 R ² = 0,990 x: 1 đến 14	y = 0,25x - 0.06 R ² = 0,985 x: 1 đến 12	y = 0,19x - 0.09 R ² = 0,979 x: 1 đến 14

3.5. Tương quan giữa các chỉ số chất lượng hóa học

Kết quả các thí nghiệm khảo sát cho thấy giá trị các chỉ số hóa sinh bao gồm TVB-N, TMA-N, histamine, và hypoxanthine tăng tuyến tính theo ngày bảo quản. Tuy nhiên đối với TVB-N, TMA-N, và histamine tăng theo hai giai đoạn khác nhau ứng với quá trình tự phân và phân hủy thủy sản sau khi chết [27]. Vì giá trị của các chỉ số cùng tương quan tuyến tính với thời gian bảo quản nên giữa chúng có sự tương quan tuyến tính với nhau. Phương trình hồi quy tuyến tính giữa các chỉ số chất lượng được trình bày ở Bảng 5. Do ảnh hưởng của các điều kiện bảo quản khác nhau nên phương trình hồi quy giữa các chỉ số ở các mẫu cũng khác nhau. Đối với một mẫu trong một điều kiện bảo quản xác định có thể sử dụng các phương trình hồi quy tuyến tính giữa các chỉ số với ngày bảo quản, và giữa các chỉ số để kiểm chứng độ tươi của tôm. Những can thiệp có tính tiêu cực trong thời gian gần đây ở Việt Nam cho thấy sử dụng hóa chất có thể làm thay đổi trạng thái cảm quan. Tuy nhiên, không thể thay đổi những biến đổi hóa sinh. Phương pháp đánh giá các chỉ số hóa sinh như một phương pháp kiểm chứng kết quả cảm quan. Đồng thời, từ giá trị của chỉ số này có thể ước tính giá trị của các chỉ số khác qua phương trình hồi quy tuyến tính giữa chúng.

Bảng 5. Phương trình hồi quy tuyến tính giữa các chỉ số TVB-N, TMA-N, histamine (His), hypoxanthine (Hx)

Mẫu ĐC					
TVB = 5,71TMA + 2,73 R ² = 0,996 Ngày 1 đến ngày 4	TVB = 9,92His + 1,58 R ² = 0,9644 Ngày 1 đến ngày 4	TVB = 12,64Hx - 2,13 R ² = 0,924 Ngày 1 đến ngày 4	TMA = 1,71His - 0,18 R ² = 0,9426 Ngày 1 đến ngày 4	TMA = 2,16Hx - 0,80 R ² = 0,885 Ngày 1 đến ngày 4	His = 1,28Hx - 0,38 R ² = 0,9632 Ngày 1 đến ngày 4
TVB = 2,55TMA + 9,39 R ² = 0,980 Ngày 5 đến ngày 10	TVB = 10,13His + 3,70 R ² = 0,979 Ngày 5 đến ngày 10	TVB = 15,24Hx - 6,46 R ² = 0,979 Ngày 5 đến ngày 10	TMA = 3,97His - 2,23 R ² = 0,998 Ngày 5 đến ngày 10	TMA = 5,86Hx - 5,97 R ² = 0,961 Ngày 5 đến ngày 10	His = 1,48Hx - 0,95 R ² = 0,967 Ngày 5 đến ngày 10
Mẫu CK					
TVB = 4,50TMA + 2,50 R ² = 0,933 Ngày 1 đến ngày 6	TVB = 9,27His + 2,72 R ² = 0,915 Ngày 1 đến ngày 6	TVB = 5,13Hx + 2,74 R ² = 0,8435 Ngày 1 đến ngày 6	TMA = 2,07His + 0,04 R ² = 0,9933 Ngày 1 đến ngày 6	TMA = 1,15Hx + 0,05 R ² = 0,9134 Ngày 1 đến ngày 6	His = 0,54Hx + 0,01 R ² = 0,891 Ngày 1 đến ngày 6
TVB = 2,46TMA + 7,32 R ² = 0,980 Ngày 7 đến ngày 14	TVB = 8,87His + 3,27 R ² = 0,982 Ngày 7 đến ngày 14	TVB = 22,29Hx - 24,62 R ² = 0,977 Ngày 7 đến ngày 14	TMA = 3,57His - 1,60 R ² = 0,991 Ngày 7 đến ngày 14	TMA = 8,80Hx - 12,45 R ² = 0,945 Ngày 7 đến ngày 14	His = 2,48Hx - 3,07 R ² = 0,965 Ngày 7 đến ngày 14
Mẫu PP					
TVB = 4,44TMA + 3,84 R ² = 0,924 Ngày 1 đến ngày 5	TVB = 9,63His + 4,72 R ² = 0,967 Ngày 1 đến ngày 5	TVB = 5,92Hx + 4,10 R ² = 0,899 Ngày 1 đến ngày 5	TMA = 2,09His + 0,23 R ² = 0,970 Ngày 1 đến ngày 5	TMA = 1,31Hx + 0,07 R ² = 0,935 Ngày 1 đến ngày 5	His = 0,62Hx - 0,07 R ² = 0,938 Ngày 1 đến ngày 5
TVB = 2,51TMA + 9,09 R ² = 0,994 Ngày 6 đến ngày 12	TVB = 7,65His + 9,21 R ² = 0,987 Ngày 6 đến ngày 12	TVB = 13,14Hx - 3,24 R ² = 0,979 Ngày 6 đến ngày 12	TMA = 3,04x + 0,09 R ² = 0,981 Ngày 6 đến ngày 12	TMA = 5,16x - 4,74 R ² = 0,953 Ngày 6 đến ngày 12	His = 1,9Hx - 1,57 R ² = 0,962 Ngày 6 đến ngày 12
Mẫu PP/CK					
TVB = 4,63TMA + 2,58 R ² = 0,985 Ngày 1 đến ngày 6	TVB = 0,11His - 0,30 R ² = 0,940 Ngày 1 đến ngày 6	TVB = 0,15Hx - 0,36 R ² = 0,913 Ngày 1 đến ngày 6	TMA = 1,82His + 0,10 R ² = 0,955 Ngày 1 đến ngày 6	TMA = 1,28Hx + 0,05 R ² = 0,943 Ngày 1 đến ngày 6	His = 0,67Hx - 0,01 R ² = 0,893 Ngày 1 đến ngày 6
TVB-N = 2,41TMA + 8,30 R ² = 0,979 Ngày 7 đến ngày 14	TVB = 0,11His - 0,19 R ² = 0,976 Ngày 7 đến ngày 14	TVB = 0,07Hx + 0,43 R ² = 0,989 Ngày 7 đến ngày 14	TMA = 3,58His - 2,45 R ² = 0,978 Ngày 7 đến ngày 14	TMA = 5,88Hx - 5,62 R ² = 0,952 Ngày 7 đến ngày 14	His = 1,62Hx - 0,85 R ² = 0,949 Ngày 7 đến ngày 14

IV. KẾT LUẬN

Các biến đổi của tôm sú sau thu hoạch được xử lý bằng các điều kiện khác nhau cho thấy, các tiến trình tự phân và phân hủy có thể kiểm soát. Các yếu tố cảm quan, hóa sinh được sử dụng trong nghiên cứu này đã chứng minh được hiệu quả của chúng. Các chỉ số chất lượng tham gia vào tiến trình đánh giá đã phát huy năng lực, phản ánh sự biến đổi chất lượng trong suốt quá trình bảo quản. Các chỉ số chất lượng TVB-N, TMA-N, histamine có tương quan tuyến tính với thời gian bảo quản theo hai giai đoạn khác nhau, tương ứng với giai đoạn tự phân và phân hủy. Đặc biệt, phương pháp QIM thể hiện hiệu quả rõ trong đánh giá cảm quan. Giá trị QI có thể cho chúng ta ước tính hạn sử dụng còn lại của tôm. Phương trình hồi quy tuyến tính giữa các chỉ số đã được xây dựng, Từ đó có thể ngoại giá trị giữa các chỉ số. Phương pháp đánh giá các chỉ số hóa sinh như một phương pháp kiểm chứng cho đánh giá cảm quan. Tôm được bảo quản trong điều kiện chân không kết hợp với xử lý dung dịch polyphenol có khả năng ức chế gần như hoàn toàn tiến trình tạo đốm đen, tăng giá trị về mặt cảm quan, và giá trị thương mại. Kết quả của các thí nghiệm với cách xử lý mẫu bảo quản chân không cho kết quả kéo dài thời gian bảo quản đáng kể (12 ngày so với mẫu ĐC là 8 ngày).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rosa, R. and M.L. Nunes, Nutritional quality of red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso), pink shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas), and Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2004. 84(1): p. 89-94.
2. Kalledda, R. K., Han, I. Y., Toler, J. E., Chen, F., Kim, H. J., & Dawson, P. L. (2013). Shelf life extension of shrimp (white) using modified atmosphere packaging. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 63(2), 87-94.3. Huss, H.H., Quality and quality changes in fresh fish. *FAO fisheries technical paper*, 1995(348).
4. Ashie, I. N. A., Smith, J. P., Simpson, B. K., & Haard, N. F. (1996). Spoilage and shelf- life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 36(1-2), 87-121.5. Howgate, P., A critical review of total volatile bases and trimethylamine as indices of freshness of fish. Part 2. Formation of the bases, and application in quality assurance. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural & Food Chemistry*, 2010. 9(1).
6. Prester, L., Biogenic amines in fish, fish products and shellfish: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2011. 28(11): p. 1547-1560.
7. Le, N. T., Doan, N. K., Ba, T. N., & Tran, T. V. T. (2017). Towards improved quality benchmarking and shelf life evaluation of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Food chemistry*, 235, 220-226.
8. Biji, K., et al., Biogenic amines in seafood: a review. *Journal of food science and technology*, 2016. 53(5): p. 2210-2218.
9. Hyldig, G. and D.M. Green-Petersen, Quality Index Method—An objective tool for determination of sensory quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2004. 13(4): p. 71-80.
10. Martinsdóttir, E., Schelvis, R., Hyldig, G., & Sveinsdóttir, K. (2009). Sensory evaluation of seafood: methods. *Fishery Products—Quality, Safety and Authenticity*, Wiley-Blackwell, 425-443.
11. Nirmal, N.P. and S. Benjakul, Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 2011. 149(3): p. 247-253.

12. Mu, H., Chen, H., Fang, X., Mao, J., & Gao, H. (2012). Effect of cinnamaldehyde on melanosis and spoilage of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(10), 2177-2182.
13. Kossah, R., Nsabimana, C., Zhang, H., & Chen, W. (2010). Optimization of extraction of polyphenols from Syrian sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruits. *Research Journal of Phytochemistry*, 4(3), 146-153.
14. 14502, I., Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. 2005.
15. Sallam, K.I., Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. *Food Chemistry*, 2007. 101(2): p. 592-600.
16. Jinadasa, B., Determination of quality of marine fishes based on total volatile base nitrogen test (TVB-N). *Nature and Science*, 2014. 5(12).
17. Hungerford, J., AOAC Official Method 971.14 Trimethylamine Nitrogen in Seafood Colorimetric Method. *Fish and Other Marine Products. Official Methods of Analysis of AOAC International*, 1998. 7.
18. Gouygou, J., C. Sinquin, and P. Durand, High pressure liquid chromatography determination of histamine in fish. *Journal of Food Science*, 1987. 52(4): p. 925-927.
19. Veciana-Nogues, M., A. Mariné-Font, and M. Vidal-Carou, Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationships with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines, and organoleptic changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997. 45(6): p. 2036-2041.
20. 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*, 1993. 31(5): p. 303-310.
21. Gonçalves, A.A. and A.R.M. de Oliveira, Melanosis in crustaceans: A review. *LWT-Food Science and Technology*, 2016. 65: p. 791-799.
22. Nirmal, N.P. and S. Benjakul, Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food chemistry*, 2009. 116(1): p. 323-331.
23. Padio, V.T., K.N. Waliszewski, and P. Zuñiga, Biochemical, microbiological and sensory changes in shrimp (*Panaeus aztecus*) dipped in different solutions using face- centred central composite design. *International journal of food science & technology*, 2011. 46(2): p. 305-314.
24. Reddy, V. K., Shinde, P. A., Sofi, F. R., Shelar, P. S., & Patange, S. B. (2013). Effect of antimelanotic treatment and vacuum packaging on melanosis and quality condition of ice stored farmed tiger shrimp (*penaeus monodon*). *SAARC Journal of Agriculture*, 11(2), 33-47.
25. Huang, J., et al., Chitosan- based edible coatings for quality preservation of postharvest whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of food science*, 2012. 77(4): p. C491-C496.
26. Srikar, L., H. Seshadari, and A. Fazal, Changes in lipids and proteins of marine catfish (*Tachysurus dussumieri*) during frozen storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 1989. 24(6): p. 653-658.
27. Nollet, L.M. and F. Toldrá, *Handbook of seafood and seafood products analysis*. 2009: CRC Press.

