Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Science of The Earth & Environment 2025, ():1-10

Open Access Full Text Article

Bài nghiên cứu

Đánh giá hiệu quả của mô hình kinh tế tuần hoàn khi áp dụng cho nhà máy chế biến thủy sản dựa trên chỉ số tuần hoàn vật liệu

Trần Trung Kiên[1,*], Đồng Thị Thu Huyền[2], Trần Thế Bảo[1], Nguyễn Thanh Hùng[1], Lê Thanh Hải[1], Trần Thị Hiệu[1], Nguyễn Thị Phương Thảo[1]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn có khả năng áp dụng cho nhà máy chế biến thủy sản nước mặn. Các giải pháp đề xuất qua quá trình đánh giá hiện trạng phát thải trong giai đoạn sản xuất của nhà máy kết hợp với các kỹ thuật xử lý và chuyển đổi chất thải của các nghiên cứu trước. Mô hình được đề xuất cụ thể cho nhà máy chế biến thuỷ sản cho mục đích xuất khẩu, nguồn nguyên liệu chính của nhà máy là các loại thủy sản nước mặn. Bên cạnh đó, chỉ số tuần hoàn nguyên vật liệu đã được thiết lập và áp dụng cho mô hình kinh tế tuần hoàn đã đề xuất nhằm đánh giá hiệu quả của các kỹ thuật chuyển đổi chất thải. Chỉ số MCI được dùng để đánh giá khả năng tuần hoàn của các loại chất thải phát sinh, từ đó đánh giá được hiệu quả về môi trường và kinh tế của các giải pháp thu hồi chất thải được đề xuất. Kết quả cho thấy, chỉ có nước được nhập vào sử dụng để rửa nguyên vật liệu là 80% nguồn tái chế, do đó Fr của nước có giá trị là 0,8. Còn lại 7 sản phẩm thải bỏ là nguyên liệu thô 100% và không có thành phần tái chế, giá trị Fr của 7 sản phẩm còn lại bằng 0. Hầu hết các sản phẩm đều là sản phẩm thải bỏ vì vậy tỷ lệ nguyên liệu đầu vào có nguồn gốc từ tái chế thấp. Bên cạnh đó, các giải pháp được ứng dụng trong mô hình kinh tế tuần hoàn sẽ làm thay đổi các thành phần cơ bản của hệ thống sản xuất so với mô hình kinh tế tuyến tính hiện tại. Do đó, một số tác động đáng kể sẽ xảy ra nếu như doanh nghiệp lựa chọn chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn.

Từ khoá: Chế biến thủy sản, kinh tế tuần hoàn, tuần hoàn chất thải, Material Circularity Indicator

[1]*Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TPHCM, Việt Nam*

[2]*Khoa Công nghệ, Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai, Việt Nam*

Liên hệ

Trần Trung Kiên, Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TPHCM, Việt Nam

Email: trungkienmt95@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 15-3-2024
- Ngày sửa đổi: 22-7-2024
- Ngày chấp nhận: 17-9-2024
- Ngày đăng:

DOI :

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

MỞ ĐẦU

Trong quá trình đánh bắt thủy sản tự nhiên, nuôi trồng và chế biến thủy sản, một lượng lớn phụ phẩm đã được tạo ra. Các phụ phẩm này nếu không được xử lý sẽ thải trực tiếp vào môi trường [1]. Người ta ước tính rằng có tới 36% chất thải từ quá trình chế biến thủy hải sản có thể bị thất thoát hoặc lãng phí [2–4]. Việc sử dụng các sản phẩm phụ để sản xuất phân bón và chất kích thích sinh học cũng đã được chú ý trong những năm qua trong ngành chế biến thủy sản nhằm tăng tính bền vững về kinh tế và hiệu quả sinh thái. Các giải pháp được đề xuất bao gồm thu hồi các giá trị từ xương, đầu, nội tạng, nước thải từ quá trình chế biến và nước thải từ các trang trại nuôi trồng thủy sản [5–7]. Một lĩnh vực đã được thực hiện nghiên cứu trong nhiều năm qua là chế biến các sản phẩm phụ của cá thành các sản phẩm có giá trị cao. Điển hình là các nghiên cứu chiết xuất axit béo omega-3 để bổ sung thực phẩm phòng ngừa tim mạch [8], collagen cho thực phẩm, mỹ phẩm, dược phẩm, kỹ thuật mô và công nghiệp y sinh [9,10], chitin hoặc chitosan từ vỏ sò cho các ứng dụng hóa học và thủy phân protein.

Trong bối cảnh hướng đến mục tiêu phát triển bền vững, việc đánh giá tiềm năng sản xuất các sản phẩm có giá trị là bước đầu tiên để khép lại vòng tuần hoàn chất thải và người tiêu dùng, điều này phù hợp với mục tiêu chính của nền kinh tế tuần hoàn [11]. Định lượng mối quan hệ giữa nước – năng lượng – thực phẩm bằng phương pháp đánh giá vòng đời nhằm dán nhãn sinh thái các sản phẩm ngành thủy sản, đây được xem như là tư duy để hình thành mô hình kinh tế tuần hoàn cho ngành thủy sản [12]. Đã có nhiều giải pháp trong nền kinh tế tuần hoàn cho ngành chế biến thủy sản, các giải pháp này được thiết kế theo mô hình chuỗi giá trị bền vững, bên cạnh đó mang lại hiệu quả về kinh tế và xã hội [13]. Với mục tiêu tìm kiếm sự cân bằng giữa hiệu quả kinh tế và môi trường trong chuỗi giá trị dựa trên nền tảng kinh tế tuần hoàn, các giải pháp tuần hoàn đã được áp dụng cho ngành công nghiệp đóng hộp cá [14]. Trong chế biến thủy sản từ các loài động vật giáp xác như cua, động vật hai mảnh vỏ thì khối lượng chất thải còn lại khoảng 80-90% trọng lượng cơ thể tươi. Các các sản phẩm này có thể tạo thành các sản phẩm có giá trị nếu cấu trúc nano vẫn còn nguyên vẹn, hơn nữa các cấu trúc này được bảo tồn hoàn toàn trong quá trình xử lý nhiệt và cơ [15]. Sản xuất Omega-3 từ đầu cá thải từ quá trình chế biến cá ngừ được chứng minh là có ý nghĩa quan trọng

Trích dẫn bài báo này: Kiên T T, Huyền D T T, Bảo T T, Hùng N T, Hải L T, Hiệu T T, Thảo N T P. **Đánh giá hiệu quả của mô hình kinh tế tuần hoàn khi áp dụng cho nhà máy chế biến thủy sản dựa trên chỉ số tuần hoàn vật liệu**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2025; ():1-10.

trong việc thực hành mô hình kinh tế tuần hoàn cho ngành thủy sản[16,17]. Tất cả các phụ phẩm thủy sản, đặt biệt là xương đều cho thấy những kết quả đầy hứa hẹn thành vật liệu gốc canxi photphat với ứng dụng làm phân bón và chất kích thích sinh học, làm tăng khả năng nảy mầm của hạt[18]. Các thành phần có nguồn gốc chế biến thủy sản này có khả năng ứng dụng trong thực phẩm, mỹ phẩm, dược phẩm, môi trường, y sinh và các ngành công nghiệp khác. Ngoài ra, chúng còn là nguyên liệu để sản xuất nhiên liệu sinh học[19]. Hiện tại, chỉ có khoảng 10 quốc gia lớn chuyển phụ phẩm/phế phẩm thủy sản thành các sản phẩm bột cá. Tuy nhiên, các quốc gia này trung bình chỉ sử dụng khoảng 25% phụ phẩm/phế phẩm thủy sản của họ để sản xuất các sản phẩm bột cá[20,21].

Chỉ số tuần hoàn vật liệu hay chỉ số hoàn nguyên vật liệu (Material Circularity Indicator –MCI) được sử dụng để đo lường cách thức phục hồi các dòng nguyên liệu của quy trình sản xuất một sản phẩm, MCI có thể được đánh giá theo cấp độ danh mục sản phẩm hoặc doanh nghiệp. Các chỉ số phụ trong phân tích MCI có thể được sử dụng bởi các nhà thiết kế sản phẩm, cũng như để báo cáo nội bộ, các quyết định mua sắm và đánh giá hoặc xếp hạng các doanh nghiệp. Chỉ số này có thể kết hợp với đánh giá vòng đời (LCA) để quản lý cuối vòng đời (EOL) khả thi. Một số các chỉ số khác được sử dụng để đánh giá hiệu quả tuần hoàn của các giải pháp chuyển đổi chất thải như: Chỉ số Kinh tế tuần hoàn (CEI – Circular Economy Indexes); REPRO (Hồ sơ sản phẩm tái sản xuất) thực hiện phân tích dữ liệu thống kê về các tình huống sản phẩm cuối vòng đời (eol) khác nhau dựa trên bộ 82 tiêu chí; Eco-efficient Value Ratio (hiệu quả về mặt sinh thái) tạo giá trị hiệu quả về mặt sinh thái là một phương pháp để phân tích các thiết kế về sản phẩm, dịch vụ sáng tạo cùng với các chiến lược kinh doanh vòng tròn; Material reutilization part - Cradle-to-cradle, Cradle to Cradle là một mô hình phát triển tập trung vào hiệu quả sinh thái; cải thiện "positive footprint" trái ngược với các phương pháp tiếp cận thông thường hiệu quả hơn về mặt sinh thái giảm "negative footprint"; Circular Economy index đo lường tỷ lệ tái chế, loại trừ tất cả các hiệu ứng và vòng lặp kinh tế tuần hoàn khác[22,23].

Các nghiên cứu trên thế giới đã định nghĩa được khái niệm chung về kinh tế tuần hoàn, các mô hình kinh tế tuần hoàn đã được áp dụng với các giải pháp và kỹ thuật chuyển đổi chất thải từ các lĩnh vực khác nhau. Mục tiêu cuối cùng là tuần hoàn chất thải và gia tăng hiệu quả kinh tế. Tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào đánh giá khả năng tuần hoàn và thời gian tồn tại của loại sản phẩm tạo ra từ mô hình này. Nghiên cứu này sẽ đánh giá hiện trạng sản xuất và môi trường của nhà máy chế biến thủy sản, từ đó đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn cho nhà máy có tích hợp các giải pháp tuần hoàn chất thải. Sau đó, chỉ số MCI sẽ được áp dụng để tính toán hiệu quả chuyển đổi chất thải của mô hình kinh tế tuần hoàn.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Cách tiếp cận

Trình tự thực hiện cứu này qua 3 bước (Hình 1), cụ thể như sau:

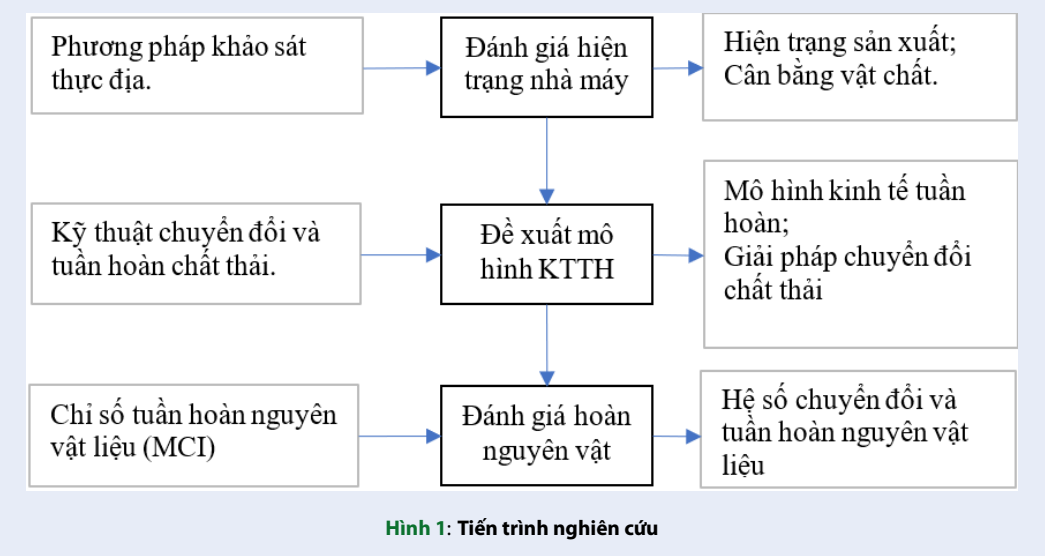
- Sau đó khảo sát thực địa, đánh giá hiện trạng sản xuất và môi trường của nhà máy chế biến thủy sản, xác định dòng chất thải có thể tuần hoàn bằng kiểm toán dòng vật chất;
- Đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn cho nhà máy chế biến thủy sản nói chung bao gồm các giải pháp về mặt kỹ thuật để chuyển đổi chất thải. Áp dụng đề xuất cho đối tượng nghiên cứu điểm hình;
- Áp dụng chỉ số tuần hoàn nguyên vật liệu (MCI) để đánh giá hiệu quả chuyển đổi chất thải, hiệu quả kinh tế cũng như tính hoàn nguyên của chất thải;

Mô tả đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu dựa trên số liệu khảo sát được tại Nhà máy chế biến thủy sản xuất khẩu Lộc An (Baseafood) thuộc Công ty CP Chế biến Xuất nhập khẩu Thủy sản tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu. Sản phẩm chủ yếu của nhà máy là các loại thủy sản đông lạnh, surimi đông lạnh với công suất khoảng 4.500 tấn sản phẩm/năm. Số lao động làm việc tại dự án trong quá trình vận hành: 218 người. Chế độ làm việc: 8 tiếng làm việc/1 ca/ngày, 6 ngày làm việc/tuần ~ 300 ngày làm việc/năm. Quy trình chung cho quá trình sản xuất các mặt hàng thủy sản đông lạnh được thể hiện trong sơ đồ sau (Hình 2).

Chỉ số tuần hoàn vật liệu (MCI - Material Circularity Indicator)

Trong nghiên cứu này MCI dùng để định lượng mức độ giảm thiểu và phục hồi tối đa các dòng chất thải có thể tái chế được từ quá trình chế biến các sản phẩm thủy sản. Nó dựa trên bốn nguyên tắc hướng dẫn: (i) sử dụng nguyên liệu thô từ các nguồn tái sử dụng hoặc tái chế, (ii) tái sử dụng các thành phần hoặc vật liệu tái chế sau việc sử dụng, (iii) giữ sản phẩm lâu hơn, và (iv) sử dụng sản phẩm hiệu quả hơn. MCI ấn định điểm từ 0 đến 1 cho sản phẩm được phân tích, đánh giá mức độ tuyến tính hoặc tuyến tính của các dòng nguyên liệu cho chính sản phẩm. Đối với sản phẩm



Hình 1: **Tiến trình nghiên cứu**

cao tuyến tính (LFI = 1) và với tiện ích kém hơn mức trung bình, MCI thể âm.

MCI = 1 – LFI $F_{(x)}$ (1)

Chỉ số luồng tuyến tính (LFI - Linear Flow Index) biểu thị mức độ tuyến tính của các loại chất thải thủy sản, giá trị nhận được từ 1 đến 0 tức nếu giá trị nhận được là 1 tuyến tính hoàn toàn và nếu giá trị bằng 0 là luồng phục hồi hoàn toàn.

$$LFI = \frac{(V+W)}{\left(2M + \Sigma X\left(\frac{WF(X) - WC(X)}{2}\right)\right)} \quad (2)$$

Trong trường hợp 0 ≤V≤M và 0≤W≤M thì tổng khối lượng là 2M. Trong trường hợp giá trị lớn nhất là 1 đối với LFI xảy ra khi V và W đều bằng M, nghĩa là khi không có nội dung tái chế (hoặc tái sử dụng) và không thu gom để tái chế (hoặc tái sử dụng). Các giá trị nhỏ nhất của LFI (tức là không) xảy ra khi V = W = 0, đó là khi có 100% nội dung tái chế (hoặc tái sử dụng) và thu gom 100% để tái chế (hoặc tái sử dụng).

+ Tổng lượng nguyên liệu ban đầu được sử dụng:

$$V = \Sigma_{(\chi)} V_{(\chi)} \quad (3)$$

$$V_{(\chi)} = M_{(\chi)} \times \left(1 - F_{R(\chi)} - F_{U(\chi)}\right) \quad (4)$$

Trong đó: F_U: Khối lượng của chất thải tái sử dụng; F_R: Vật liệu có nguồn gốc tái chế; $M_{(\chi)}$: Khối lượng thành phẩm.

+ Tổng lượng chất thải không thể thu hồi:

$$W = \Sigma_{(\chi)}\left(V_{(\chi)} + \left(\frac{V_{F(\chi)} + V_{C(\chi)}}{2}\right)\right) \quad (5)$$

+ Lượng chất thải không thể thu hồi hoàn toàn từ sản phẩm WO

$$W_{O(\chi)} = M_{(\chi)} \times \left(1 - C_{R(\chi)} - C_{U(\chi)}\right) \quad (6)$$

Trong đó: C_R: lượng sản phẩm được thu hồi để tái chế, C_U: lượng sản phẩ được thu hồi để tái sử dụng.

+ Lượng chất thải không thể thu hồi trong quá trình tái chế các thành phần của sản phẩm:

$$W_{C(\chi)} = M_{(\chi)} \times \left(1 - E_{C(\chi)}\right) \times C_{R(\chi)} \quad (7)$$

Trong đó: E_C: Mức độ hiệu quả của quá trình sản phẩm được thu thập lại để tái chế khi chúng đã hết vòng đời sử dụng; E_F: Mức độ hiệu quả của quá trình tái chế để tái cung cấp nguyên liệu

+ Lượng chất thải không thể thu hồi từ quá trình tái chế:

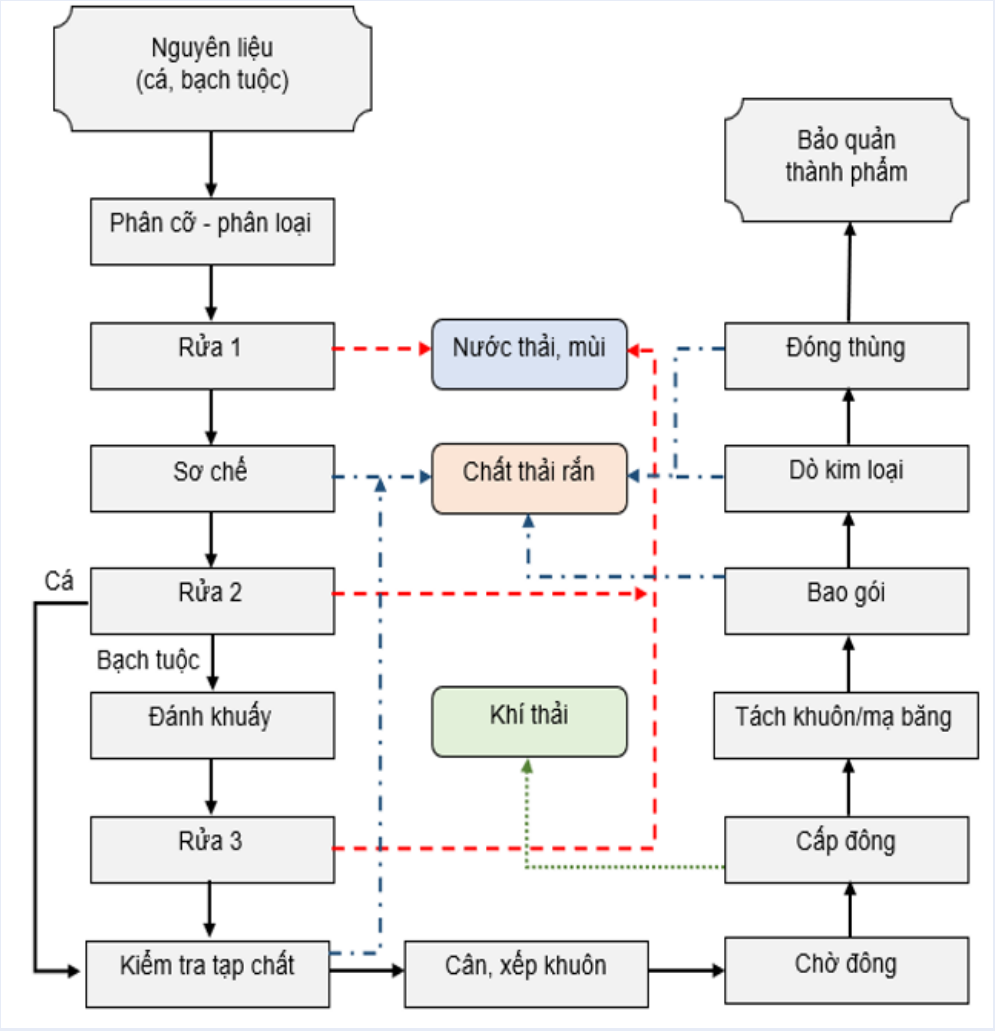
$$W_{F(\chi)} = M_{(\chi)} \times \left(\frac{\left(1 - E_{F(\chi)}\right) \times F_{R(\chi)}}{E_{F(\chi)}}\right) \quad (8)$$

+ Hệ số tiện ích (X) có 2 thành phần: thời gian sử dụng (L) và cường độ sử dụng sản phẩm (U).

$$X = \left(\frac{L}{L_{av}}\right) \times \left(\frac{U}{U_{av}}\right) \quad (9)$$

L là thời gian tồn tại trung bình thực tế của sản phẩm, L_{av} là thời gian tồn tại trung bình thực tế của trung bình ngành sản phẩm cùng loại. U là đơn vị chức năng đạt được khi sử dụng sản phẩm, U_{av} là trung bình của ngành.

Chỉ số MCI được cải thiện khi hiệu quả sử dụng tài nguyên tăng thông qua quá trình gia tăng cường độ sử dụng của sản phẩm.



Hình 2: Quy trình sản xuất hàng đông lạnh (bao gồm cá và bạch tuộc)

- Nếu: L tăng và L_{av} cố định, X sẽ tăng và cải thiện MCI của sản phẩm. Ngược lại, nếu L_{av} tăng lên và L không đổi, chỉ số MCI sẽ giảm.
- Nếu: E = 1, F_R và C_R ảnh hưởng đến MCI ở cùng một mức độ, không phân biệt công dụng của sản phẩm Nếu E<1 và 0 <F_R<1 và 0<E_R<1 ảnh hưởng của F_R lên MCI lớn hơn một chút so với ảnh hưởng của C_R.
- Nếu: F_R = 1 hoặc C_R = 1 hiệu quả quy trình tái chế đối với việc cải thiện điểm MCI tăng.

+ Hàm F sẽ có dạng phân số của a/X với một hằng số a là một hàm của hữu ích X, xác định ảnh hưởng của tiện ích của sản phẩm đối với điểm MCI của nó. Thông thường hằng số a có giá trị là 0,9 (Ellen macarthur Foundation 2015, p.26

$$F_{(\chi)} = \frac{0.9}{X} \quad (10)$$

+ Đánh giá hiệu quả của số liệu: Dựa vào kết quả của LFI, FX và MCI xác định phần trăm hữu ích của từng loại chất thải để đánh giá hiệu quả của từng quy trình đề xuất và chọn ra mô hình hiệu quả nhất. Một vật liệu hoặc sản phẩm được coi là có tính tuần hoàn nếu chỉ số tuần hoàn MCI mang giá trị từ 0 trở lên, giá trị càng dương thì tính tuần hoàn càng cao. Ngược lại, giá trị âm cho thấy vật liệu hoặc sản phẩm đó vẫn đang tuyến tính, giá trị càng âm thì tính tuyến tính càng cao.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đề xuất mô hình Kinh tế tuần hoàn cho đối tượng điển hình

Qua quá trình tính toán cân bằng vật chất của nhà máy, kết quả cho thấy một số công đoạn trong quá

trình sản xuất vẫn chưa sử dụng hợp lý nguồn nguyên liệu đầu vào và nguồn tài nguyên. Do đó, một số giải pháp theo nguyên tắt cốt lõi của mô hình kinh tế tuần hoàn được đề xuất dựa trên đánh giá giá trị của chỉ số MCI nhằm nâng cao hiệu suất thu hồi chất thải tại nhà máy. Mô hình các giải pháp tích hợp dựa trên nền tảng kinh tế tuần hoàn được đề xuất cho Nhà máy chế biến thủy sản xuất khẩu Lộc An (Baseafood) được thể hiện như Hình 3.

Nguyên liệu chính của nhà máy là cá và bạch tuột được lấy từ các chợ nguyên liệu trong địa phương và các khu vực lân cận. Nguyên liệu đảm bảo được chất lượng tươi ngon, không lẫn các tạp chất khác, được bảo quản và vận chuyển về nhà máy. Thành phẩm được bảo quản đông lạnh và xuất khẩu hoặc tiêu thụ tại thị trường trong nước. Các loại chất thải phát sinh bao gồm: Đầu, xương, vây, vảy, da, nội tạng và các loại chất thải khác sẽ được thu hồi và tái sản xuất thành các sản phẩm có giá trị kinh tế (Bảng 1). Đối với xương, nội tạng… Có thể đem đi ủ hoặc kết hợp chung với các thành phần khác tạo ra thành phẩm là bột cá hoặc phân bón cho cây trồng; da và xương cá sẽ dùng các công nghệ tiên tiến kỹ thuật cao để chiết xuất thành phần chitin, chitosan, gelatin hoặc dầu cá có giá trị cao cho ngành thực phẩm hoặc y tế. Ngoài ra với công nghệ hiện đại người ta cũng đang tìm cách chiết xuất tạo nên dầu Diesel từ các thành phần này. Nước thải sẽ được đưa vào hệ thống xử lý tập trung của nhà máy, sau đó sẽ được tái sử dụng cho các công đoạn sản xuất không yêu cầu chất lượng nước cao. Hệ thống xử lý nước thải tập trung của nhà máy sẽ tạo ra một khối lượng bùn thải, lượng bùn này sẽ được đem đi chôn lấp thải bỏ theo đúng quy định.

Mức độ thu hồi cao hơn mức độ tái chế tuy nhiên không chênh lệch quá nhiều cho thấy đây là các sản phẩm có tiềm năng, dễ thu hồi không thất thoát quá lớn và nhất là tái chế được gần như tất cả các loại chất thải có thể thu hồi. Các sản phẩm thải bỏ này cũng đang được nhiều nơi thu hồi và tái sản xuất tạo thành các sản phẩm khác nhau nhưng với những quy trình và cách chế biến khác nhau nên hiệu suất tái chế cũng khác nhau (20,21). Thông qua kết quả cân bằng vật chất và tính toán lượng sản phẩm được tái chế, các giải pháp thu hồi được đánh giá là phù hợp với quy trình sản xuất của công ty hiện tại.

Đánh giá hiệu quả tuần hoàn nguyên vật liệu

Nguyên liệu thô đầu vào (V)

Trong một ngày làm việc có 8 sản phẩm phẩm thải bỏ chính từ quá trình sản xuất của nhà máy (Bảng 2), các số liệu được tính toán cho quá trình cân bằng vật chất dựa trên số liệu công ty cung cấp. Trong đó, chỉ có nước được cấp vào sử dụng để rửa nguyên vật liệu là 80% nguồn tái chế. Do vậy Fr của nước có giá trị là 0,8. Còn lại các sản phẩm thải bỏ (7 sản phẩm) là nguyên liệu thô hoàn toàn, các sản phẩm này không có thành phần tái chế, do đó giá trị Fr đều bằng 0. Đa số cấc sản phẩm này là sản phẩm thải bỏ vì vậy tỷ lệ nguyên liệu đầu vào từ nguồn tái chế là thấp (Bảng 3).

Chỉ số luồng tuyến tính (LFI - Linear Flow Index)

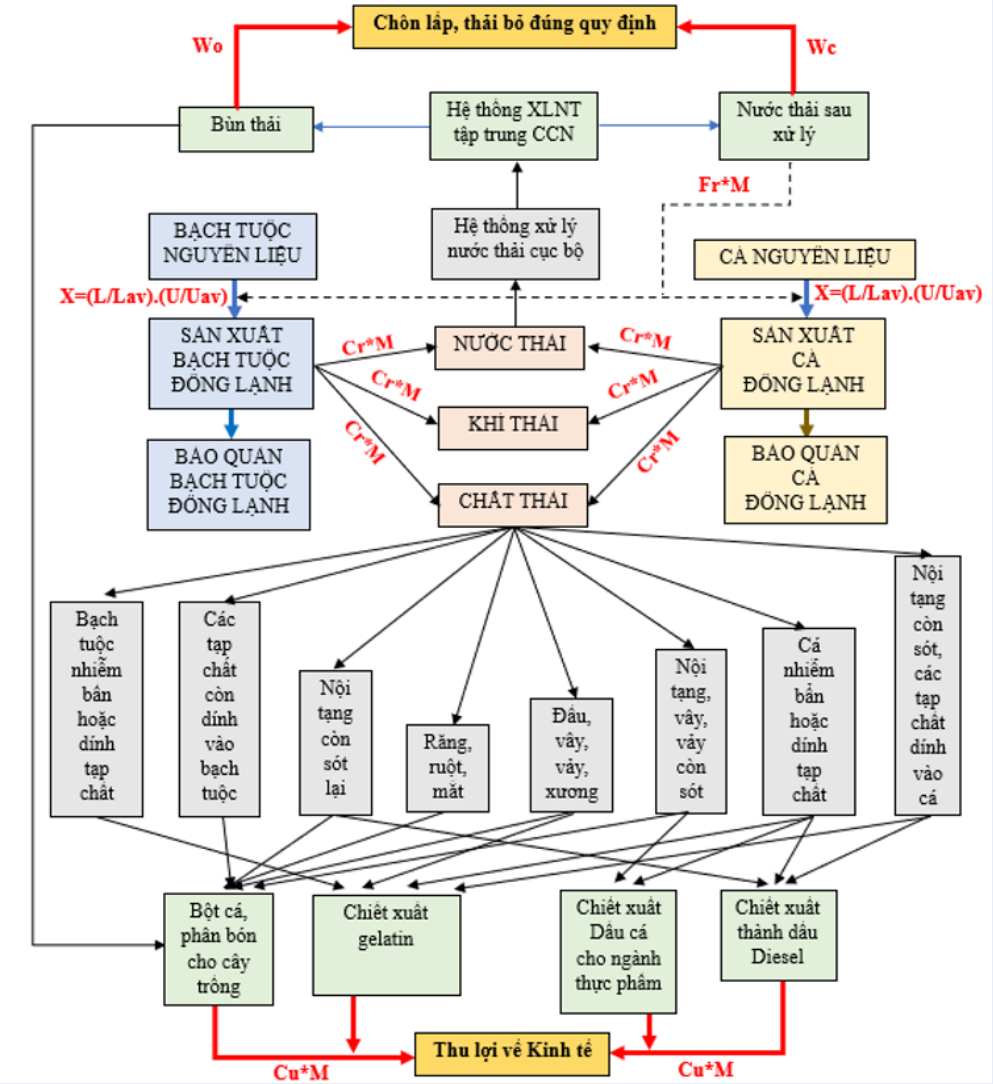
Dựa vào các công thức đã nêu để tính toán cho hệ số LFI, kết quả cho thấy giá trị của các sản phẩm là tương đương nhau. Chỉ số luồng tuyến tính (LFI) biểu thị tỷ lệ nguyên liệu chảy trong một chuỗi tuyến tính, nếu giá trị nhận được bằng 1 thì được xem như luồng tuyến tính hoàn hoàn, tức các sản phẩm này có nguồn gốc từ các vật liệu nguyên bản ban đầu và kết thúc là chất thải không thể thu hồi, ngược lại nếu giá trị là 0 thì luồng phục hồi. Ở đây nước là sản phẩm gần như là phục hồi hoàn toàn với giá trị là 0,1 và các phụ phẩm như ruột cá, vây, vảy, ruột bạch tuộc được coi như tuyến tính. Có nghĩa là việc sử dụng nguồn nước tái chế ít và rất ít tạo ra chất thải còn tuyến tính có nghĩa là các nguyên liệu thô sơ đã biến thành chất thải vào cuối giai đoạn sử dụng của sản phẩm (Hình 4).

Hệ số tiện ích (X)

Hình 5 thể hiện các giá trị L, L_{av} và hệ số tiện ích X của các phụ phẩm thải bỏ từ nhà máy. Các đơn vị chức năng U và U_{av} của sản phẩm chưa có phép đo cụ thể, do đó nghiên cứu này sử dụng giá trị 1 (dựa trên các nghiên cứu trước). Nguyên liệu thô được sử dụng và chất thải được tạo ra của sản phẩm tuyến tính bị giảm một nữa nếu như tuổi thọ của sản phẩm tăng lên gấp đôi. Ngược lại, nếu tuổi thọ của dòng sản phẩm tuyến tính bị giảm đi một nữa thì nguyên liệu thô và chất thải sẽ tăng gấp đôi. Nếu thời gian sử dụng L tăng và L_{av} trung bình của ngành cố định thì hệ số X (hệ số hữu ích) tăng và cải thiện MCI của sản phẩm. Ngược lại, chỉ số MCI của sản phẩm sẽ giảm khi giá trị L không đổi và L_{av} trung bình của ngành tăng.

Giá trị của chỉ số MCI

Bảng 4 trình bày giá trị MCI cho các loại sản phẩm riêng biệt dựa trên các chỉ số thành phần. Chỉ số MCI của sản phẩm ruột cá có giá trị thấp nhất (tương ứng 0,016), do đó mức độ tuần hoàn nguyên vật liệu trong quá trình sản xuất còn thấp và cần triển khai thêm các giải pháp để thu hồi nguồn nguyên liệu này. Ngược lại, giá trị MCI của sản phẩm da cá và nước là cao nhất, điều này cho thấy các giải pháp kinh tế tuần hoàn đối



Hình 3: Sơ đồ mô hình kinh tế tuần hoàn cho nhà máy

Bảng 1: Hiệu quả tái chế và thu hồi chất thải

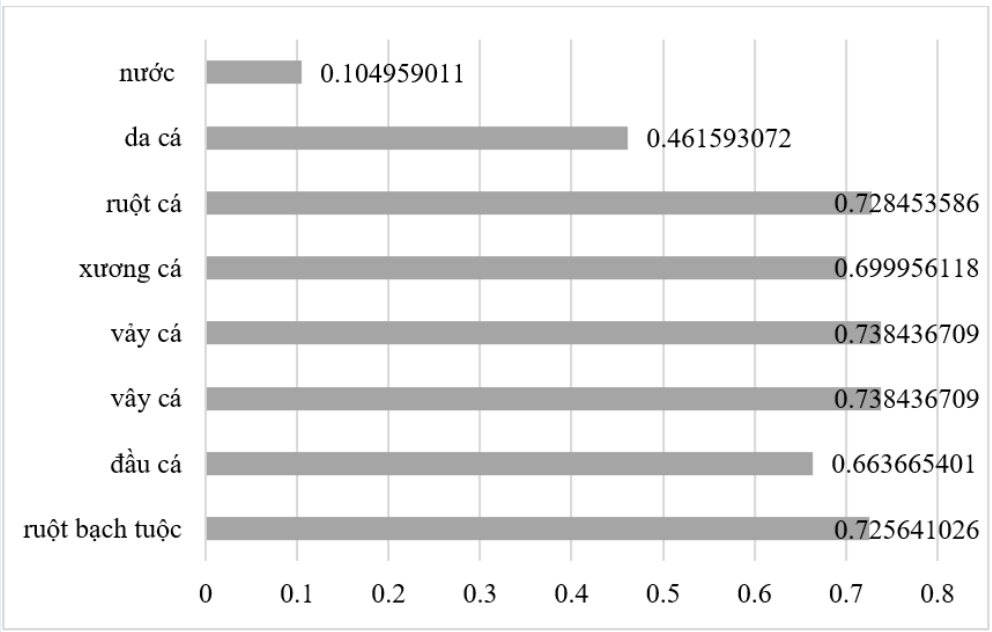
Tên chất thải	Thu hồi	Tái chế
Ruột bạch tuộc	90 %	80 %
Đầu	90 %	80 %
Xương	80 %	80 %
Vây, vảy	85 %	80 %
Da	90 %	80 %
Nước thải	90%	90 %
Ruột cá	95 %	89 %

Bảng 2: Gía trị các nguyên liệu thô đầu vào (V)

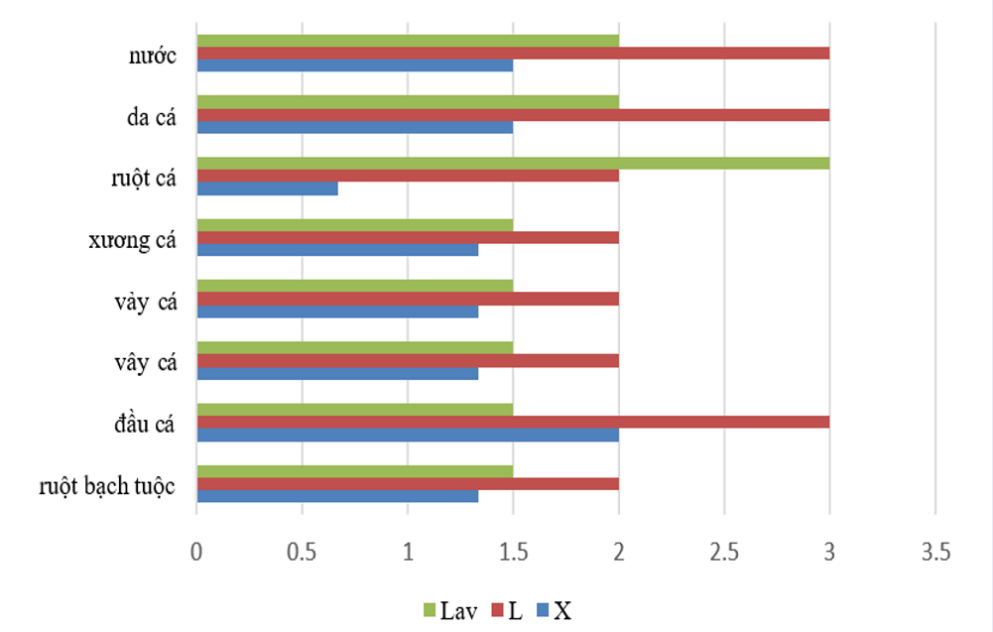
Tên nguyên liệu	M (kg)	Fr	Fu	V (kg)
Ruột bạch tuộc	85,5	0	0,048	81,3
Đầu cá	4.092,26	0,05	0,17	3.385,65
Vây cá	548,1	0,05	0,02	535,4
Vảy cá	548,1	0,05	0,02	535,4
Xương cá	2.372,08	0,05	0,1	2.134,66
Ruột cá	1.021,3	0,05	0,04	977,3
Da cá	3.019,1	0,1	0,12	2.634,5
Nước	164,8	0,8	0,1	16,48

Bảng 3: Lượng chất thải không thể thu hồi

Tên nguyên liệu	M (kg)	Fr	Fu	Cr	Cu	Ec	Ef	Wo	Wc	Wf	W
Ruột bạch tuộc	85,5	0	0,048	0	0	0,9	0,8	81,3	0	0	42,75
Đầu cá	4.092,26	0,05	0,17	0	0	0,9	0,8	3.385,65	0	0	2.046,1
Vây cá	548,1	0,05	0,02	0	0	0,8	0,8	535,4	0	0	274,1
Vảy cá	548,1	0,05	0,02	0	0	0,7	0,8	535,4	0	0	274,1
Xương cá	2.372,08	0,05	0,1	0	0	0,8	0,8	2.134,66	0	0	1186
Ruột cá	1.021,3	0,05	0,04	0	0	0,9	0,8	977,3	0	0	510,65
Da cá	3.019,1	0,1	0,12	0	0	0,9	0,89	2.634,5	286,8	0	218,88
Nước	164,8	0,8	0,1	0,95	0	0,95	0,9	16,48	7,4	14,65	19,3



Hình 4: Chỉ số luồng tuyến tính



Hình 5: Hệ số tiện ích

Bảng 4: Kết quả tính toán chỉ số tuần hoàn nguyên vật liệu

STT	TÊN VẬT LIỆU	LFI	F(x)	MCI
1	Ruột bạch tuộc	0,725641	0,75	0,4557692
2	Đầu cá	0,6636654	0,45	0,7013506
3	Vây cá	0,7384367	0,675	0,5015552
4	Vảy cá	0,738437	0,675	0,501555
5	Xương cá	0,699956	0,71	0,502663
6	Ruột cá	0,728454	1,35	0,016588
7	Da cá	0,461593	0,6	0,723044
8	Nước	0,104959	0,6	0,937025

với hai loại sản phẩm này đã được thực hiện ở mức độ nhất định trong nhà máy.

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị MCI nằm trong khoảng từ 0 đến 1, MCI có giá trị từ 0 trở lên, giá trị càng tiến về 1 thì tính tuần hoàn càng cao. Ở đây ta thấy các sản phẩm đầu cá, da cá và nước là 3 sản phẩm có giá trị MCI lần lượt là 0,7 – 0,72 – 0,93 cao nhất nên chúng có tính tuần hoàn cao và có khả năng đem lại nguồn kinh tế dồi dào cho công ty. Tương tự ta thấy các sản phẩm còn lại là ruột bạch tuộc, vây, vảy và xương là các sản phẩm có MCI nằm ở khoảng 0,5 nên cũng có thể nói mức độ tuần hoàn của nó đạt khoảng 50% trên tổng chất thải tạo ra; riêng ruột cá chỉ số MCI là 0,01 cho thấy sản phẩm này có tính tuần hoàn thấp nhất trong các sản phẩm. Ngược lại với MCI nếu chỉ số MCI cao LFI thấp thì cho thấy mức độ tuần hoàn của các sản phẩm là hoàn toàn phù hợp vì tuyến tính của quy trình (LFI) là yếu tố biểu thị tỷ lệ nguyên liệu chảy trong một chuỗi tuyến tính, có thể được sử dụng cùng với MCI để cung cấp thêm thông tin chi tiết về quản lý kinh doanh cho sản phẩm. Hơn nữa, việc tăng tính tuần hoàn nguyên vật liệu làm giảm việc sử dụng các nguồn tài nguyên, đặc biệt là trong trường hợp các khu vực cận biên, không được nắm bắt và định giá bằng cách tiếp cận MCI.

KẾT LUẬN

Kết quả tính toán cho thấy khối lượng nước được đưa vào sử dụng phục vụ cho quá trình rửa nguyên vật liệu là 80% nguồn tái chế. Do vậy Fr của nước có giá trị

là 0,8. Còn lại 7 sản phẩm thải bỏ là nguyên liệu thô hoàn toàn và không có tái chế, nên Fr của 7 sản phẩm này đều có giá trị 0. Bên cạnh đó, tỷ lệ nguyên liệu đầu vào từ nguồn tái chế thấp là bởi các sản phẩm này là sản phẩm thải bỏ. MCI đem lại mức độ tuần hoàn của một sản phẩm cho doanh nghiệp sau khi hết vòng đời sử dụng. Nhất là trong nghành chế biến thủy sản lượng thải bỏ chiếm phần lớn, dùng MCI có thể cải thiện được việc thải bỏ các chất này theo cách thông thường thay vào đó tái chế thành các mặt hàng có giá trị như bột cá, dầu cá, gelatin và thu lợi nhuận sau đó bổ sung vào ngồn vốn của công ty. Kết quả cho thấy rằng mức độ thu hồi cao hơn mức độ tái chế tuy nhiên không chênh lệch quá nhiều cho thấy đây là các sản phẩm có tiềm năng, dễ thu hồi không thất thoát nhiều và nhất là tái chế được gần như tối ưu lượng chất thải thu hồi được.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuông khổ Đề tài mã số DN2022-24-02 với tên đề tài là "Ứng dụng phân tích dòng vật chất (MFA) trong việc quản lý dòng Nitơ hướng đến hệ sinh thái khép kín cho các ao nuôi cá tra khu vực đồng bằng sông Cửu Long".

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo "Đánh giá hiệu quả của mô hình kinh tế tuần hoàn khi áp dụng cho nhà máy chế biến thủy sản dựa trên chỉ số tuần hoàn vật liệu"

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Trần Trung Kiên: Phân tích hình thức, Điều tra, Quản lý dữ liệu, Phương pháp luận, Viết – bản thảo gốc, Viết – rà soát & chỉnh sửa. Đồng Thị Thu Huyền, Trần Thế Bảo: Phương pháp luận, phân tích dữ liệu. Nguyễn Thanh Hùng, Lê Thanh Hải: Khái niệm hóa, Phương pháp luận, Nguồn tài liệu, Viết – rà soát & chỉnh sửa, Giám sát, Quản lý đề tài. Trần Thị Hiệu: Điều tra, Kiểm chứng, Phân tích hình thức, Viết – bản thảo gốc. Nguyễn Thị Phương Thảo: Điều tra, Quản lý dữ liệu

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

MCI : Material Circularity Indicator

LCA : Life cycle assessment

CEI : Circular Economy Indexes

LFI Linear Flow Index

CP : Cổ Phần

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Caruso G. Fishery wastes and by-products: A resource to be valorised. J Fish Sci. 2015;9(4):80–3;.
2. Hayes M, Gallagher M. Processing and recovery of valuable components from pelagic blood-water waste streams: A review and recommendations. J Clean Prod. 2019;215:410–22;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.028.
3. Venugopal V. Valorization of seafood processing discards: Bioconversion and bio-refinery approaches. Front Sustain Food Syst. 2021;5:611835;Available from: https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.611835.
4. Komoroske LM, Lewison RL. Addressing fisheries bycatch in a changing world. Front Mar Sci. 2015;2:83;Available from: https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00083.
5. Kim JK. Cost-effectiveness of converting fish waste into liquid fertilizer. Fish Aquat Sci. 2011;14(3):230–3;.
6. Kim JK, Kong IS, Lee HH. Identification and characterization of microorganisms from earthworm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer. Bioresour Technol. 2010;101(14):5131–6;Available from: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.001.
7. Chang C-C, Chang K-C, Lin W-C, Wu M-H. Carbon footprint analysis in the aquaculture industry: Assessment of an ecological shrimp farm. J Clean Prod. 2017;168:1101–7;.
8. Nges IA, Mbatia B, Björnsson L. Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction. J Environ Manage. 2012;110:159–65;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.011.
9. Araujo J, Sica P, Costa C, Márquez MC. Enzymatic hydrolysis of fish waste as an alternative to produce high value-added products. Waste and Biomass Valorization. 2021;12:847–55;Available from: https://doi.org/10.1007/s12649-020-01029-x.
10. Bhuimbar M V, Bhagwat PK, Dandge PB. Extraction and characterization of acid soluble collagen from fish waste: Development of collagen-chitosan blend as food packaging film. J Environ Chem Eng. 2019;7(2):102983;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102983.
11. De la Caba K, Guerrero P, Trung TS, Cruz-Romero M, Kerry JP, Fluhr J, et al. From seafood waste to active seafood packaging: An emerging opportunity of the circular economy. J Clean Prod. 2019;208:86–98;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.164.
12. Ruiz-Salmón I, Margallo M, Laso J, Villanueva-Rey P, Mariño D, Quinteiro P, et al. Addressing challenges and opportunities of the European seafood sector under a circular economy framework. Curr Opin Environ Sci Heal. 2020;13:101–6;Available from: https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.004.
13. Jacob C, Noirot C, Anglada C, Binet T. The benefits of integrating socio-economic dimensions of circular economy practices in the seafood sector. Curr Opin Environ Sci Heal. 2021;100255;Available from: https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100255.
14. Laso J, García-Herrero I, Margallo M, Vázquez-Rowe I, Fullana P, Bala A, et al. Finding an economic and environmental balance in value chains based on circular economy thinking: An eco-efficiency methodology applied to the fish canning industry. Resour Conserv Recycl. 2018;133:428–37;Available from: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.004.
15. Nekvapil F, Aluas M, Barbu-Tudoran L, Suciu M, Bortnic R-A, Glamuzina B, et al. From blue bioeconomy toward circular economy through high-sensitivity analytical research on waste blue crab shells. ACS Sustain Chem Eng. 2019;7(19):16820–7;Available from: https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b04362.
16. Monsiváis-Alonso R, Mansouri SS, Román-Martínez A. Life cycle assessment of intensified processes towards circular economy: Omega-3 production from waste fish oil. Chem Eng Process Intensif. 2020;158:108171;Available from: https://doi.org/

10.1016/j.cep.2020.108171.
17. Alfio VG, Manzo C, Micillo R. From Fish Waste to Value: An Overview of the Sustainable Recovery of Omega-3 for Food Supplements. Molecules. 2021;26(4):1002;Available from: https://doi.org/10.3390/molecules26041002.
18. Carella F, Seck M, Degli Esposti L, Diadiou H, Maienza A, Baronti S, et al. Thermal conversion of fish bones into fertilizers and biostimulants for plant growth–A low tech valorization process for the development of circular economy in least developed countries. J Environ Chem Eng. 2021;9(1):104815;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104815.
19. Suresh P V, Kudre TG, Johny LC. Sustainable valorization of seafood processing by-product/discard. In: Waste to Wealth. Springer; 2018. P. 111–39;Available from: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8_7.
20. Shepherd J. Aquaculture: are the criticisms justified? Feeding fish to fish. World Agric. 2012;3(2):11–8;.
21. Ghosh PR, Fawcett D, Sharma SB, Poinern GEJ. Progress towards sustainable utilisation and management of food wastes in the global economy. Int J food Sci. 2016;2016;Available from: https://doi.org/10.1155/2016/3563478.
22. Saidani M, Yannou B, Leroy Y, Cluzel F, Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. J Clean Prod. 2019;207:542–59;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014.
23. Corona B, Shen L, Reike D, Carreón JR, Worrell E. Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics. Resour Conserv Recycl. 2019;151:104498;Available from: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498.

Science & Technology Development Journal – Science of The Earth & Environment 2025, ():1-1

Open Access Full Text Article

Research Article

Measuring circularity performance based on the material circularity indicator for a circular economy in the seafood processing plant

Tran Trung Kien[1,*], Dong Thi Thu Huyen[2], Tran The Bao[1], Nguyen Thanh Hung[1], Le Thanh Hai[1], Tran Thi Hieu[1], Nguyen Thi Phuong Thao[1]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

In this study, a circular economy model for seafood processing factories was proposed. The proposed solutions are based on previous studies on waste conversion techniques combined with the actual emission status of the factory. Besides, the Material Circularity Indicator (MCI) has been established and applied to the proposed circular economy system to evaluate the efficiency of waste conversion techniques. The MCI index will be used to calculate efficiency and circularity for all discarded waste to evaluate the environmental and economic effectiveness of the circular economy system. Results show that the level of recovery is higher than the level of recycling, but the difference is not too great, which shows that these are potential products, easy to recover without much loss, especially in recycling. Notably, only the water that is imported to be used to wash materials is 80% recycled. So the Fr of water has a value of 0.8. The remaining 7 waste products are 100% raw materials, with no recycled ingredients, so the Fr of these 7 products has a value of 0. The low percentage of input materials from recycled sources is because of the products. This is a waste product. A more concrete finding is that the circular economy model changes many of the fundamentals in the system compared to the current linear economic system. Therefore, some negative impacts will occur if businesses choose to switch to a circular economy system.

Key words: Circular economy, seafood processing, recycling waste, Material Circularity Indicator

[1]*Institute for Environment and Resources, VNU-HCM, Vietnam*

[2]*Faculty of Technology, Dong Nai Technology University, Vietnam*

Correspondence

Tran Trung Kien, Institute for Environment and Resources, VNU-HCM, Vietnam

Email: trungkienmt95@gmail.com

History

- Received: 15-3-2024
- Revised: 22-7-2024
- Accepted: 17-9-2024
- Published Online:

DOI :

Check for updates

Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

Cite this article : Kien T T, Huyen D T T, Bao T T, Hung N T, Hai L T, Hieu T T, Thao N T P. **Measuring circularity performance based on the material circularity indicator for a circular economy in the seafood processing plant**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2025; ():1-1.