

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN

VÕ VĂN GIÀU

**NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH VÀ GIẢI PHÁP
QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG TỐI ƯU CHO CHUỖI SẢN XUẤT
KHOAI MÌ TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TÂY NINH**

Chuyên ngành: Quản lý Tài nguyên và Môi trường

Mã số chuyên ngành: 62.85.01.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP. HỒ CHÍ MINH NĂM 2025

Công trình được hoàn thành tại:

VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
Địa chỉ: 142 Tô Hiến Thành, Quận 10, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 08.38651132; Fax: 08.38655670

Người hướng dẫn khoa học: GS.TS Lê Thanh Hải

Phản biện độc lập 1: PGS.TS. Nguyễn Trí Quang Hưng

Phản biện độc lập 2: PGS.TS. Hồ Quốc Bằng

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án họp tại

.....
.....

Vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp. HCM
- Thư viện Viện Môi trường và Tài Nguyên – ĐHQG-HCM

MỞ ĐẦU

Ngành sản xuất tinh bột khoai mì là ngành sản xuất trọng điểm của Tây Ninh, tuy nhiên chuỗi sản xuất này cũng gây ra nhiều tác động tiêu cực tới môi trường. Kinh tế tuần hoàn là cách tiếp cận hiện nay trong phát triển bền vững, triển khai áp dụng kinh tế tuần hoàn mang lại nhiều lợi ích như giảm chi phí vận hành, góp phần đáp ứng yêu cầu pháp luật về bảo vệ môi trường, tạo hình ảnh tốt cho doanh nghiệp, giảm nguyên liệu, giảm chất thải, giảm rủi ro và tăng an toàn đối với môi trường và xã hội. Vì vậy, với mục tiêu của luận án này là đưa ra được mô hình sản xuất phù hợp, bền vững và gắn với BVMT cho chuỗi sản xuất ngành tinh bột khoai mì phù hợp với điều kiện của tỉnh Tây Ninh. Nghiên cứu đã áp dụng các phương pháp phân tích đa tiêu chí, phương pháp quy hoạch toán học, các kỹ thuật – hệ thống không phát thải và các khái niệm về kinh tế tuần hoàn. Kết quả áp dụng tích hợp đã xây dựng được 01 mô hình sản xuất theo hướng tuần hoàn, không phát thải cacbon cho cả chuỗi sản xuất mì tại Tây Ninh, 01 mô hình cộng sinh công nông nghiệp tích hợp hướng không phát thải và 01 bộ giải pháp, kỹ thuật sẵn có tốt để giảm thiểu ô nhiễm cho nhà máy tinh bột mì. Với mô hình tuần hoàn, các đầu vào của chuỗi giảm thiểu đến mức thấp nhất và đạt được mục tiêu zero điện, zero chất thải, zero năng lượng hóa thạch. Ngoài ra các sản phẩm đầu ra của chuỗi gồm có 528 ngàn tấn bio-oil/năm, 207 ngàn tấn than sinh học/năm, 190 ngàn tấn bã khô/năm tạo ra các giá trị gia tăng của chuỗi. Nhìn chung, các mô hình, bộ giải pháp đã đề xuất là các giải pháp hệ thống hiệu quả cho chương trình ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm cho cả ngành mì hướng tới mục tiêu “Net zero”. Ngoài ra, để phát triển mô hình tuần hoàn và gia tăng chuỗi giá trị ngành mì, tác giả cũng kiến nghị nghiên cứu tiếp theo cần đánh giá sự ảnh hưởng tới năng suất cây trồng của sản phẩm phân hữu cơ từ phụ phẩm quá trình sản xuất tinh bột mì cũng như tính khả thi sản xuất vi tảo từ nước thải sau biogas của hệ thống xử lý nước thải sản xuất tinh bột mì trong điều kiện thực tiễn tại Tây Ninh.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1 Tổng quan về các mô hình quản lý môi trường từ trồng trọt đến chế biến

1.1.1 Mô hình quản lý phù hợp trong trồng trọt ở khu vực nông thôn

1.1.2 Tổng quan mô hình quản lý môi trường trong quá trình vận chuyển

1.2 Tổng quan về các mô hình, giải pháp kỹ thuật từ canh tác nông nghiệp đến sản xuất/chế biến

1.2.1 Mô hình và giải pháp kỹ thuật giảm thiểu ô nhiễm trong canh tác nông nghiệp

1.2.1.1 Mô hình sản xuất sạch hơn – Cleaner production

1.2.1.2 Mô hình sản xuất tinh gọn – Lean production

1.2.1.3 Mô hình và giải pháp không phát thải

1.3 Tổng quan về các giải pháp tối ưu trong quản lý môi trường và giảm phát thải từ canh tác đến chế biến

➤ ***Trong canh tác nông nghiệp***

➤ ***Trong vận chuyển***

➤ ***Trong quá trình sản xuất***

1.4 Tổng quan nghiên cứu đánh giá cho cả chuỗi sản xuất

1.5 Tổng quan các nghiên cứu về giảm thiểu ô nhiễm chuỗi ngành ngành tinh bột mì

1.5.1 Các nghiên cứu giai đoạn trồng trọt

1.5.2 Nghiên cứu về vận chuyển, phân phối trong ngành mì

1.5.3 Nghiên cứu giai đoạn sản xuất

1.5.4 Nghiên cứu về xử lý chất thải trong quá trình sản xuất

1.5.5 Nghiên cứu tổng quát cho cả chuỗi

1.5.6 Các nghiên cứu về áp dụng mô hình tối ưu cho ngành mì

- *Mô hình tối ưu áp dụng trong canh tác khoai mì*
- *Mô hình tối ưu áp dụng trong sản xuất*
- *Mô hình tối ưu áp dụng trong vận chuyển ngành mì*

1.6 Hiện trạng chuỗi ngành sản xuất tinh bột khoai mì ở Tây Ninh

- *Hiện trạng canh tác khoai mì ở Tây Ninh*
- *Hiện trạng sản xuất tinh bột khoai mì của Tây Ninh*

1.7 Đánh giá chung tổng quan nghiên cứu

Khoai mì là một loại cây lương thực và công nghiệp quan trọng của thế giới và ngành này đang thu hút sự quan tâm của nhiều học giả trên thế giới. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều khía cạnh chưa được nghiên cứu nhất là sự nghiên cứu tổng hợp hướng tới quản lý bền vững cho cả chuỗi ngành sản xuất, chế biến tinh bột khoai mì. Một số nhận xét cụ thể về chuỗi ngành mì như sau:

Đối với tác động môi trường của ngành mì, chất cyanua là một hợp chất không chủ định có trong củ khoai mì, một nghiên cứu chi tiết của tài liệu (Piyachomkwan, Wanlapatit, & Chotineeranat, 2005) cho thấy hàm lượng cyanua trong củ khoai mì là 240-340 mgHCN tương đương/kg khoai mì khô. Trong quá trình chế biến khoai mì gần 92% HCN tương đương đi vào nước thải, 5,2% đi vào chất thải rắn (bã khoai mì), 1,5% bay hơi từ quá trình sấy và khoảng 0,41% trong sản phẩm tinh bột khô (Arguedas & Cooke, 1982). Tích lũy hợp chất cyanua trong môi trường xung quanh các nhà máy sản xuất tinh bột khoai mì trên thế giới cũng đã được nghiên cứu, kết quả nghiên cứu cho thấy nước ngầm bị ảnh hưởng, hàm lượng HCN tương đương trong nước ngầm từ 1,2 – 1,6mg/l (Balagopalan & Rajalakshmy, 1998). Tính toán từ cân bằng vật chất của một số công bố cho thấy lượng chất thải rắn chiếm từ 10-15% lượng khoai mì tươi (Maieves, Oliveira, Frescura, & Amante, 2011). Trong đó vỏ phát sinh khoảng 0,38 tấn/tấn sản phẩm, bã với độ ẩm từ 35-40% khoảng 1,4 tấn/tấn sản phẩm (Chavalparit & Ongwandee, 2009), hoặc vỏ chiếm khoảng 0,06-0,13 tấn/tấn sản phẩm, bã khoảng 0,56-0,81 tấn/tấn sản phẩm (Sriroth, 2000). Các nhà máy sản xuất tinh bột khoai mì đều tiêu thụ nguồn năng lượng lớn thông qua hệ thống

động cơ điện, hệ thống sấy. Điện tiêu từ 0,32-0,929 MJ/kg sản phẩm, nhiệt từ 1,141 – 2,749 MJ/kg sản phẩm(Sriroth, 2000). Lượng nước thải phát sinh từ quá trình sản xuất tinh bột khoai mì được tổng quan bởi nhiều tác giả: 22 m³/tấn sản phẩm(Da, Dufour, & Marouze, 2008); 19,1 m³/tấn sản phẩm(Chavalparit & Ongwandee, 2009), là 13,1 m³/tấn sản phẩm(Piyachomkwan, Wanlapatit, & Chotineeranat, 2005). Nhìn chung lượng nước tiêu thụ trong sản xuất tinh bột khoai mì từ 6-10m³/tấn nguyên liệu (Maieyes et al., 2011) hoặc 10 – 30 m³/tấn sản phẩm (Sriroth, 2000).

Đối với các mô hình quản lý tối ưu, tổng quan nghiên cứu cho thấy hầu hết đều sử dụng phương pháp quy hoạch toán học để đưa ra mô hình tối ưu liên quan đến canh tác, vận chuyển và sản xuất. Các mô hình này sẽ phân tích nhiều phương án khác nhau để đưa ra giá trị tốt nhất đối với biến mong muốn. Các phương pháp được sử dụng là quy hoạch nguyên, quy hoạch 2 mục tiêu, quy hoạch mục tiêu logic mờ,...Các nghiên cứu đã thực hiện chủ yếu đánh giá về khía cạnh kinh tế và đánh giá riêng cho từng quá trình của chuỗi và chưa có nghiên cứu nào về mô hình tối ưu áp dụng cho cả chuỗi.

Đối với đánh giá môi trường cho cả chuỗi, hiện nay có nhiều nghiên cứu liên quan đến đánh giá môi trường cho chuỗi sản xuất. Công cụ được sử dụng nhiều nhất là LCA, tuy nhiên chỉ sử dụng một phần các chỉ thị, chỉ số. Chỉ số sử dụng nhiều nhất là năng lượng và khí nhà kính. Hơn nữa các nghiên cứu chủ yếu cho chuỗi thành phần, chưa áp dụng cho toàn chuỗi (ví dụ chuỗi ngành mì ở Thái Lan gồm có nhiều đầu ra, tuy nhiên tác giả chỉ nghiên cứu cho chuỗi sản xuất ethanol từ khoai mì).

Các số liệu trên cùng với Quyết định 1939/QĐ-TTg cho thấy cần phải có nghiên cứu đánh giá tổng thể về hiện trạng phát thải của cả chuỗi ngành mì của tỉnh và thông qua đó đề xuất được các mô hình và giải pháp phù hợp nhằm hướng tới tăng trưởng xanh cho chuỗi này.

Ngoài ra, để giải quyết các vấn đề về sản xuất, về môi trường trong sản xuất, cách tiếp cận phổ biến hiện nay là Kinh tế tuần hoàn (KTTH - Circular Economy). Kinh tế tuần hoàn là cách tiếp cận thúc đẩy sử dụng tài nguyên theo chu kỳ, hướng tới việc kết nối điểm cuối của quá trình này trở thành điểm đầu, trở thành một vòng tuần hoàn của vật chất thậm chí khôi phục và tái tạo các vật chất ở cuối mỗi vòng khai thác, sản xuất, phân phối và tiêu dùng, giữ cho vật chất được sử dụng lâu nhất có thể. KTTH có khả năng dẫn đến sự phát triển bền vững

đồng thời tách biệt tăng trưởng kinh tế khỏi những hậu quả khôn lường của việc cạn kiệt tài nguyên và suy thoái môi trường (Babbitt, Gaustad, Fisher, Chen, & Liu, 2018; Hofmann, 2019; Murray, Skene, & Haynes, 2017). Tới nay, khái niệm KTTH được thừa nhận rộng rãi nhất do tổ chức Ellen MacArthur Foundation đưa ra tại Hội nghị Kinh tế toàn cầu năm 2012: *“Kinh tế tuần hoàn là một hệ thống có tính khôi phục và tái tạo thông qua các kế hoạch và thiết kế chủ động. Nó thay thế khái niệm “kết thúc vòng đời” của vật liệu bằng khái niệm khôi phục, chuyển dịch theo hướng sử dụng năng lượng tái tạo, không dùng các hóa chất độc hại gây tổn hại tới việc tái sử dụng và hướng tới giảm thiểu chất thải thông qua việc thiết kế vật liệu, sản phẩm, hệ thống kỹ thuật và cả các mô hình kinh doanh trong phạm vi của hệ thống đó”* (Foundation, 12). Theo Suárez-Eiroa, Fernández, Méndez-Martínez, and Soto-Oñate (2019), để đạt CE có thể áp dụng 6 nguyên tắc là nguyên tắc 1: Điều chỉnh đầu vào hệ thống để tạo ra sự tái sinh/thu hồi; Nguyên tắc 2: Điều chỉnh đầu ra từ hệ thống theo tỷ lệ hấp thụ; nguyên tắc 3: khép kín hệ thống; nguyên tắc 4: Duy trì giá trị tài nguyên trong hệ thống; nguyên tắc 5: Giảm kích thước hệ thống; nguyên tắc 6: Thiết kế cho nền kinh tế tuần hoàn và nguyên tắc 7: Giáo dục cho nền kinh tế tuần hoàn. Một số nghiên cứu áp dụng KTTH điển hình cho các ngành như ngành thép (Ma, Wen, Chen, & Wen, 2014), lương thực (Jurgilevich et al., 2016), giải pháp cho bao bì (Casarejos, Bastos, Rufin, & Frota, 2018), ngành sữa (Ghisellini et al., 2015), nông nghiệp tích hợp (Manríquez-Altamirano, Sierra-Pérez, Muñoz, & Gabarrell, 2020), etc.

Nhìn chung CE có thể áp dụng cho mọi ngành và lĩnh vực trong đó lĩnh vực chế biến các sản phẩm có nguồn gốc nông nghiệp là lĩnh vực có nhiều tiềm năng. Bên cạnh các cây lương thực khác như bắp, lúa gạo, lúa mì, khoai tây, khoai mì là một loại cây lương thực và công nghiệp quan trọng của thế giới (Kim et al., 2017). Đối với Vietnam, khoai mì chỉ sau lúa và bắp về diện tích và sản lượng. Với vai trò quan trọng của cây mì, quá trình sản xuất và tác động môi trường của nó thu hút sự quan tâm của nhiều học giả trên thế giới.

Các số liệu trên cho thấy ngành sản xuất tinh bột khoai mì là ngành tác động lớn tới môi trường thông qua việc tiêu thụ nguyên nhiên vật liệu, phát thải khí thải, CTR, nước thải. Để giảm thiểu tác động môi trường của ngành mì theo hướng CE, nhiều mô hình và giải pháp khả thi cũng như nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã được công bố bởi nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới. Các giải pháp xử lý đối với chất thải mì từ quá trình canh tác là đốt để thu hồi năng lượng,

hiệu phân thu hồi biodiesel (Pattiya, 2011). Các giải pháp đối với bã gồm có sản xuất viên thức ăn gia súc (Bui et al., 2018), sản xuất ethanol (Rewlay-ngoan, Papong, Onbuddha, & Thanomnim, 2021), cho vào sản hệ thống kỵ khí để thu hồi năng lượng (Padri, Boontian, Teamroong, Piromyou, & Piasai, 2021). Các giải pháp về vỏ lụa phổ biến là nhiệt phân (Ki, Kurniawan, Lin, Ju, & Ismadji, 2013), compost kỵ khí (Alrefai, Alrefai, Benyounis, & Stokes, 2020) và hiếu khí để sản xuất phân không có bổ sung bã từ quá trình sản xuất (Padri et al., 2021; Pingmuanglek et al., 2017)...

Các giải pháp đưa ra bởi các học giả như trên đều hướng đến giải pháp thu hồi tái chế để làm tăng chuỗi giá trị sản xuất của ngành mì và phù hợp với Circular Economy concept. Tuy nhiên, đối với mỗi dòng thải đều có nhiều giải pháp và phương án khác nhau. Do vậy vấn đề đặt ra là chuỗi sản xuất cần áp dụng giải pháp nào để mang lại hiệu quả tốt nhất. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp hay được sử dụng là phương pháp quy hoạch mục tiêu. Nghiên cứu áp dụng GP rất đa dạng và áp dụng cho rất nhiều lĩnh vực, tuy nhiên rất ít nghiên cứu đối với ngành khoai mì. Liên quan đến áp dụng trong ngành mì có các nghiên cứu điển hình là: Đối với canh tác có nghiên cứu điển hình là của tác giả Ye et al. (2017) và tác giả Takeshima and Winter-Nelson (2012); Đối với sản xuất có nghiên cứu điển hình của nhóm tác giả Tran et al. (2017) đã đề xuất bộ chỉ số môi trường dùng trong đánh giá SXSH và áp dụng mô hình quy hoạch toán học để xác định các phương án cải tiến nhằm lập kế hoạch giảm thiểu ô nhiễm cho nhà máy sản xuất; đối với vận chuyển điển hình là nghiên cứu của Timaboot and Suthikarnnarunai (2017) đưa ra mô hình tối ưu chi phí vận chuyển khoai mì đến các cơ sở chế biến. Ngoài ra vấn đề vận chuyển cũng được lồng ghép trong các nghiên cứu của Ye et al. (2017) và Takeshima and Winter-Nelson (2012) để tính toán các chi phí vận chuyển trong tổng chi phí thu mua nhằm xác định được chi phí tốt nhất cho doanh nghiệp.

Nhìn chung, xét về khía cạnh môi trường, hiện nay vẫn chưa có nghiên cứu nào đề xuất mô hình sản xuất tổng thể cho chuỗi ngành mì một cách tối ưu từ canh tác đến chế biến để tối thiểu các phát thải và tác động của cả chuỗi. Các vấn đề tổng quan trên cho thấy bên cạnh tác động tích cực, ngành sản xuất tinh bột mì tác động tiêu cực đến môi trường. Nhằm gia tăng chuỗi giá trị ngành sản xuất khoai mì, nghiên cứu này áp dụng các kỹ thuật quy hoạch mục tiêu và cách tiếp cận kinh tế tuần hoàn để đề xuất mô hình sản xuất tối ưu của chuỗi để ngăn

ngừa, giảm thiểu, tái sử dụng và tái chế chất thải theo hướng không phát thải cho chuỗi sản xuất tinh bột mì ở Tây Ninh.

Các vấn đề được xác định ở trên là cơ sở để tác giả thực hiện Luận án *“Nghiên cứu đề xuất mô hình và giải pháp quản lý môi trường tối ưu cho chuỗi sản xuất khoai mì trên địa bàn tỉnh Tây Ninh”*.

CHƯƠNG 2 CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Cách tiếp cận

Phương pháp tiếp cận chính của đề tài là: xây dựng các mô hình và giải pháp theo quan điểm công – nông kết hợp theo hướng sinh thái khép kín trên cơ sở khép kín các dòng vật chất và năng lượng bên trong (khu vực trồng trọt, khu vực nhà máy sản xuất) và bên ngoài (khu vực dân cư, các hệ sinh thái môi trường sẵn có) của các thành phần nghiên cứu chính để tiến tới tạo thêm giá trị gia tăng cho chuỗi giá trị ngành khoai mì tại khu vực nghiên cứu.

Một số cơ sở nói lên các đặc điểm của cách tiếp cận này là:

- 1.** Trước tiên, trước khi tìm ra giá trị gia tăng của chuỗi, quan điểm chung là phải duy trì chuỗi giá trị cho những yếu tố trong chuỗi đã và đang tồn tại và phát triển tốt (những kỹ thuật, giải pháp mà từ trước tới nay trang trại và doanh nghiệp địa phương đang phát triển, đang trồng trọt và sản xuất ổn định). Như vậy, trên quan điểm hướng tới không đó, các giải pháp xanh, sạch, tốt nhất,... đã và đang áp dụng (hoặc sẽ dự định áp dụng) cần phải được áp dụng ngay cho các đối tượng nghiên cứu. Như vậy các giải pháp có thể áp dụng là: Sản xuất sạch hơn và Tiết kiệm năng lượng (Cleaner production and Energy savings - cho sản xuất tinh bột thì các giải pháp này rất hữu hiệu, phát huy tác dụng cao trong ngăn ngừa ô nhiễm tại nhà máy, giúp tiết kiệm chi phí cho doanh nghiệp), vệ sinh môi trường nông thôn (Best Sanitation practices - cho nhà ở, khu và cụm dân cư, chợ xung quanh), canh tác sạch hơn (Greener/Cleaner farming practices – cho các

khu vực trồng khoai mì), kỹ thuật canh tác bền vững (sustainable farming practices), và các tiêu chuẩn Việt Nam QCVN về chất lượng môi trường có thể áp dụng cho mọi đối tượng trong khu vực... Việc áp dụng các giải pháp này tại từng đối tượng sẽ đem lại các lợi ích về môi trường và kinh tế, tức là cũng đã góp phần trực tiếp tạo ra thêm giá trị gia tăng.

2. Như vậy, các dòng vật chất và năng lượng trong nội vi của các đối tượng nghiên cứu chính kể trên (Trang trại và nhà máy sản xuất chế biến) sẽ được phân tích kỹ, chi tiết với mục đích tìm ra cơ hội tái chế, tái sử dụng, tuần hoàn ngay trong bản thân 2 đối tượng đó, nhằm tận dụng tối đa hiệu quả tiêu thụ tài nguyên (nguyên vật liệu và năng lượng), và cùng với các giải pháp về kỹ thuật sẵn có tốt nhất (Best Available Techniques – BAT) trong các lĩnh vực kể trên sẽ được áp dụng, sẽ giúp làm hình thành một mô hình sản xuất, canh tác với tính hiệu quả cao về nhiều mặt.
3. Các hệ sinh thái môi trường sẵn có tại chỗ trên các địa bàn khác nhau sẽ được tận dụng triệt để, nhất là các tính ưu việt của các hệ sinh thái này (như tính sẵn có, chất lượng, trữ lượng và khả năng chịu tải cao của các nguồn nước sông rạch, tính đa dạng cao của hệ thống thực vật bản địa tại khu vực,...) để phục vụ cho các mục đích xử lý triệt để chất thải, hoặc tạo môi trường cho một số quá trình sinh lợi khác, cũng là nguồn tài nguyên có giá trị để góp phần tạo ra sinh kế bổ sung cho người dân.
4. Đề tài sẽ tập trung ưu tiên nghiên cứu giải quyết các chất thải và phụ phẩm tạo ra từ cả 2 quá trình chính trong chuỗi đề hướng đến gia tăng giá trị cho chuỗi (từ trồng trọt, và từ nhà máy sản xuất). Với quan điểm như vậy, và kết hợp với tiềm năng xoay vòng các dòng vật chất và năng lượng như đã trình bày, đề tài sẽ nghiên cứu đề tìm ra giải pháp tốt nhất để biến các chất thải hoặc phụ phẩm (by-products) này thành những sản phẩm có ích, phục vụ cho nhu cầu tại chỗ (ví dụ như sản xuất phân compost để bón cho cây

trồng tại chỗ chẳng hạn). Chính vì vậy nên sẽ có những giải pháp kỹ thuật mới được đầu tư trong bộ các giải pháp của mô hình sinh thái khép kín, và giá thành của các giải pháp mới này cũng sẽ được cân nhắc sao cho phù hợp nhất với tình hình thực tiễn tại khu vực đề có thể hướng đến công tác triển khai nhân rộng sau này.

5. Dựa trên các ý tưởng trên, một vòng tuần hoàn khép kín bao gồm các giải pháp kỹ thuật sinh thái sẽ được đề xuất, mỗi mô hình tại từng yếu tố chính (vùng trồng – nhà máy sản xuất chế biến, và bộ giải pháp đi kèm trong mỗi mô hình), sẽ bao gồm 01 thành phần trung tâm là nhà máy – trung tâm của chuỗi khoai mì, cùng khu vực dân cư xung quanh với một hệ thống các thành phần hỗ trợ cho thành phần trung tâm đó tạo ra một hệ thống sinh thái khép kín trên cơ sở quay vòng các dòng vật chất và năng lượng bên trong bản thân các thành phần trung tâm này (như giải pháp SXSH-TKNL ở bên trong nhà máy chẳng hạn), và giữa các thành phần trung tâm này (trang trại, nhà máy) với các thành phần bên ngoài (khu dân cư), và cũng như giữa các thành phần bên ngoài này với nhau (giữa các thành phần của khu dân cư đó). Mô hình sẽ đem lại lợi ích nhiều mặt, trong đó có lợi ích về mặt kinh tế, thông qua việc sẽ tạo ra các công việc mới cho người dân tại địa bàn nghiên cứu, góp phần đem lại sinh kế cho họ.

Thông qua cách tiếp cận của mô hình kể trên, cơ hội cộng sinh công nông nghiệp ở khu dân cư và ở các đối tượng chính là khu canh tác và nhà máy chế biến, ví dụ như một số giải pháp sẽ áp dụng (chi tiết hơn ở các mô hình kỹ thuật như làm phân compost, có nguồn biogas ... giảm bớt đáng kể các chi phí sản xuất do áp dụng SXSH-TKNL, nâng cao hiệu quả thu nhập do áp dụng kỹ thuật sẵn có tốt nhất trong canh tác và sản xuất,...). Dựa vào đó sẽ xem xét các kỹ thuật thu hồi, tái chế. Với quan điểm này Đề tài sẽ đề xuất được các giải pháp tốt nhất cho chuỗi ngành mì của tỉnh Tây Ninh nhằm hướng tới gia tăng chuỗi giá trị của ngành về môi trường và kinh tế.

2.2 Phương pháp xây dựng mô hình sản xuất tuần hoàn tối ưu theo hướng không phát thải cacbon cho chuỗi sản xuất tinh bột mì ở Tây Ninh

2.2.1 Phương pháp đánh giá hiện trạng sản xuất, phát thải và phân tích cân bằng cacbon của chuỗi

Phương pháp thực hiện được với trình tự các bước thực hiện như sau:

- Hiện trạng canh tác: thu thập dữ liệu về canh tác của 30 hộ điển hình như nhu cầu sử dụng năng lượng, nhiên liệu, năng suất, giống, khoảng cách từ điểm cung cấp vật tư đến khu vực canh tác.
- Hiện trạng tiêu thụ nhiên liệu trong vận chuyển: thu thập số liệu 30 phương tiện vận chuyển, các số liệu thu thập là tải trọng, số km di chuyển và lượng nhiên liệu tiêu thụ.
- Hiện trạng sản xuất: thu thập số liệu của các nhà máy sản xuất tinh bột trên địa bàn tỉnh để xác định hiện trạng thu mua nguyên liệu và số liệu về định mức tiêu thụ nguyên nhiên vật liệu và các phương án xử lý chất thải
- Đánh giá hiện trạng phát thải: sau khi có số liệu tiến hành đánh giá cacbon tích lũy từ quá trình canh tác cũng như phát thải cacbon của chuỗi dựa vào các hệ số phát thải từ tổng quan tài liệu

2.2.2 Xây dựng kịch bản mô hình chuỗi sản xuất tinh bột theo hướng kinh tế tuần hoàn

Trên cơ sở tích hợp các giải pháp đã được nghiên cứu khả thi trên cơ sở tổng quan tài liệu, mô hình tích hợp các giải pháp có thể áp dụng cho chuỗi ngành mì hiện nay. Sau đó mô hình hóa và vận hành bằng phần mềm Lingo 9.0 để xác định các thông số từ đó xác định được mô hình tối ưu.

2.3 Phương pháp đề xuất giải pháp thực tiễn tốt nhất đối với quá trình sản xuất

Đề tài áp dụng phương pháp kiểm toán chất thải và năng lượng để tìm ra thực tiễn tốt nhất cho quá trình sản xuất. Đây chính là mô hình tối ưu của quá trình sản xuất. Dựa vào hiện trạng sản xuất của từng quá trình, Đề tài xác lập sơ đồ CBVC của nhà máy, sau đó tính toán các định mức tiêu thụ tập trung vào các chỉ số.

Đề tài tiến hành *áp dụng phương pháp cân bằng VCNL* đã đề xuất để kiểm toán chi tiết 08 Nhà máy điển hình là các nhà máy có các công nghệ điển hình, đại diện cho ngành sản xuất tinh bột ở Tây Ninh. Sau đó xác định các quá trình tốt nhất.

2.4 Phương pháp đề xuất mô hình giải pháp tốt nhất đối với xử lý chất thải và phụ phẩm

Mô hình cộng sinh công – nông nghiệp theo hướng sinh thái được xây dựng dựa trên việc kết nối một số phương án kỹ thuật sinh thái hiện tại đang đạt hiệu quả với những phương án kỹ thuật sinh thái mới của các thành phần môi trường: nước thải, miềng mì, bã mì và nông nghiệp, để từ đó đề xuất được mô hình cộng sinh phù hợp cho hoạt động sản xuất tinh bột khoai mì tỉnh Tây Ninh.

Kết quả kết nối các thành phần môi trường từ những phương án kỹ thuật đề xuất tạo ra 9 mô hình cộng sinh cần đánh giá, lựa chọn mức độ ưu tiên. Sau đó đánh giá theo phương pháp AHP để xác định mô hình tốt nhất.

CHƯƠNG 3 ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TỐT NHẤT HƯỚNG TỚI SẢN XUẤT SẠCH HƠN, SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ CHO CHUỖI SẢN XUẤT TINH BỘT KHOAI MÌ

3.1 Hiện trạng phát thải CO₂ và cân bằng carbon chuỗi ngành mì *Đối với canh tác*

Hiện nay tổng diện tích cây mì trên địa bàn tỉnh khoảng 60.000 hecta/năm. Diện tích trồng Khoai mì tập trung chủ yếu ở huyện Tân Biên, Tân Châu và Dương Minh Châu, Châu Thành. Nhu cầu nguyên vật liệu và đầu ra trong quá trình canh tác khoai mì ở Tây Ninh qua kết quả điều tra khảo sát 30 hộ điển hình Với năng suất trung bình 30,3 tấn/ha thì hệ số phát thải CO₂ trung bình là 64,66 kgCO_{2e}/tấn khoai mì. Với sản lượng như hiện nay, tổng phát thải từ quá trình canh tác tại Tây Ninh là 743.555.560 kg CO_{2e}, tại Campuchia là 1.356.620.489 kg CO_{2e} (do không có số liệu tại Campuchia nên xem như hệ số phát thải tương tự Việt Nam, bỏ qua vận chuyển từ các farm đến khu vực cửa khẩu).

3.1.2 *Đối với quá trình vận chuyển nguyên liệu về nhà máy*

Có 35 vùng nguyên liệu để cung cấp cho các nhà máy sản xuất, trong đó 70% chủ yếu nhập từ Campuchia. Với kết quả khảo sát định mức dầu DO trong vận chuyển mì là 0,0077 lít/km/tấn cùng với số liệu hiện trạng thu gom mì tại các vùng nguyên liệu ta tính được hiện trạng phát thải CO₂ từ quá trình vận chuyển khoai mì về các nhà máy là 13,58 kg CO_{2e}/tấn mì. Nếu tính tổng phát thải từ canh tác và vận chuyển thì phát thải là 78 kg CO_{2e}/tấn mì, tương tự so với số liệu trung bình của nghiên cứu từ các nhà máy điển hình ở Thái Lan là 58-96 kg CO_{2e}/tấn mì [103].

3.1.3 *Đối với quá trình sản xuất*

Hiện nay các nhà máy ở Tây Ninh có tổng công suất khoảng 1.255.800 tấn tinh bột/năm. Theo đánh giá ở **Error! Reference source not found.** sử dụng n

¹ Kết quả đã được công bố bởi Vo Van Giau, Tran Van Thanh, Tran Le Luu, Hans Schnitzer, Le Thanh Hai (2022), Application of Linear Programming for cassava starch production optimization in Vietnam within a Circular Economy framework toward Zero emission, Environmental Engineering Research. 2023;28(4): 220214 :220214-0. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2022.214> (ghi chú: SCIE, IF=2,507).

ước trung bình của các nhà máy sản xuất tinh bột của tỉnh là $17,4 \text{ m}^3/\text{tấn}$ sản phẩm. Như vậy với tổng công suất này thì lượng nước sử dụng hiện nay là $21.896.000,0 \text{ m}^3/\text{năm}$, điện sử dụng khoảng 300 triệu kWh/năm, dầu DO phục vụ cho các thiết bị trong nhà máy khoảng 415 nghìn lít/năm. Phát thải khoảng 146 nghìn tấn vỏ lụa/năm, và khoảng 713 nghìn tấn bã/năm.

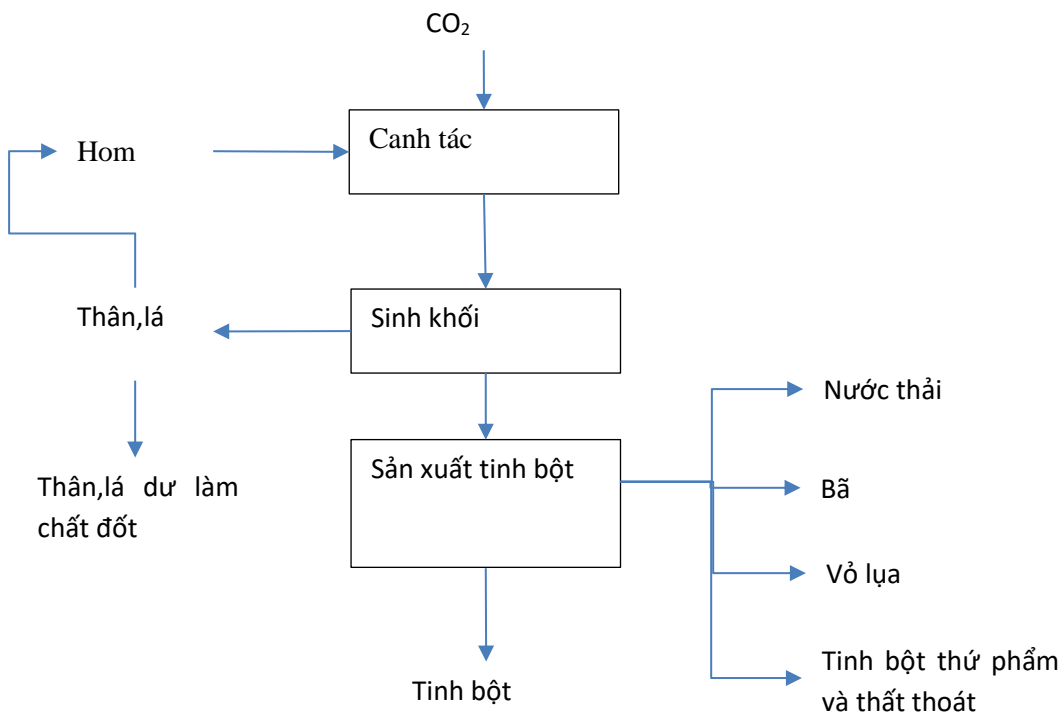
CO_2 phát thải từ quá trình sản xuất chủ yếu từ điện, thu hồi khí sinh học từ nước thải và từ quá trình compost vỏ lụa. Trong đó, phát thải lớn nhất từ quá trình compost vỏ lụa trong điều kiện kỵ khí làm phát thải CH_4 vào môi trường, trong khi đó mỗi kg CH_4 tương đương với 25 kg CO_2 . Phát thải trung bình trên 01 đơn vị sản phẩm trong quá trình sản xuất là $2.210 \text{ kg CO}_2/\text{tấn}$ tinh bột (để phục vụ tính toán cân bằng cacbon, nghiên cứu này tính cả phát thải từ quá trình đốt khí biogas và xử lý vỏ lụa). Trong khi phát thải từ quá trình sản xuất của Usubharatana and Phunggrassami [103] là 560-635 $\text{CO}_2/\text{tấn}$ tinh bột. Sự khác biệt này do nghiên cứu của Usubharatana and Phunggrassami [103] chưa tính đến phát thải từ xử lý vỏ lụa, phát thải từ khí sinh học và hệ số phát thải của lưới điện Thái Lan ở thời điểm tính toán thấp hơn của Việt Nam ($0,6093 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$ so với $0,8485 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$).

3.1.4 Đánh giá tổng phát thải khí nhà kính từ chuỗi sản xuất tinh bột

Với tổng lượng tinh bột sản xuất được là 1.255.800 tấn/năm và lượng phát thải của ngành mì đã được kiểm toán ta tính được hệ số phát thải trên 01 tấn tinh bột tại Tây Ninh là $3,94 \text{ tấn CO}_2/\text{tấn}$ tinh bột và $2,86 \text{ CO}_2/\text{tấn}$ tinh bột (trong trường hợp không kể phát thải từ quá trình trồng trọt ở vùng nguyên liệu khác tỉnh).

3.1.5 Đánh giá cân bằng carbon từ chuỗi quá trình sản xuất

Cây khoai mì được xem là cây cố định nhiều cacbon, các bon được lấy chủ yếu từ CO_2 trong không khí và được cố định ở thân, lá và củ. Sơ đồ dòng cacbon trong chuỗi quá trình sản xuất như Hình 3-1



Hình 3-1. Sơ đồ cân bằng cacbon trong sản xuất tinh bột mì

Kết quả nghiên cứu cho thấy tổng các bon hấp thụ được từ quá trình canh tác là 1.212.351 tấn C/năm, tương đương 4.445.287 tấn CO₂/năm. Trong khi đó tổng phát thải CO_{2e} của chuỗi sản xuất là 4.949.396 tấn CO_{2e}/năm. Do vậy theo cân bằng CO_{2e} thì lượng phát thải cacbon cao hơn lượng cacbon được hấp thụ từ quá trình canh tác do vậy chuỗi sản xuất phát thải **504.109 tấn CO_{2e}/năm**. Vậy vấn đề đặt ra là giải pháp nào để chuỗi sản xuất ngành mì không phát thải cacbon thậm chí là chuỗi ngành hấp thụ cacbon để góp phần giảm thiểu cacbon phát thải từ các hoạt động khác.

3.2 Mô hình sản xuất tuần hoàn tối ưu theo hướng không phát thải carbon cho chuỗi sản xuất tinh bột mì ở Tây Ninh

3.2.1 Các số liệu đầu vào phục vụ mô hình

Các số liệu đầu vào phục vụ giải bài toán quy hoạch tối ưu cho chuỗi sản xuất theo hướng không phát thải cacbon và định hướng kinh tế tuần hoàn như sau: Các số liệu về định mức canh tác, sản xuất: các giá trị trung bình khảo sát thực tế; Các số liệu liên quan đến đầu vào – ra của các phương án từ tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước.

3.2.2 Xác định mô hình chuỗi sản xuất tối ưu cho ngành mì ở Tây Ninh

3.2.2.1 Tối ưu mạng lưới thu gom nguyên liệu

Kết quả mô hình cho thấy để tối thiểu phát thải CO₂ thì mạng lưới cung cấp nguyên liệu cần phải được thiết kế lại. Khi tối ưu mạng lưới vận chuyển và thu gom nguyên liệu sẽ phát thải 44.777 tấn CO₂/năm, so với hiện trạng là 68.737 tấn CO₂ sẽ giảm thiểu được 23.960 tấn CO₂/năm (tương đương giảm 34,8%). Kết quả quy hoạch lại cho thấy 10 nhà máy sẽ lấy nguyên liệu nội bộ trong tỉnh, 21 nhà máy phải lấy nguyên liệu từ Campuchia và các nhà máy còn lại thì thu gom cả hai nguồn trong tỉnh và Campuchia. Kết quả từ tối ưu mạng lưới vận chuyển sẽ được sử dụng để tối ưu chuỗi các hoạt động sản xuất của mô hình.

3.2.2.2 Mô hình sản xuất tối ưu

Trên cơ sở hiện trạng và các thông số kỹ thuật của các phương án từ các nghiên cứu khả thi và các nghiên cứu khác trên thế giới, Nhóm nghiên cứu đã áp dụng phần mềm Lingo 9.0 để giải bài toán và xác định các thông số của mô hình. Kết cho thấy để đạt được tỷ lệ tuần hoàn tối đa và có thể thay thế được hoàn toàn năng lượng điện, năng lượng hóa thạch thì toàn bộ thân mì sau thu hoạch dư (đã trừ phần làm giống) đem khoảng 2,2 triệu tấn/năm xử lý theo công nghệ nhiệt phân để thu hồi bio-oil, phần còn lại đem xử lý cùng với hệ thống biogas-CHP và biogas-CHP-RO để thu hồi và cung cấp năng lượng cho quá trình sản xuất. Toàn bộ vỏ lụa được xử lý theo công nghệ nhiệt phân thu hồi bio-oil. Tổng bio-oil từ chuỗi sản xuất khoảng 528.000 tấn/năm, mặc dù bio-oil chưa có thể sử dụng trực tiếp cho các động cơ đốt trong tuy nhiên nó là nguồn nguyên liệu cho các nhà máy sản xuất diesel sinh học do vậy có thể xem bio-oil thay thế được nhiên liệu hóa thạch của chuỗi sản xuất. Ngoài ra bio-oil từ nhiệt phân biomass còn là nguồn nguyên liệu cho được phẩm, sản xuất thuốc bảo vệ thực vật sinh học,...Toàn bộ bã sinh ra được xử lý kỵ khí cùng với nước thải theo công nghệ

biogas – CHP. Kết quả cho thấy toàn bộ phát thải CO₂ từ các nguồn khác nhau đều được quá trình canh tác khoai mì hấp thụ hoàn toàn, ngoài ra chuỗi còn hấp thụ khoảng 2,7 triệu tấn CO₂ từ các nguồn khác. Điện năng và nhiên liệu, phân bón cũng hoàn toàn có thể tự cung cấp từ các giải pháp của chuỗi thậm chí còn dư và có thể bán ra bên ngoài. Các kết quả này thỏa mãn được mục tiêu zero CO₂ và Zero năng lượng hóa thạch và điện năng. Tóm tắt kết quả mô hình như **Error! Reference source not found.**

3.3 Đề xuất mô hình tốt nhất cho quá trình canh tác

Như vậy, sau khi áp dụng phương pháp AHP và phương pháp chuyên gia, trọng số cao rơi vào các tiêu chí là giống mì, loại phân bón và lượng phân bón sử dụng. Trong đó loại phân bón và lượng phân bón sử dụng là yếu tố gây phát thải KNK nhiều nhất thông qua sự rửa trôi và bay hơi. Theo IPCC (2006), lượng phát thải KNK từ việc thất thoát N do rửa trôi chiếm 1% (0.0075 kg N₂O-N/kg N), do bay hơi chiếm 10% (0.01 kg N₂O-N/kg NH₃-N). Do đó chỉ tiêu phương pháp bón phân có tác động gián tiếp đến 3 chỉ tiêu kể trên. Phương án bón phân kết hợp tưới phun tuy giữ đủ độ ẩm cho đất, giảm tình trạng rửa trôi nhưng chỉ bón phân hóa học về lâu dài đất mất chất dinh dưỡng. Phương án dùng thiết bị bay siêu nhẹ và hệ thống năng lượng mặt trời giảm được phát thải do điện năng tiêu thụ nhưng vẫn không giải quyết được vấn đề xói mòn đất. Riêng Phương án 4 có tính khả thi cao nhất, việc tận dụng lại phụ phẩm từ sản xuất tinh bột như nguồn phân hữu cơ giúp giảm lượng phân hóa học sử dụng đồng thời giữ và bồi đắp chất dinh dưỡng cho đất, chuẩn bị cho mùa vụ sau. Bên cạnh đó, việc tái sử dụng phụ phẩm góp phần làm giảm phát thải KNK do đốt phụ phẩm hoặc giảm chất thải rắn.

3.4 Đề xuất mô hình tốt nhất trong quá trình sản xuất tinh bột

3.4.1 Kiểm toán xác định các mức tiêu hao

3.4.1.1 Kiểm toán mức tiêu hao nước

Sau khi thực hiện kiểm toán, đánh giá chi tiết nguyên, vật liệu tại nhà máy, dự án thể hiện chi tiết các quá trình sử dụng nước nhiều nhất để đánh giá, phân tích sự khác nhau tại các nhà máy được khảo sát chi tiết. Kết quả kiểm toán cho thấy định mức sử dụng nước sạch của các nhà máy sản xuất tinh bột mì rất khác nhau dao động từ 8 – 27 m³/tấn sản phẩm. Nhìn chung định mức này cũng khá tương đồng với các nghiên cứu về ngành này trên thế giới. Lượng nước tiêu thụ cho quá trình sản xuất tinh bột trên thế giới được báo cáo là 10-30 m³/tấn tinh bột

[77, 78, 113-115]. Trong 8 nhà máy được phân tích thì có nhà máy có hiệu quả sử dụng nước khá tốt, chỉ $8\text{m}^3/\text{tấn}$ sản phẩm, điều này cho thấy ngành sản xuất tinh bột khoai mì của tỉnh đã có những hiệu quả nhất định trong công tác SXSH. Tuy nhiên phần lớn các nhà máy vẫn còn sử dụng nước khá nhiều, phân tích nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt của từng nhà máy đối với các quá trình sản xuất. Đề tài đánh giá chi tiết các quá trình như sau:

- Nhà máy Việt Úc sử dụng nước nhiều do bố trí các dòng trong quá trình sản xuất chưa tối ưu. Hầu hết các nhà máy dung dịch sữa sau khi ra khỏi hệ thống li tâm tách bã và trước khi vào Sepa tách mù đều có nồng độ tinh bột ở mức 2 – 3 độ Bé. Điều này có nghĩa là cùng 1 tấn sản phẩm thì lượng nước cần dùng là giống nhau tuy nhiên khác nhau ở chỗ nếu nhà máy nào tái sử dụng nước từ sepa cho quá trình băm nghiền và li tâm thì sẽ tiết kiệm được nhiều nước sử dụng. Xét quy trình của Việt Úc cho thấy nước thải từ sepa chủ yếu dùng cho quá trình rửa và thải vào hệ thống XLNT trong khi đó Trường Thịnh sử dụng sepa 3 pha của Đức, nước từ pha 2 của sepa được tái sử dụng cho các quá trình đập, nghiền và li tâm, tương tự Hồng Phát cũng tái sử dụng 01 phần.
- Đối với tiêu thụ nước, kết quả trên cho thấy Nhà máy sản xuất của công ty Việt Úc có nhiều tiềm năng SXSH nhất kể đến là Hồng Phát và Nguyên Liêm.
- Đối với tổn thất tinh bột ta nhận thấy Nguyên Liêm có tỷ lệ tổn thất vào nước thấp nhất kể đến là Trường Thịnh, Hồng Phát và Việt Úc. Điều này có thể giải thích là Nguyên Liêm vừa mới lắp đặt hệ thống Sepa theo công nghệ Đức nên tỷ lệ thất thoát ít hơn. Trong khi đó Trường Thịnh cũng lắp đặt Sepa Đức tuy nhiên model cũ (đã lắp đặt khoảng 10 năm) do đó tỷ lệ tổn thất cao hơn Nguyên Liêm.
- Quá trình quản lý nội vi trong nhà máy không tốt là nguyên nhân làm thất thoát và gây lãng phí rất lớn, một số ví dụ về quản lý nội vi không tốt trong nhà máy (minh họa):

3.4.1.2 Kiểm toán mức tiêu hao điện năng

Quá trình sản xuất tại các nhà máy chế biến tinh bột khoai mì sử dụng rất nhiều thiết bị điện với nhiều loại công suất, thiết bị, thời gian hoạt động,...Dựa vào kết quả kiểm toán năng lượng chi tiết của các nhà máy này nhóm thực hiện phân tích, tính toán điện năng tiêu thụ tại các nhà máy và so sánh trên mỗi tấn sản phẩm sản xuất.

Kết quả kiểm toán cho thấy mức tiêu thụ điện năng của các nhà máy hiện nay dao động từ 108 – 289 kWh/tấn sản phẩm (tương đương 0,389 – 1,04 MJ/kg sản phẩm). Trên thế giới, ngành sản xuất tinh bột khoai mì tiêu thụ điện từ 0,32-0,929 MJ/kg sản phẩm [113]. Điều này cho thấy mức tiêu thụ năng lượng của ngành sản xuất tinh bột mì của Tỉnh còn cao hơn so với mức trung bình được báo cáo bởi tài liệu tổng quan. Ngoài ra mức tiêu thụ năng lượng giữa các nhà máy khác nhau nhiều do vậy có nhiều tiềm năng trong tiết kiệm năng lượng bằng cách so sánh với các nhà máy khác của tỉnh hoặc trên thế giới.


3.4.2 Mô hình mẫu sản xuất sạch hơn và sử dụng năng lượng hiệu quả

Như đánh giá ở phần kiểm toán, việc sử dụng nước và điện của các nhà máy rất khác nhau. Điều này chứng tỏ tiêu thụ điện, nước phụ thuộc rất nhiều vào cách quản lý, bố trí máy móc thiết bị,... giữa các doanh nghiệp. Do vậy các doanh nghiệp có thể học hỏi lẫn nhau để đạt được mức tiêu thụ tối ưu. Để đạt được điều này Dự án đề xuất mô hình mẫu để các doanh nghiệp thực hiện như sau:

3.4.2.1 Đề xuất mô hình sử dụng nước hiệu quả

Quy trình sản xuất tinh bột mì gồm có các quá trình như nạp liệu, rửa, nghiền, li tâm tách bã, tách mù và sấy. Kết quả kiểm toán cho thấy nếu các nhà máy học hỏi lẫn nhau và thực hiện tốt các quá trình sản xuất thì nhu cầu sử dụng nước sẽ giảm rất nhiều và có thể đạt đến mức 4,7 m³/tấn sản phẩm (nếu tính lượng nước sử dụng cho sinh hoạt, vệ sinh chiếm 10%, thì nước sử dụng là 5,2 m³/tấn sản phẩm).


Các giải pháp cụ thể như sau:

 Đối với quá trình từ nạp liệu đến rửa:

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy nước sạch tiêu thụ từ 0 – 5,3m³/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại 4 nhà máy Trường Thịnh, Việt Úc, Xuân Hồng và Dương Minh Châu chỉ tiêu thụ 0 m³/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Trường Thịnh, Việt Úc, Xuân Hồng và Dương Minh Châu là tốt nhất.

 Từ quá trình băm, đập đến trước khi vào Sepa:

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy nước sạch tiêu thụ từ 1,2 – 17,1 m³/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Xuân Hồng chỉ tiêu thụ 1,2 m³/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Xuân Hồng là tốt nhất.

 Sepa tách mù:

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy nước sạch tiêu thụ từ 3,5 – 13,96 m³/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Hồng Phát Châu Thành chỉ tiêu thụ 3,5 m³/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Châu Thành là tốt nhất.

✚ **Tinh bột thất thoát vào nước thải:**

Kết quả đánh giá tại 4 nhà máy cho thấy nước lượng tinh bột thất thoát vào nước thải từ 27,42 – 90,6 Kg tinh bột/tấn SP. Tinh bột thất thoát chủ yếu từ các thiết bị tách mủ, kết quả khảo sát và đánh giá cho thấy Nhà máy Xuân Hồng có lượng tinh bột thất thoát vào nước thải thấp nhất do vậy cách thực hiện của Nhà máy Xuân Hồng là tốt nhất.

3.4.2.2 Đề xuất mô hình sử dụng năng lượng hiệu quả

✚ **Đối với quá trình từ nạp đến rửa:**

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 2,06 – 15,1 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại 4 nhà máy Hồng Phát Châu Thành chỉ tiêu thụ 2,06 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Hồng Phát Châu Thành là tốt nhất.

✚ **Đối với quá trình từ băm, đập đến trước khi vào li tâm:**

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 31,65-69,88 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Hồng Phát DMC chỉ tiêu thụ 31,65 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Hồng Phát DMC là tốt nhất.

✚ **Đối với quá trình ly tâm:**

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 11,8-57,6 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Xuân Hồng chỉ tiêu thụ 11,8 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Xuân Hồng là tốt nhất.

✚ **Đối với quá trình tách mủ:**

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 27,78-55,9 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Dương Minh Châu chỉ tiêu thụ 27,8 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy DMC là tốt nhất.

✚ **Đối với quá trình ly tâm tách bột:**

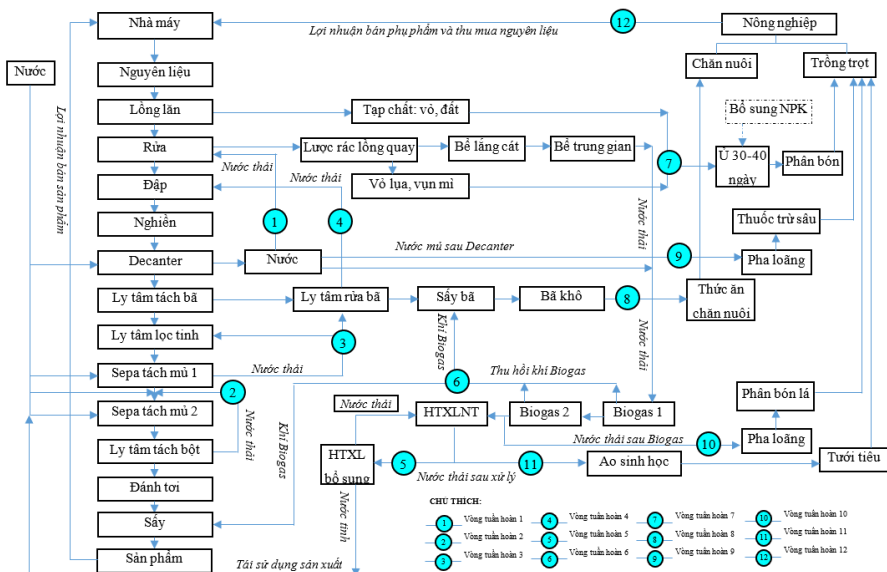
Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 7,74-41 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Xuân Hồng chỉ tiêu thụ 7,74 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Xuân Hồng là tốt nhất.

✚ **Sấy đến đóng bao:**

Kết quả đánh giá tại 8 nhà máy cho thấy điện tiêu thụ từ 14,1 - 47,2 kWh/tấn SP. Thực tiễn tốt nhất tại nhà máy Hồng Phát Châu Thành chỉ tiêu thụ 14,1 kWh/tấn SP do vậy cách thực hiện của Nhà máy Hồng Phát Châu Thành là tốt nhất.

3.5 Đề xuất mô hình tốt nhất đối với chất thải và phụ phẩm từ quá trình sản xuất

Áp dụng mô hình đề xuất cho Nhà máy điện hình như sau:



Hình 3-2. Sơ đồ mô hình cộng sinh công – nông nghiệp theo hướng sinh thái tại Nhà máy Xuân Hồng

Thuyết minh mô hình:

Mô hình cộng sinh công – nông nghiệp sinh thái hướng đến sự phát triển bền vững cho sản xuất tinh bột khoai mì gồm 12 vòng tuần hoàn khép kín, hạn chế các tác động gây ô nhiễm môi trường. Cụ thể như sau:

Đối với công nghiệp:

- Vòng tuần hoàn 1 (hiện hữu): Nước mù từ Decanter được tuần hoàn sử dụng cho công đoạn rửa củ để tránh lãng phí tài nguyên nước;

- Vòng tuần hoàn 2 (*hiện hữu*): Nước thải từ công đoạn ly tâm tách tinh bột được tuần hoàn về trước Sepa tách mù 2 để giảm lượng nước sạch sử dụng;
- Vòng tuần hoàn 3 (*hiện hữu*): Nước thải từ Sepa tách mù 1 được tuần hoàn cho công đoạn ly tâm lọc tinh và ly tâm rửa bã;
- Vòng tuần hoàn 4 (*hiện hữu*): Nước thải sau khi rửa bã được tuần hoàn về công đoạn đập;
- Vòng tuần hoàn 5 (*đề xuất*): Một phần nước thải sau xử lý được bơm về hệ thống bổ sung để xử lý đạt quy chuẩn nước ăn uống. Nước tinh tiếp tục được bơm về tái sử dụng cho Decanter và Sepa tách mù cùng với nước sạch;
- Vòng tuần hoàn 6 (*hiện hữu*): Khí Biogas được thu hồi làm nhiên liệu đốt cho lò sấy bột và lò sấy bã, hạn chế sử dụng các nhiên liệu đốt hóa thạch; lợi nhuận thu được từ bã sấy và tinh bột được phục vụ cho hoạt động sản xuất của nhà máy.

Đối với nông nghiệp:

- Vòng tuần hoàn 7 (*cải tiến*): Miếng mì từ quá trình sản xuất tinh bột khoai mì được ủ từ 30-40 ngày tại Nhà máy trước khi vận chuyển đến điểm tập kết chung. Tại đây, các hộ dân sử dụng phương tiện vận chuyển miếng về vườn của mình để trộn thêm phân NPK phù hợp cho cây trồng trước khi bón.
- Vòng tuần hoàn 8 (*hiện hữu*): Bã mì từ quá trình ly tâm tách bã được làm sạch và sấy khô để độ ẩm đạt 10-15%. Bã mì sấy được các hộ dân thu mua về trộn với thức ăn chăn nuôi để tăng năng suất chăn nuôi;
- Vòng tuần hoàn 9 (*đề xuất*): Nước mù sau Decanter được pha loãng theo tỷ lệ phù hợp làm thuốc trừ sâu tự nhiên phun cho nông nghiệp;
- Vòng tuần hoàn 10 (*đề xuất*): Nước thải sau Biogas được pha loãng theo tỷ lệ phù hợp với cây trồng và sử dụng làm phân bón lá cho nông nghiệp;
- Vòng tuần hoàn 11 (*đề xuất*): Sau khi bơm nước thải sau xử lý về hệ thống bổ sung để phục vụ sản xuất, phần nước thải còn lại được trữ tại ao sinh học để phục vụ cho tưới tiêu nông nghiệp;
- Vòng tuần hoàn 12 (*đề xuất*): Chi phí chăm sóc nông nghiệp giảm đi đáng kể sẽ góp phần hỗ trợ các Nhà máy thu mua nguyên liệu với giá rẻ để sản xuất những sản phẩm cạnh tranh với thị trường.

Phân tích, đánh giá hiệu quả các phương án mà mô hình được đề xuất lựa chọn tại Nhà máy Xuân Hồng

Mô hình tạo nên chuỗi giá trị khép kín từ hoạt động sản xuất công – nông nghiệp để nâng cao giá trị kinh tế từ các phụ phẩm sản xuất và giảm chi phí sản xuất nông nghiệp để hướng đến phát triển “xanh” hơn, giảm thiểu các độc tố từ việc sử dụng các loại phân, thuốc trừ sâu hóa học để kích thích tăng trưởng cây trồng và chăn nuôi.

Mô hình hạn chế việc xả thải ra môi trường để tận dụng nước thải sau xử lý hỗ trợ tưới tiêu cho hàng trăm ha nông nghiệp. Giảm 40% lượng nước ngầm khai thác cho sản xuất nhờ sử dụng hệ thống xử lý bổ sung để tái sử dụng nước thải sau xử lý, tương đương mức phí khai thác nước ngầm mỗi năm giảm được 66.342.400 đồng.

Nước thải sản xuất làm thuốc trừ sâu và nước thải sau Biogas làm phân bón lá khi được pha loãng theo tỷ lệ phù hợp không chỉ giảm chất hóa học sử dụng cho cây trồng mà còn bảo vệ môi trường và sức khỏe con người.

Khí Biogas được tận dụng triệt để cho hoạt động sấy bã mì, và sấy bột mà không gây lãng phí. Giá trị phụ phẩm bã mì được nâng cao với phương án sấy bã, tuy chi phí đầu tư khá cao nhưng với giá bán bã sấy hiện nay là 3.200-3.500 đồng/kg thì lợi nhuận thu được từ 1.000-1.500đồng/kg bã khô, cao hơn gấp 5-7 lần so với bã mì tươi. Theo đó, khi được phối trộn với thức ăn chăn nuôi, hiệu quả chăn nuôi cho năng suất cao. Một số kết quả thử nghiệm ghi nhận được trên 15-20 con lợn 1 tháng tuổi cho thấy sau ba tháng được ăn bã mì sấy, lợn tăng trọng nhanh hơn 1,1-1,3kg so với những con đối chứng (chỉ ăn thức ăn bình thường).

Ô nhiễm không khí được hạn chế khi miềng được ủ tại Nhà máy từ 30-40 ngày trước khi sử dụng phương tiện vận chuyển chung để đưa về bãi tập kết của các hộ dân. Mặt khác, sử dụng miềng mì được ủ để bón phân sẽ giảm chi phí sử dụng phân NPK hóa học, tương đương giảm được 995.781 đồng/ha cây mì, 1.000.319 đồng/ha cây cao su.

Tái sử dụng chất thải trong sản xuất và hỗ trợ nông nghiệp địa phương tạo nên sự phát triển sinh thái bền vững, góp phần thúc đẩy xu hướng phát triển kinh tế tuần hoàn cho ngành sản xuất tinh bột khoai mì.

Chi phí đầu tư và vận hành cho phương án tái sử dụng khá cao, nhưng nếu xét về khía cạnh những lợi ích chung mà phương án mang lại thì phương án này cần được xem xét và khuyến khích mở rộng.

Bên cạnh đó NCS đã nghiên cứu tính khả thi của giải pháp mô hình tích hợp (vòng tuần hoàn số 6) về khả năng thu hồi chất thải để đồng chuyển đổi thành năng lượng sinh học, phân bón sinh học cũng như nước đã qua xử lý để tự sử dụng trong hệ thống. Kết quả tính toán của định mức tiêu thụ năng lượng (SEC - specific energy consumption) cao nhất, thấp nhất và trung bình lần lượt là 0,968 GJ/tấn, 0,925 GJ/tấn và 0,939 GJ/tấn, nghĩa là giá trị SEC càng thấp thì hiệu suất sử dụng năng lượng của hệ thống càng thấp và ngược lại. Việc sử dụng đồng bộ với bộ tiết kiệm (economizer) giúp giảm chi phí vận hành cho nồi hơi, tiết kiệm 0,054% năng lượng tiêu thụ mỗi năm. Chi phí đầu tư cho bộ tiết kiệm là khoảng 800.000.000 VNĐ (~34.058,48\$), với thời gian hoàn vốn ước tính và mức tiết kiệm năng lượng là 0,63 năm (~ 7 đến 8 tháng). Hệ thống được áp dụng giúp giảm phát thải khí nhà kính bằng cách giảm sử dụng năng lượng từ điện và nhiên liệu, khiến lượng phát thải CO₂ giảm 123.564 kgCO₂/năm. Ưu điểm của hệ thống tổng hợp kết hợp trồng khoai mì, sản xuất khoai mì và chăn nuôi cũng đã được chỉ ra, trong đó một trong những khía cạnh là tận dụng nhiệt dư thừa từ sản xuất khoai mì để làm bay hơi NH₃ trong dòng nước thải từ bể biogas, cũng như nâng cao hiệu quả sản xuất. hiệu quả sản xuất khí mêtan trong bể biogas này. Bằng cách này, việc xử lý nước thải chăn nuôi, vốn thường chứa nồng độ NH₃ cao, sẽ hiệu quả hơn. Hơn nữa, việc sản xuất phân bón sinh học rắn dựa trên việc trộn than sinh học thải và bùn từ bể khí sinh học sau này được sử dụng cho mục đích trồng khoai mì, đây là một khía cạnh khác cho thấy lợi thế của hệ thống tích hợp đang được nghiên cứu.

KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Hiện nay tổng diện tích trồng khoai mì trên địa bàn tỉnh Tây Ninh khoảng 60.000 hecta/năm, tập trung chủ yếu ở huyện Tân Biên, Tân Châu và Dương Minh Châu và Châu Thành. Hiện có 35 vùng nguyên liệu để cung cấp cho các nhà máy sản xuất, trong đó 70% chủ yếu nhập từ Campuchia. Kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất trung bình hiện nay là 30,3 tấn/ha, hệ số phát thải CO₂ trung bình là 64,66 kgCO_{2e}/tấn khoai mì. Tổng phát thải (trực tiếp, gián tiếp) từ quá trình canh tác (bao gồm cả sử dụng hóa chất BVTV, phân bón) tại Tây Ninh là 744 tấn CO_{2e}.

Đối với quá trình vận chuyển, kết quả nghiên cứu cho thấy định mức sử dụng dầu DO là 0,0077 lít/km/tấn, kết quả tính toán cho thấy hiện trạng phát thải CO₂ từ quá trình vận chuyển khoai mì về nhà máy là 13,58 kg CO_{2e}/tấn mì. Nếu tính tổng phát thải từ canh tác và vận chuyển thì phát thải là 78 kg CO_{2e}/tấn mì, tương tự so với số liệu trung bình của nghiên cứu từ các nhà máy điển hình ở Thái Lan là 58-96 kg CO_{2e}/tấn mì (Usubharatana & Phungrassami, 2015).

Đối với quá trình sản xuất, tổng công suất của các nhà máy ở Tây Ninh khoảng 1,3 triệu tấn tinh bột/năm. Sử dụng nước trung bình cho quá trình sản xuất là 17,4 m³/tấn sản phẩm, tính cho cả tỉnh là xấp xỉ 22 triệu m³/năm, điện sử dụng khoảng 300 triệu kWh/năm, dầu DO phục vụ cho các thiết bị trong nhà máy khoảng 415 nghìn lít/năm. Các nhà máy phát thải khoảng 146 nghìn tấn vỏ lụa/năm, 713 nghìn tấn bã/năm. Phát thải trung bình trên 01 đơn vị sản phẩm trong quá trình sản xuất là 2,21 tấn CO_{2e}/tấn tinh bột. Trong khi đó phát thải từ quá trình sản xuất tinh bột ở Thái Lan theo nghiên cứu của Usubharatana and Phungrassami (2015) là 560-635 CO_{2e}/tấn tinh bột. Sự khác biệt này do nghiên cứu của Usubharatana and Phungrassami (2015) chưa tính đến phát thải từ xử lý vỏ lụa, phát thải từ khí sinh học và hệ số phát thải của lưới điện Thái Lan ở thời điểm tính toán thấp hơn của Việt Nam (0,6093 kg CO_{2e}/kWh so với 0,8485 kg CO_{2e}/kWh).

Kết quả tính toán tổng phát thải của ngành mì của tỉnh là 3,94 tấn CO_{2e}/tấn tinh bột và 2,86 CO_{2e}/tấn tinh bột (trong trường hợp không kể phát thải từ quá trình trồng trọt ở vùng nguyên liệu khác tỉnh). Đồng thời nghiên cứu cũng tính được tổng các bon hấp thụ được từ quá trình canh tác là 1.212.351 tấn C/năm, tương đương 4.445.287 tấn CO₂/năm. Trong khi đó tổng phát thải CO_{2e} của chuỗi sản xuất là 4.949.396 tấn CO_{2e}/năm. Do vậy theo cân bằng CO_{2e} thì lượng phát thải cacbon cao hơn lượng cacbon được hấp thụ từ quá trình canh tác do vậy chuỗi sản xuất phát thải **504.109 tấn CO_{2e}/năm**.

Nhìn chung kinh tế tuần hoàn là xu hướng tất yếu hiện nay nhằm tổ chức sản xuất hiệu quả và bền vững với môi trường. Nghiên cứu này đã áp dụng các nguyên tắc chủ yếu của kinh tế tuần hoàn và đề xuất nên mô hình cho chuỗi sản xuất tinh bột trên địa bàn tỉnh Tây Ninh, trong đó quan trọng nhất là nguyên tắc xây dựng nên các vòng tuần hoàn từ canh tác đến sản xuất. Nhờ mô hình tuần hoàn, các đầu vào của chuỗi giảm thiểu đến mức thấp nhất và đạt được mục tiêu zero điện, zero chất thải, zero năng lượng hóa thạch. Ngoài ra các sản phẩm đầu

ra của chuỗi gồm có 528 ngàn tấn bio-oil/năm, 207 ngàn tấn than sinh học/năm, 190 ngàn tấn bã khô/năm tạo ra các giá trị gia tăng của chuỗi. Bên cạnh đó chuỗi còn có lượng phân bón lỏng sau bể kỵ khí khoảng 10 triệu m³/năm có thể dùng để bổ sung dinh dưỡng cho cây trồng hoặc dùng để sản xuất vi tảo - micro algae (de Faria Ferreira Carraro, Loures, & de Castro, 2021). Sản xuất vi tảo là một ngành tiềm năng đã được nghiên cứu và ứng dụng nhiều trên thế giới (Lardon, Hélias, Sialve, Steyer, & Bernard, 2009). Các sản phẩm phụ dư đã tạo ra các sản phẩm đầu vào mang tính sinh học để phục vụ cho các loại hình canh tác khác góp phần hình thành nên mô hình cộng sinh công – nông nghiệp giữa ngành sản xuất tinh bột và các lĩnh vực khác.

Bên cạnh mô hình tổng quát cho chuỗi sản xuất của ngành, Luận án cũng đi sâu vào phân tích giải pháp cho quá trình canh tác và sản xuất tinh bột. Kết quả là đã đề xuất giải pháp và mô hình sản xuất tinh bột theo kỹ thuật sẵn có tốt nhất và mô hình cộng sinh công nông nghiệp theo hướng sinh thái cho quá trình xử lý chất thải và phụ phẩm của nhà máy sản xuất tinh bột với vùng lân cận.

Các kết quả nghiên cứu chính của Luận án đã được đánh giá và công bố trên các tạp chí chuyên ngành trong và ngoài nước. Cụ thể: 03 bài báo trên tạp chí chuyên ngành trong nước (thuộc danh mục được chấp nhận bởi đơn vị đào tạo) và 02 bài báo trên tạp chí chuyên ngành Quốc tế (thuộc danh mục Scopus và SCIE). Các kết quả mà Luận án đạt được đã đáp ứng tiêu chuẩn của một luận án Tiến sĩ.

KIẾN NGHỊ

Với kết quả đạt được, Luận án đưa ra các kiến nghị sau:

Với kết quả đạt được, Luận án đưa ra các kiến nghị sau:

- Mô hình sản xuất tuần hoàn tối ưu theo hướng không phát thải cacbon cho chuỗi sản xuất tinh bột mì ở Tây Ninh do vậy các đơn vị quản lý trên địa bàn tỉnh nói chung và cả ngành mì nói riêng cần xem xét áp dụng để đạt được đáp ứng mục tiêu ‘Net zero’.
- Mô hình cộng sinh công nông nghiệp theo hướng sinh thái cho quá trình xử lý chất thải và phụ phẩm, mô hình này với trung tâm là nhà máy với sự liên kết vùng lân cận trên cơ sở khai thác đối đa điều kiện sẵn có của khu vực;

- Mô hình sản xuất tinh bột theo kỹ thuật sẵn có tốt nhất với các giải dựa vào thực tế triển khai của các nhà máy sản xuất tinh bột trên địa bàn tỉnh. Các giải pháp này có thể áp dụng nhân rộng trong thực tiễn để đạt được mục tiêu tối ưu trong sử dụng nguyên nhiên vật liệu và phát thải.

Ngoài kết quả đạt được, nghiên cứu này cũng có một số hạn chế, do vậy luận án đề xuất định hướng nghiên cứu trong thời gian tới như sau:

- Nghiên cứu trong thời gian tới cần đánh giá sự ảnh hưởng tới năng suất cây trồng tới năng suất cây trồng của sản phẩm phân hữu cơ từ phụ phẩm quá trình sản xuất tinh bột mì cũng như tính khả thi sản xuất vi tảo từ nước thải sau biogas của hệ thống xử lý nước thải sản xuất tinh bột mì trong điều kiện thực tiễn tại Tây Ninh.
- Nghiên cứu phát triển mô hình hỗ trợ trong việc kiểm kê tính toán một số chỉ số môi trường cho cả chuỗi ngành mì để làm cơ sở đánh giá phát thải cũng như hiệu quả trong áp dụng các giải pháp ngăn ngừa, giảm thiểu cho cả ngành.
- Do nghiên cứu này chỉ đánh giá cho quá trình sản xuất tinh bột mì, do vậy nghiên cứu trong thời gian tới cần mở rộng cho các quá trình chế biến các sản phẩm liên quan tinh bột mì. Đồng thời mở rộng cho các chuỗi ngành khác.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Bài báo khoa học trên tạp chí trong nước

[1]. Võ Văn Giàu, Nguyễn Thành Nam, Đề xuất mô hình cộng sinh công – nông nghiệp theo hướng sinh thái trên nền tảng sản xuất tinh bột khoai mì ở Tây Ninh, *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Khoa học Trái đất và Môi trường*, 5(1):284-297

[2]. Võ Văn Giàu, Lê Thanh Hải, Đề xuất mô hình sản xuất tuần hoàn áp dụng các giải pháp ngăn ngừa, giảm thiểu, tái sử dụng và tái chế chất thải theo hướng không phát thải cho chuỗi sản xuất tinh bột mì ở Tây Ninh, *Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề Tiếng Việt II/2021: 15-20*.

[3]. Nguyễn Thành Nam, Võ Văn Giàu, Lê Thanh Hải, Đánh giá tiềm năng tái sử dụng nước thải cho nhà máy sản xuất tinh bột khoai mì Xuân Hồng phục vụ mô hình cộng sinh công - nông nghiệp theo hướng sinh thái, *Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề Tiếng việt II/2020: 88-95*.

Danh mục bài báo đăng trên tạp chí quốc tế

[4]. Van Giau, V., Kien, T.T., Van Thanh, T. *et al.* The role of specific energy consumption in a heat recovery system for cassava starch production using an integrated agro-industrial system. *Energ Sustain Soc* **14**, 43 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13705-024-00473-0> (Scopus, SJR=1.066, IF=4.6).

[5]. Vo Van Giau, Tran Van Thanh, Tran Le Luu, Hans Schnitzer, Le Thanh Hai (2022), Application of Linear Programming for cassava starch production optimization in Vietnam within a Circular Economy framework toward Zero emission, *Environmental Engineering Research*. 2023;28(4): 220214 :220214-0. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2022.214> (ghi chú: SCIE, IF=3.932).