

# Phát triển công nghệ chuyển hóa tài nguyên sinh khối Biomass

**NGÔ KIM CHI**

*Viện hóa học các HCTN – Viện Hàn Lâm KHCN Việt Nam - 18 Hoàng Quốc Việt – Cầu Giấy – Hà Nội*

**TÓM TẮT:** Tổng kết các kết quả nghiên cứu phát triển công nghệ khai thác - chế biến hiệu quả tài nguyên sinh khối đa dạng và phong phú của Việt Nam với các đóng góp về phương pháp luận, các nghiên cứu cơ bản bổ sung cơ sở dữ liệu về tài nguyên sinh khối góp phần tiết kiệm năng lượng, sản xuất khí sinh học, khí syn gas từ khí hóa sinh khối cho máy phát điện, tận dụng nhiệt hay sản xuất biodiesel, xăng sinh học thân thiện môi trường cho phát triển bền vững, chống biến đổi khí hậu khi vấn đề an ninh năng lượng tại Việt Nam đang bị đe dọa.

## **1. Vấn đề an toàn năng lượng và tiềm năng biomass cho phát triển bền vững tại Việt Nam**

Nhu cầu sử dụng năng lượng của Việt Nam gia tăng cùng tốc độ tăng trưởng kinh tế và phát triển công nghiệp. Nguồn năng lượng của Việt Nam chủ yếu dựa trên than và nguồn dầu mỏ đang cạn kiệt dần về trữ lượng và vùng lãnh hải. Thủy điện dựa vào nguồn tài nguyên nước phong phú nhưng 60% nguồn nước từ ngoài lãnh thổ. Năm 2010, hơn một nửa công suất điện toàn quốc thuộc về nhiệt điện than, dầu mỏ là nguồn phát thải CO<sub>2</sub> lớn ở Việt Nam. Nhiệt điện than chiếm 18,5%, nhiệt điện khí và dầu chiếm 36,6%. Trong ngành năng lượng, nhà máy điện than gây 54% phát thải CO<sub>2</sub>, nhà máy nhiệt điện khí đóng góp 40%. Mỗi kWh điện của Việt Nam phát thải 0,52 kg CO<sub>2</sub> (Bộ Công Thương, 12/2011, Dự án Công nghệ thu hồi và lưu giữ Carbon). Việt Nam nhiều nắng, mưa, động thực vật, vi sinh vật đa dạng phát triển nhanh. Nhìn vào Niên giám thống kê của Việt

Nam ta có thể thấy nguồn sinh khối tiềm tàng từ sản xuất lúa, ngô, mía, sắn, dừa, cà phê, cao su, cây có dầu, tảo, nguồn lợi thủy sản và nhiều nguồn thiên nhiên phong phú; bên cạnh đó là nguồn biomass thải. Bài viết này tổng kết những nghiên cứu triển khai sử dụng biomass tạo nguồn năng lượng sinh học, đặc biệt nguồn tạo nhiên liệu sinh học thế hệ hai từ sinh khối thải.

## **2. Tiềm năng sinh khối thải tại Việt Nam, tỷ lệ phát sinh, thu gom, vận chuyển**

Sinh khối là tất cả các chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học, thảm thực vật, động vật, vi sinh vật trên cạn, dưới nước, các chất hữu cơ khác và cả sinh khối thải. Nguồn sinh khối lâm nghiệp, nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt.

*Sinh khối từ phế thải nông - lâm nghiệp:* chủ yếu là sinh khối Lignocelulosic bao gồm cellulose, hemicellulose và lignin, lượng nhỏ pectin, protein, chất diệp lục và các loại sáp, khoáng chất vô cơ. Cellulose cấu trúc dạng sợi có tổ chức có dạng vô định

hình dễ bị phân hủy bởi enzyme. Gỗ cứng có nhiều cellulose, còn lúa, rơm, lá có hemicellulose với phần lớn mannose trong các thân mềm, đường xylose trong gỗ cứng của phế liệu nông nghiệp. Ngược với cellulose, hemicelluloses dễ dàng bị thủy phân. Cây thân thảo có lignin thấp nhất, cây thân gỗ mềm có nhiều lignin hơn nên cấu trúc ổn định, ít thấm nước, kháng hóa chất, giảm phân hủy sinh học.

*Sinh khối từ chất thải chăn nuôi.* Phân động vật gồm chất hữu cơ, ẩm và tro. Khi phân hủy yếm khí sinh CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, và chất hữu cơ ổn định cho đất và nhiên liệu khí sinh học. Đề tài 2010 đã đánh giá cụ thể các đặc tính của sinh khối khu vực Yên Lạc - Vĩnh Phúc với tỷ lệ phát sinh sinh khối thải, tỷ lệ chất khô TS, tỷ lệ các chất dễ bay hơi VS, tỷ lệ C/N, tỷ lệ sinh khí biogas của sinh khối thải phân bò, lợn, bèo tây, nước thải chế biến tinh bột sắn. Phân hủy kỵ khí thích hợp xảy ra khi khoảng C/N là 25-30 có thể thu được đến 20-30 l khí/kg phân trâu bò, phân lợn có C/N là 12-15 cho thu nhận là 40-

**Bảng 1: Tiềm năng biomass thải của Việt Nam, số liệu Niên giám thống kê, 2010**

Nguồn	Số lượng 10 <sup>3</sup> tấn	Loại, tỷ lệ biomass thải (kg/kg sp)	Tổng chất thải, 10 <sup>3</sup> tấn
Lúa	42324,4	Trấu 0,2, rơm rạ 3	135438,08
Ngô	4646,4	Lõi ngô (0,3), thân (2)	10686,72
Mía	17500	Bã mía (0,33), lá (0,05kg/kg sp)	5,775
Sắn	9875,2	Thân, Vỏ, Gốc, Nước thải.	17775,36
Cà phê	1167,9	Vỏ 15% hạt cà phê (0,5), cành (4)	5255,55
Lợn, trâu, bò	27.372.000 lợn, 3 triệu trâu, 5 triệu bò	Phân, chất độn chuồng, xác vật nuôi	145.000
Đô thị	86,6triệu người	0,7kg/người/ngày	15.500

60l/kg, bèo tây C/N là 12-25 sinh 0,3-0,5 lít/kg, rơm rạ có tỷ lệ C/N từ 48-117 sinh 1,4-2lít l khí/kg nguyên liệu. Ước tính sinh khối thải chăn nuôi năm 2010 toàn quốc là trên 145 triệu tấn/năm (Chi, 2010).

**Chất thải thành phố và công nghiệp:** là nguồn sinh khối hữu cơ rất lớn, phát sinh trên 80% tại khu vực đô thị. Lượng chất thải rắn đô thị phát sinh đã được nghiên cứu tại thành phố Hà Nội, Hồ Chí Minh từ năm 2004 - 2009, với tỉ lệ 0,85 kg/người/ngày và 0,75 kg/người/ngày. Trong khi đó tỉ lệ này ở Đồng Nai, Bà Rịa - Vũng Tàu, Hải Phòng, Đà Nẵng và Huế lần lượt là 0,73; 0,7; 0,74; 0,72 và 0,6. Tỉ lệ này dự đoán tăng lên nhanh chóng lên trên 1,3 kg/người/ngày vào năm 2025 (Chi, 2011). Nghiên cứu tiềm năng sinh khí metan từ bãi chôn lấp rác Nam Sơn - Sóc Sơn - Hà Nội và Thụy Phương - Huế cho kết quả sinh khí đến 280 lít CH<sub>4</sub>/kg VS từ rác sinh hoạt tại bãi chôn lấp. Nghiên cứu cơ chế phát triển sạch và công nghệ bền vững để giảm phát thải khí nhà kính của các bãi chôn lấp cho các đô thị lớn của Việt Nam đã được đề cập trong đó chú trọng giải pháp chuyển chất thải thành năng lượng. Kết quả nghiên cứu tiềm năng sinh khí metan từ chất thải công nghiệp chế biến thực phẩm thu được kết quả thực nghiệm đạt 0,35m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg COD, (Chi, 2011).

**3. Nghiên cứu - phát triển công nghệ khai thác chế biến sinh khối thải với việc thiết lập mô hình hóa quá trình thiết bị - công nghệ hóa học**

Chuyển đổi biomass thành năng lượng sinh học qua: khí sinh học biogas, etanol, biodiesel, khí syngas là

mô hình tăng trưởng carbon thấp bền vững. Nghiên cứu điều tra khảo sát được gắn kết với phát triển công nghệ cụ thể: 1) Thực nghiệm xác định quá trình chuyển hóa và các yếu tố ảnh hưởng; 2) Xây dựng bài toán tối ưu; 3) Lập mô hình tính và thực nghiệm, xác lập được các yếu tố công nghệ tối ưu; 4) Kiểm định tính tương thích; 5) Tiến hành nghiên cứu kĩ thuật và thiết kế hệ thiết bị chuyển đổi sinh khối trên cơ sở: truyền nhiệt, chuyển khối, thủy động học quá trình. Thiết bị được nghiên cứu thiết kế theo các nguyên tắc về truyền nhiệt, chuyển khối và tiếp xúc pha xuôi chiều, ngược chiều, qua lớp cố định hoặc lơ lửng cho chuyển đổi sinh khối thành năng lượng sinh học và tạo cơ sở tính toán chuyển quy mô, đưa kết quả nghiên cứu vào thực tế.

**a) Nghiên cứu - phát triển công nghệ Khí hóa (Gastification)**

Bên cạnh việc chuyển đổi biomass thải tạo thành nhiên liệu nén, sấy ép, đốt trực tiếp thì khí hóa sinh khối thải là cách thức hiệu quả và thân thiện môi trường để sản xuất năng lượng, biến đổi biomass rắn thành nhiên liệu khí syngas, ít ô nhiễm môi trường không khí hơn so với đốt than do lượng lưu huỳnh thấp, ứng dụng cho động cơ máy phát điện, nhiên liệu đốt cho lò hơi. Đã tìm được nhiệt độ làm việc tối ưu trên 700°C, lượng khí oxy cấp hạn chế để đốt không hoàn toàn nhiên liệu rắn. Khí tổng hợp được là khí nhiên liệu dễ cháy gồm khí H<sub>2</sub>,CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, nitơ, lưu huỳnh (lượng nhỏ, phụ thuộc nguyên liệu vào), các hợp chất kiềm, hắc ín là nguồn nhiên liệu nhiệt trị cao. Vị trí cấp khí, nhiệt độ, tỷ lệ cấp khí sơ và thứ cấp ảnh hưởng

đến thành phần khí tổng hợp. Khi có phản ứng khử CO và nước cần đốt/cấp nhiệt thứ cấp. Nồng độ CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> tăng theo nồng độ O<sub>2</sub> của dòng khí cấp vào và cách duy trì dòng khí. Thành phần khí tổng hợp khác nhau khi tỉ lệ dòng khí thứ cấp thay đổi. Với công nghệ khí hóa và đốt rác

thải thu hồi nhiệt, Đề tài KC03.DA02, thuộc Chương trình KC03 đã nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống lò đốt rác và kiểm soát khí thải cho các khu đô thị và công nghiệp với kết quả xây dựng mô hình toán xác định các yếu tố của nguồn liệu: độ ẩm (bên trong và bên ngoài), nhiệt trị, tỉ lệ các nguyên (C, H, N, P, S) và các chất bay hơi, tro/dư lượng, hàm lượng kim loại kiềm, tỉ lệ cellulose/lignin/ hemicellulose đến nhiệt trị và năng suất sinh nhiệt của thiết bị. Đã *Xây dựng bài toán tối ưu trong đốt chất thải rắn công nghiệp nhằm khống chế khí thải đạt tiêu chuẩn môi trường* (Chi, 2005) với đề xuất lựa chọn phối trộn chất thải có nhiệt trị khác nhau, chế độ cấp khí, chuyển đổi rác thành nhiệt, nhiệt tiết kiệm nhiên liệu, khống chế ô nhiễm khí thải phục vụ xử lý rác thải đô thị, tiết kiệm nhiên liệu cho hệ thống và đã lập mô hình tính toán tối ưu công nghệ và nguồn liệu để kiểm soát được quá trình nhiệt hóa và giảm ô nhiễm khí thải (Chi, 2005). Một hệ dụng cụ thiết bị nghiên cứu sử dụng biomass thành năng lượng do NEDO tài trợ được lắp tại làng nghề Cát Quế - Hoài Đức - Hà Nội và Đề tài "Nghiên cứu hoàn thiện quy trình công nghệ khí hóa sinh khối phục vụ doanh nghiệp" đang được triển khai nhằm tạo nguồn năng lượng thay thế công suất 10kW cho doanh nghiệp chế biến thực phẩm từ sinh khối thải sẵn có.

**b) Nghiên cứu khai thác chế biến sinh khối sinh methan.**

Nghiên cứu công nghệ lên men, phân hủy kỵ khí sinh mê tan các nguồn thải hữu cơ với Đề tài cấp Viện Khoa học Công nghệ Việt Nam "Mô hình biogas cải tiến xử lý nguồn thải ô



niêm carbon cao và ứng dụng Quỹ tín dụng carbon trong bảo vệ môi trường (2009 - 2010). Kết quả thu nhận biogas từ chất thải chăn nuôi kết hợp từ cây cỏ thực vật, đặc biệt là với bèo lục bình (*Eichhornia sp.*), bèo tây và sinh khối hữu cơ thực vật khác như chất thải sản xuất tinh bột sắn. Tiền xử lí sinh khối lignocellulosic băm/nghiền nhỏ, ngâm với nước thải (lấy từ đầu ra của bể biogas), xử lý với xút 1%, axit yếu, xử lý với nhiệt, enzyme sau đó bổ sung thêm vào nguyên liệu vào thiết bị phân hủy kỵ khí cho hiệu quả sinh khí tăng rõ rệt. Hợp tác nghiên cứu do Tổ chức Năng lượng mới và kĩ nghệ công nghiệp Nhật Bản - NEDO tài trợ (2011 - 2012) khi men kết hợp đã thu nhận khí metan chuyển đổi từ chất thải sản xuất sắn với năng suất sinh khí  $\text{CH}_4$  là 380l/kgVS, khí metan có hàm lượng 52%  $\text{CH}_4$ , 43,4%  $\text{CO}_2$  khí khác 4,7% sử dụng cho máy phát điện, thay thế 90% nhiên liệu DO sử dụng theo cách truyền thống. Bên cạnh đó, dầu mỡ ăn thải, dầu cọ và biodiesel cũng đã được thử nghiệm cho thấy hiệu quả thay thế nhiên liệu hóa thạch tốt, khí thải cải thiện, máy hoạt động tốt.

Lên men sinh khối metan nước thải

tải trọng 1kg COD/m<sup>3</sup>/ngày chuyển chất thải thành biogas để đun, phát điện cho dự án điểm tại Xã Nguyệt Đức - Yên Lạc - Vĩnh Phúc (2009 - 2010) và Cty Thực phẩm Minh Dương (2012 - 2013). Nước thải sau phân hủy kỵ khí, xử lý tiếp bằng hệ kỵ khí tăng cường, phân tách tốt hệ rắn lỏng của dịch thải sau xử lý (lọc cát/ép bùn) cho phép thu nhận dòng thải có COD thấp hơn 400mg/l để có thể ứng dụng hiệu quả các phương pháp xử lý nước thải bằng công nghệ màng lọc sinh học hay các biện pháp, ao sinh học ổn định, cho XLNT đạt tiêu chuẩn môi trường QCVN14-2009, chi phí thấp. Áp dụng các phương pháp tính giảm phát thải khí nhà kính như phương pháp AMS.III. D (thu hồi  $\text{CH}_4$  cho hệ quản lý phân), AMS.III.E (kiểm soát đốt quá trình khí hóa, cơ nhiệt giảm  $\text{CH}_4$ ), AMS. III.F (Xử lý sinh học các biomass có kiểm soát  $\text{CH}_4$ ), AM0010 (giảm phát thải  $\text{CH}_4$  cho các hệ quản lý chất thải chăn nuôi), AMS.III.H (thu hồi  $\text{CH}_4$  từ hệ xử lý nước thải), AMS. III.I (thay thế hệ xử lý nước thải yếm khí không thu khí  $\text{CH}_4$  hiệu quả bằng hệ xử lý hiếu khí giảm  $\text{CH}_4$ ), AMS.R (thu  $\text{CH}_4$  từ sản xuất nông nghiệp quy mô nhỏ), AMS.Y (Tách rắn - lỏng, xử lý chất thải

chăn nuôi giảm  $\text{CH}_4$ ), AMS. IC (sử dụng năng lượng nhiệt từ năng lượng tái tạo) (Chi, 2012), thu khí biogas, xử lý dịch thải, tận dụng khí gas phát điện cho phép giảm đến 0,476t  $\text{CO}_2$  /đầu phát thải (lợn)/năm so với không xử lý để thấy tiềm năng chuyển đổi biomass thải đã đóng góp to lớn cho chống biến đổi khí hậu (Chi, 2010). Lên men sinh khí metan so với thu etanol ta thấy tỉ lệ khí metan/bio-etanol từ sinh khối lignocellulose của ngô, gạo, khoảng 1,15; 1,07 tỉ lệ năng lượng tạo khí metan cao, ít cần năng lượng đầu vào, đầu tư kĩ khí thấp. Sản xuất khí metan kinh tế, thân thiện môi trường, ít phát sinh chất hại.

### c. Nghiên cứu công nghệ chuyển vị ester dầu mỡ ăn thải thành nhiên liệu sinh học

Lượng dầu mỡ ăn thải tại Việt Nam chưa được quản lý là nguồn gốc mất an toàn vệ sinh thực phẩm và ô nhiễm môi trường. Với đặc trưng chính là lượng axit béo tự do (FFA) trong dầu ăn thải có chỉ số axit cao, nghiên cứu đã tìm được công nghệ thích hợp có thể được loại bỏ bằng phản ứng este hóa với etanol xúc tác axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc nhiệt độ phản ứng từ 50-70°C. Điều kiện tối ưu đã được tìm ra là: tỷ lệ mol

etanol/FFA = 50/1, 5% xúc tác  $H_2SO_4$ , 70°C sau thời gian phản ứng 2 giờ, chỉ số axit của dầu ăn thải ban đầu giảm từ 25,2 xuống 1,8 mg KOH/g dầu. Đối với phản ứng chuyển vị este, hiệu suất tối ưu của bước một là 84,1% đạt được khi tỷ lệ mol etanol/dầu = 9:1, 70°C, 120 phút. Trong khi đó, hiệu suất của bước 2 đạt đến 99,5% với điều kiện etanol/dầu = 9:1; 70°C, 60 phút. Đưa vào qthử nghiệm qui trình rửa khan biodiesel với chất hấp phụ betonit, sét Trúc Thôn,  $MgSiO_3$  và tinh lọc qua gôm lọc vi lọc áp dụng cho quy trình sản xuất nhiên liệu sinh học từ dầu mỡ ăn thải sử dụng etanol ít phát sinh chất thải. Phương hướng này đã được khẳng định khi tổng hợp được xúc tác nano  $ZrO_2$  pha tạp Vanadi bằng phương pháp thủy nhiệt trong môi trường kiềm, ở 190°C, trong 24 giờ thu xúc tác cấu trúc tinh thể monoclinic, hạt dạng hình cầu, kích thước 15÷20 nm. Vật liệu V/ $ZrO_2$  có khả năng xúc tác tốt trong phản ứng tổng hợp Biodiesel từ dầu ăn thải và etanol. Kết quả khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng tới phản ứng tổng hợp biodiesel với mẫu xúc tác ZV (mẫu  $ZrO_2$  pha tạp 1%V) thấy ở 70°C, lượng xúc tác 12%, tỉ lệ thể tích dầu/etanol là 1:12, thời gian 7 giờ thu được biodiesel là 83%; tăng tỷ lệ sử dụng etanol và thời gian phản ứng lên 8h, hiệu suất đạt trên 96%, xúc tác có

khả năng tái sử dụng. Nghiên cứu so sánh FAME methyl ester và FAEE khi sử dụng etanol, kết quả cho thấy có thể sử dụng cùng thiết bị để thực hiện phản ứng methyl hóa hoặc ethyl hóa (FAME, FAEE), sử dụng etanol có nhiều ưu điểm nổi trội về thân thiện môi trường mở ra ứng dụng rộng rãi cho các doanh nghiệp thu gom dầu mỡ ăn thải chuyển nguồn biomass thải thành biodiesel phục vụ chính cho nhu cầu của doanh nghiệp (Chi, 2013). Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu công nghệ sản xuất etanol từ chất thải sản xuất sẵn và nghiên cứu sản xuất và ứng dụng các phụ gia pha chế xăng sinh học E5 và nhiên liệu diezen được triển khai và thử nghiệm.

#### 4. Mô hình hóa quá trình thiết bị chuyển đổi sinh khối và một số kết quả ứng dụng

Trên cơ sở áp dụng kĩ thuật mô hình hóa trong nghiên cứu quá trình công nghệ - thiết bị chuyển hóa sinh khối biomass đã nghiên cứu thiết kế và đưa vào thử nghiệm một số cấu dạng thiết bị là: 1) *Thiết bị khí hóa đệm cố định (Downdraft Fixed Bed Gasifier)*: ít phát sinh ít muội, thích hợp cho máy phát điện quy mô vừa và nhỏ. Khí vào dưới tầng sinh khối qua van một chiều, khí sản phẩm cháy ở buồng đốt thu ở phía dưới thiết bị, trên lớp tro, nhiệt độ cao ở buồng đốt. Thiết bị có hệ số chuyển

đổi carbon cao, thời gian lưu dài, tốc độ dòng khí thấp, tỉ lệ tro/cặn nhỏ. Theo cách thức nạp liệu vào thiết bị khác nhau để đặt tên cho thiết bị. 2) *Thiết bị khí hóa thu khí phía trên (up-draft gasifier)*: Khí vào từ đáy, khí sản phẩm thu ở trên. Quá trình cháy hoàn toàn ở cuối buồng đốt giải phóng  $CO_2$  và  $H_2O$ . Khí cháy nhiệt độ cao (1000°C) qua tầng than và sinh khối khử về  $H_2$  và CO nguội xuống 750°C. Khí bốc lên sinh khí tổng hợp, làm khô vật liệu nạp, khí ra khỏi tầng sinh khối khoảng 500°C, được xử lý tiếp. Các mô hình thiết bị kĩ khí sinh metan dòng đẩy ngang hay dòng chảy ngược, mô hình dạng tháp xử lý nước thải ô nhiễm hữu cơ thải trọng cao dạng tháp lọc cao tải được tính toán thiết kế bằng mô hình tính thiết bị đã kiểm chứng phù hợp giữa lí thuyết và thực nghiệm.

#### 5. Kết luận và kiến nghị?

Nghiên cứu và phát triển công nghệ khai thác - chế biến hiệu quả tài nguyên sinh khối đa dạng và phong phú của Việt Nam với các nghiên cứu khoa học đã đóng góp phương pháp luận, các nghiên cứu cơ bản bổ sung cơ sở dữ liệu về tài nguyên sinh khối. Phát triển công nghệ khai thác chế biến sinh khối bền vững trong tiết kiệm năng lượng, phát triển sản xuất năng lượng sinh học cho phát triển bền vững, chống biến đổi khí hậu. ❖

**Lời cảm ơn:** Bài báo tổng kết các công trình nghiên cứu và triển khai về khai thác chế biến hiệu quả tài nguyên sinh khối, Phòng Công nghệ Khai thác và chế biến tài nguyên – Viện Hóa học các hợp chất thiên nhiên - Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam do TS. Ngô Kim Chi đảm nhiệm với sự cộng tác của ThS. Đặng Ngọc Phượng, ThS. Nguyễn Tiến Bình, TS. Phạm Nguyệt Ánh, CN Nguyễn Xuân Dũng, ThS. Phạm Thị Minh Thảo, học viên cao học Nguyễn Thị Tường Chi, Đinh Thị Tú, Đỗ Lê Tân. Công trình được tài trợ bởi Viện Hàn Lâm KHCN Việt Nam, Bộ Công thương, JICA, các tổ chức quốc tế có liên quan.

#### Tài liệu tham khảo.

1. Ngô Kim Chi và cs. Nghiên cứu cơ chế phát triển sạch và công nghệ bền vững để giảm phát thải khí nhà kính của các bãi chôn lấp cho các đô thị lớn của Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Số 49 tập 6B, 78-86, 2011.
2. NK Chi, PQ Long. Solid waste management associated with the development of 3R initiatives: case study in major urban areas of Vietnam. *Journal of Material recycle and Waste management*. Springer 2011, Vol 13, 1 (25-33)
3. Ngô Kim Chi và cs. Giảm phát thải khí metan trong thay đổi phương thức quản lý phân và xử lý dịch thải sau biogas, *Tạp chí KHCN*, số 50. 89-96, 2012
4. Ngô Kim Chi và cs. Phương pháp đánh giá dòng thải rắn. Nghiên cứu tại các khu đô thị lớn của VN. *Tuyển tập báo cáo khoa học. Tiểu Ban Môi trường và Năng Lượng*. ISBN: 978-604-913-013-7, (193-199), 2010
5. Ngô Kim Chi và cs. Tổng hợp vật liệu  $ZrO_2$  pha tạp Vanadi và

nghiên cứu khả năng xúc tác cho phản ứng tổng hợp biodiesel từ dầu ăn thải và etanol, *Tạp chí Hóa học*, tập T51 số 2AB, 287-291, 2013.

6. Ngô Kim Chi và cs. Biodiesel từ dầu ăn thải có trị số axit cao và etanol sử dụng xúc tác đồng thể. *Tạp chí Hóa học*. ISSN 0866-7144, 50 Tr. 196-200, 2012

7. Ngô Kim Chi và cs. Phương pháp nghiên cứu thu gom vận chuyển rác. Nghiên cứu tại 6 địa bàn của Hà Nội. *Tạp chí KH và CN*, ISSN 0866 708X. Vol 48, Tr. 70-89, 2010

8. Ngô Kim Chi và cs. Nghiên cứu, thiết kế chế tạo lò đốt rác công nghiệp và kiểm soát khí thải. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*. ISSN0866 708X 43 (6A) 229-237, 2005

Research - Development of biomass conversion technology for bio energy safety and sustainable development in Vietnam.

Ngô Kim Chi - Institute of Natural Products Chemistry - Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay, Hanoi