

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**TỐI ƯU HÓA THÀNH PHẦN MÔI TRƯỜNG TẠO KHÍ BIOGAS SINH HỌC TỪ CHẤT THẢI RẮN AO TÔM Ở MIỀN NAM VIỆT NAM BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÁP ỨNG BỀ MẶT (RSM)**

**OPTIMIZING THE BIOLOGICAL COMPOSITION OF BIOGAS FROM SHRIMP SOLID WASTE IN SOUTHERN VIETNAM BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)**

Lê Thế Lương<sup>1</sup>, Nguyễn Phúc Cẩm Tú<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Cẩm Tú<sup>1</sup>

Ngày nhận bài: 28/07/2019; Ngày phản biện thông qua: 26/11/2019; Ngày duyệt đăng: 15/12/2019

**TÓM TẮT**

Biogas - khí sinh học là sản phẩm khí được sinh ra từ quá trình phân huỷ các chất hữu cơ trong điều kiện kỵ khí với thành phần chủ yếu là khí methane. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp qui hoạch hóa thực nghiệm bằng đáp ứng bề mặt dựa trên kiểu tâm phức hợp với 3 biến là chất thải rắn ao tôm, mật rỉ đường và phân bò nhằm xác định ảnh hưởng của 3 yếu tố này đến lượng khí biogas sinh ra. Bằng cách sử dụng qui hoạch trực giao đối xứng, mỗi yếu tố tiến hành tại 3 mức (-1, 0, +1), kết quả đã đưa ra bảng ma trận thực nghiệm gồm 20 thí nghiệm, trong đó có 16 thí nghiệm tại tâm (qui hoạch toàn phần 2<sup>4</sup>), 8 thí nghiệm tại điểm sao (2 thí nghiệm cho mỗi biến) và có 3 thí nghiệm lặp tại tâm, với 1 hàm mục tiêu là thể tích khí sinh ra trong mô hình xử lý. 20 thí nghiệm thực được bố trí tương ứng trong 20 bình nuôi tối màu có thể tích 500 mL ở điều kiện kỵ khí và nhiệt độ phòng trong vòng 30 ngày. Nghiên cứu đã xác định được hàm lượng tối ưu của 3 yếu tố này cho quá trình tạo khí biogas theo tỉ lệ là phân tôm 96,7 gam: Mật rỉ đường 42,7 gam: Phân bò 34,4 gam. Thể tích khí thu được khi lên men với các thông số tối ưu nói trên là 1190,6 mL.

Từ khóa: Biogas, chất thải ao tôm, RSM, xử lý chất thải rắn.

**ABSTRACT**

Biogas is the gas which produced by the process of decomposing organic substances under anaerobic conditions with the main component is methane. This study used response surface methodology based on central composite designed with 3 variables: shrimp solid waste, molasses and cow dung to determine the impact of these 3 factors on volume of biogas. Used the symmetric orthogonal design, therefore each element conducted at 3 levels (-1, 0, +1), the results gave an experimental matrix of 20 experiments, including 16 central experiments (2<sup>4</sup> overall planning), 8 star points (2 experiments for each variable) and 3 replicate central experiments, with 1 objective function was the volume of biogas. The 20 treatments were arrange respectively in 20 dark bottles with 500 ml volume at anaerobic conditions and room temperature for 30 days. The study has determined the optimal content of these 3 factors for biogas volume. That were shrimp solid waste 96.7 grams: Molasses 42.7 grams: Cow dung 34.4 grams. The volume of gas obtained during fermentation with the above-mentioned optimum parameters was 1190.6 mL.

Keywords: Biogas, RSM, Shrimp Pond Waste, Solid Waste Treatment.

**I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Nuôi tôm nước lợ là ngành chiếm vị trí đặc biệt quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế ngành thủy sản ở Việt Nam. Trong hơn 10 năm qua, ngành nuôi tôm đã có sự tăng

trường vượt bậc cả về diện tích, sản lượng và giá trị xuất khẩu và trở thành ngành kinh tế quan trọng, tạo công ăn việc làm, tăng thu nhập cho hàng triệu người dân ven biển và là nguồn thu ngoại tệ đáng kể cho đất nước [4]. Mặc dù có tốc độ phát triển rất mạnh mẽ, tuy

<sup>1</sup> Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông lâm Tp. Hồ Chí Minh.

nhiên, nghề nuôi tôm ở Việt Nam nói chung và vùng ĐBSCL nói riêng đang phải đối mặt với rất nhiều vấn đề ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng sản phẩm như: dịch bệnh, suy thoái môi trường từ các khu vực nuôi tôm,... Chất thải phát sinh trong quá trình nuôi tôm không được xử lý trước khi thải ra môi trường là một trong những nguyên nhân quan trọng gây ra dịch bệnh và suy thoái môi trường [4].

Phân huỷ kỵ khí tạo khí biogas là quá trình phân huỷ các chất thải hữu cơ, do đó có thể giải quyết được nhiều vấn đề như: giảm lượng chất thải rả ra môi trường, giảm lây lan dịch bệnh. Ngoài ra, năng lượng khí đốt thu được từ khả năng gây cháy của khí biogas là nguồn thu, giúp giảm chi phí, và nâng cao năng suất kinh tế cho các hộ nuôi [1]. Các kết quả nghiên cứu quá trình lên men thu khí biogas cho thấy quá trình này bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố dinh dưỡng cũng như yếu tố môi trường. Theo kết quả nghiên cứu của Lettinga và cộng sự (1997), nitơ là nguồn dinh dưỡng được tiêu thụ với lượng lớn cho sự sinh trưởng của vi sinh vật, trong đó, trong bể biogas, tỷ lệ cacbon/nitơ phải đạt 130:5 đối với các nguồn chất thải giàu hydracacbon [10]. Trong các hệ xử lý kỵ khí, quá trình sinh methane được thực hiện ở nhiệt độ ấm (25-40°C, tối ưu ở 35°C) [11]. Theo Bitton (1999) điều kiện pH tối ưu cho bể biogas là 7.0-7.2, quá trình sinh khí bị dừng khi pH ở mức gần 6.0 [5]. Theo kết quả nghiên cứu của Laoonguthai Y. và cộng sự (2015), khi bổ sung phân bò và mật rỉ vào phân tôm với các hàm lượng khác nhau để tăng hàm lượng khí biogas sinh ra thì nghiệm thức chỉ có phân tôm cho kết quả sinh khí thấp nhất, kết quả sinh khí cao nhất ở nghiệm thức bổ sung đồng thời 20% phân bò và 8% mật rỉ [9]. Do đó, tối ưu hóa các thành phần môi trường nhằm nâng cao khả năng tạo khí biogas là rất quan trọng. Phương pháp đáp ứng bề mặt (Response Surface Methodology-RSM) là tập hợp các kỹ thuật thống kê và toán học hữu ích để phát triển, cải thiện và tối ưu hóa các quy trình.

Theo hướng mục tiêu này, các hàm đa thức bậc hai hay bậc nhất được sử dụng để mô tả hệ nghiên cứu đó và khảo sát các điều kiện thực

nghiệm để tìm ra sự tối ưu. Ứng dụng kỹ thuật tối ưu RSM cần trải qua các bước sau: (i) Lựa chọn các biến độc lập ảnh hưởng quan trọng tới hệ nghiên cứu trong phạm vi giới hạn của nghiên cứu đó theo mục tiêu và kinh nghiệm của người nghiên cứu; (ii) Thiết kế thí nghiệm và tiến hành thực hiện các thí nghiệm đó theo một ma trận đã vạch ra trước đó; (iii) Xử lý về mặt thống kê toán học các dữ liệu thực nghiệm thu được thông qua sự tương thích của hàm đa thức; (iv) Đánh giá tính tương thích của mô hình; (v) Xác minh tính khả thi và tính thiết yếu để tiến hành chuyển hướng sang ranh giới tối ưu; (vi) Tiến hành thí nghiệm dựa trên kết quả tối ưu cho từng biến [6]. Gần đây, nghiên cứu tối ưu các yếu tố môi trường để lên men tạo khí biogas sử dụng phương pháp qui hoạch thực nghiệm bằng đáp ứng bề mặt được nghiên cứu nhiều [2,3,6, 8,13,16], qua đó sử dụng phương pháp toán học qui hoạch thực nghiệm đã xác định được điều kiện tối ưu của đa yếu tố một cách chính xác và sự tương tác qua lại, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình tạo khí biogas trong cùng một thời điểm với số lần thí nghiệm ít, đánh giá được sai số trong mỗi lần thực nghiệm theo các tiêu chuẩn thống kê, xem xét ảnh hưởng của các yếu tố với mức độ tin cậy cần thiết, tiết kiệm thời gian và chi phí mà vẫn đem lại hiệu quả mong muốn.

Trong nghiên cứu này, với mục tiêu xác định tỉ lệ hàm lượng tối ưu của ba yếu tố phân tôm, mật rỉ và phân bò và sự tương tác qua lại, mức độ ảnh hưởng của chúng đến quá trình tạo khí biogas trong cùng một thời điểm, nhằm xác định được tỉ lệ hàm lượng tối ưu nhất cho kết quả sinh khí cao nhất, chúng tôi trình bày kết quả tối ưu hóa ba yếu tố này trong quá trình lên men tạo khí biogas.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 1. Vật liệu nghiên cứu

Mẫu chất thải rắn được thu ngay sau khi siphon từ ao tôm chân trắng lột bạt đang trong vụ nuôi ở một hộ nuôi tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai. Số lượng mẫu được thu vừa đủ để bố trí thí nghiệm và phân tích các chỉ tiêu liên quan. Mẫu phân bò được thu ở Trại thực

thực nghiệm khoa Chăn Nuôi Thú Y, Trường Đại Học Nông Lâm Tp HCM. Phân bón được thu là phân mới. Mật rỉ đường được mua từ Công ty Vi sinh Môi trường Tp HCM.

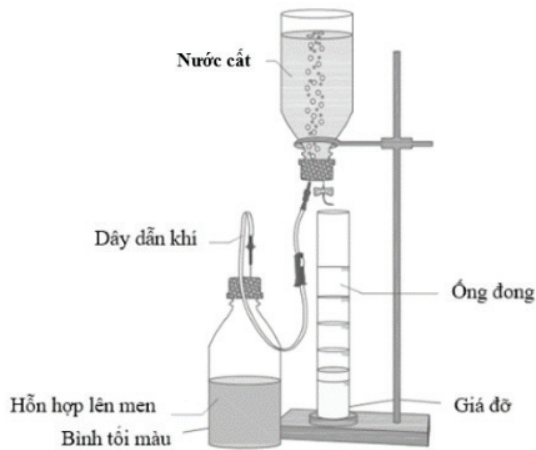
Tất cả mẫu được thu, bảo quản, đưa về và tiến hành bố trí thí nghiệm, phân tích tại phòng thí nghiệm khoa Thủy sản, trường Đại học Nông Lâm Tp HCM.

**2. Phương pháp nghiên cứu**

Sử dụng phương pháp quy hoạch hóa thực

thực nghiệm bằng đáp ứng bề mặt [12] để thiết kế ma trận thực nghiệm và phân tích sự tương quan của mô hình với thực nghiệm.

Xác định thể tích khí biogas bằng phương pháp thế chỗ nước (Hình 1) [1], theo đó khí trong bình thí nghiệm sẽ theo dây dẫn khí vào trong bình nước cất và đẩy dần nước ra khỏi bình, lượng nước bị đẩy ra khỏi bình tương đương với lượng khí sinh ra trong bình phân hủy kỵ khí.



**Hình 1. Phương pháp thế chỗ nước xác định thể tích khí sinh ra.**

**2.1. Chọn miền khảo sát**

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn miền khảo sát để tiến hành tối ưu điều kiện lên men như sau: Phân tôm 50-150 g/L, mật rỉ đường 20-70 g/L,

phân bón 20-70 mg/L với hàm mục tiêu là thể tích khí tạo ra trên thể tích dịch lên men. Mối tương quan giữa giá trị mã hóa và giá trị thực được chỉ ra ở Bảng 1 và phương trình (1).

**Bảng 1. Ký hiệu mã hóa và giá trị thực nghiệm của các yếu tố thực nghiệm**

Biến số	Ký hiệu	Đơn vị	Ký hiệu giá trị mã hóa		
			-1	0	+1
Phân tôm (A)	X1	Gam	50	100	150
Mật rỉ đường (B)	X2	Gam	20	45	70
Phân bón (C)	X3	Gam	20	45	70

$x_i = (X_i - X_0) / \Delta X_i$  (1). Trong đó,  $x_i$  là giá trị mã hóa của yếu tố biến thiên thứ  $i$ ,  $X_i$  là giá trị thật của yếu tố thứ  $i$ ,  $X_0$  là giá trị thật của  $X_i$  tại điểm trung tâm,  $\Delta X_i$  là bước nhảy.

**2.2. Thiết kế thí nghiệm**

Xác định hàm lượng tối ưu của 3 yếu tố ảnh hưởng đến lượng khí biogas sinh ra là chất thải rắn ao tôm, mật rỉ đường và phân bón bằng cách sử dụng qui hoạch trực giao đối xứng, mỗi yếu

tố tiến hành tại 3 mức (-1, 0, +1) (Bảng 1). Quy hoạch thực nghiệm đưa ra bảng ma trận thực nghiệm gồm 20 thí nghiệm, trong đó: 16 thí nghiệm tại tâm (qui hoạch toàn phần 24), 8 thí nghiệm tại điểm sao (2 thí nghiệm cho mỗi biến) trong đó có 3 thí nghiệm lặp tại tâm, với 1 hàm mục tiêu là thể tích khí trong mô hình xử lý.

Các thí nghiệm cho nghiên cứu tối ưu được tiến hành bố trí trong bình nuôi tối màu có thể

tích 500 mL trong điều kiện kỵ khí, và ở nhiệt độ phòng (33°C) trong vòng 30 ngày.

### 3. Xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm thống kê Design-Expert 7.1 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, USA) để xử lý số liệu thực nghiệm, phân tích các hệ số hồi qui, bề mặt đáp ứng và tối ưu hóa với thuật toán hàm mong đợi [12].

Sự phù hợp và ý nghĩa của mô hình được đánh giá qua phân tích ANOVA và các chỉ số tương quan, sự có nghĩa của các hệ số hồi qui được kiểm định bởi chuẩn F, với các giá trị  $p < 0,05$  (độ tin cậy >95%) cho biết các hệ số hồi qui có nghĩa.

## III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 1. Thiết lập mô hình

**Bảng 2. Ma trận thực nghiệm với 3 yếu tố phân tôm, mật rỉ đường, phân bò và kết quả sinh khí**

Chuẩn	Thứ tự chạy	Phân tôm		Rỉ đường		Phân bò		Thể tích khí (mL)	
		Trọng lượng (g)	Mã hóa	Trọng lượng (g)	Mã hóa	Trọng lượng (g)	Mã hóa	Giá trị thu được	Giá trị dự báo
11	1	100	0	3	-1	45	0	505,0	556,1
4	2	150	+1	70	+1	20	-1	189,5	169,8
17	3	100	0	45	0	45	0	1279,0	1182,9
9	4	16	-1	45	0	45	0	282,5	369,1
19	5	100	0	45	0	45	0	1156,0	1182,9
13	6	100	0	45	0	3	-1	777,5	788,1
20	7	100	0	45	0	45	0	1134,1	1182,9
3	8	50	-1	70	+1	20	-1	540,2	518,8
16	9	100	0	45	0	45	0	1050,5	1182,9
12	10	100	0	87	+1	45	0	234,0	286,9
2	11	150	+1	20	-1	20	-1	457,0	465,8
10	12	184	+1	45	0	45	0	304,0	321,3
15	13	100	0	45	0	45	0	1354,6	1182,9
1	14	50	-1	20	-1	20	-1	954,7	905,3
7	15	50	-1	70	+1	70	+1	301,5	217,0
18	16	100	0	45	0	45	0	1138,9	1182,9
14	17	100	0	45	0	87	+1	530,5	624,8
6	18	150	+1	20	-1	70	+1	603,8	549,0
5	19	50	-1	20	-1	70	+1	336,5	280,0
8	20	150	+1	70	+1	70	+1	603,0	576,5

Giá trị mã hóa, kết quả thiết kế với ma trận kế hoạch thực nghiệm được trình bày ở Bảng 2. Bảng 2 gồm 20 thí nghiệm tương ứng là 20 giá trị khác nhau của ba yếu tố phân tôm, mật rỉ đường, phân bò và thể tích khí thu được tương ứng với các giá trị ba yếu tố trên. Ảnh hưởng của các yếu tố phân tôm, mật rỉ đường và phân bò cũng như sự tương tác giữa các yếu tố đến hàm mục tiêu (thể tích khí thu được) được tiến hành xây dựng bởi hàm hồi qui bậc 2 cho hàm mục tiêu như sau:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k_i=0} \beta_{ixi} + \sum \beta_{iixi}^2 + \sum \beta_{ijxixj} \quad (2).$$

Trong đó,  $Y_i$  là hàm mục tiêu,  $\beta_0$  là hệ số tự do,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ ,  $\beta_{ij}$  là các vectơ tham số của mô hình được xác định qua thực nghiệm. Mô hình thống kê chỉ có ý nghĩa và được sử dụng sau khi thỏa mãn các tiêu chuẩn thống kê (Fisher).

**2. Phân tích sự tương quan của mô hình với thực nghiệm**

Bảng 3 cho thấy giá trị “Model-F-value” là 27,79 và mô hình hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ( $p < 0,0001$ ). Kết quả phân tích cho ba yếu tố phân tôm, mật ri đường, phân bò cho thấy yếu tố phân tôm và mật ri đường có giá trị  $p < 0,05$  như vậy từng yếu tố riêng lẻ này đều có nghĩa. Riêng yếu tố phân bò có giá trị  $p > 0,05$  nên yếu tố này không có ý nghĩa nếu xét riêng lẻ. Xét về sự tương tác giữa từng cặp yếu tố, ta thấy sự

tương tác giữa cặp yếu tố phân tôm và phân bò có giá trị  $p < 0,05$  nên cặp yếu tố này có ý nghĩa về mặt thống kê, hai cặp yếu tố phân tôm và mật ri đường và mật ri đường và phân bò có giá trị  $p > 0,05$  nên sự tương tác giữa hai cặp yếu tố này không có ý nghĩa về mặt thống kê (Bảng 3). Điều này được minh họa rõ hơn khi quan sát bề mặt đáp ứng ở Hình 2a, Hình 2b và Hình 2c. Ngoài ra, chuẩn F cho “sự không tương thích” của mô hình là 0,7656 ( $p = 0,6117$ ). Điều đó chứng tỏ mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm.

**Bảng 3. Kết quả phân tích ANOVA tối ưu quá trình tổng hợp các yếu tố**

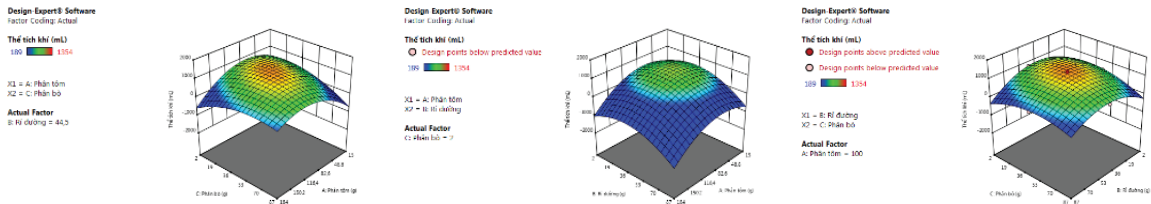
Yếu tố	Tổng bình phương	Độ tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị xác suất	
<b>Mô hình</b>	2,705,000	9	300,500	<b>27,79</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	Có ý nghĩa
A-Phân tôm	317,900	1	317,900	29,4	0,0003	
B-Ri đường	248,100	1	248,100	22,94	0,0007	
C-Phân bò	1,087	1	1,087	0,1005	0,7578	
AB	4,106	1	4,106	0,3797	0,5515	
AC	251,100	1	251,100	23,22	0,0007	
BC	52,202	1	52,202	4,83	0,0527	
A <sup>2</sup>	1,240,000	1	1,240,000	114,71	< 0,0001	
B <sup>2</sup>	1,023,000	1	1,023,000	94,6	< 0,0001	
C <sup>2</sup>	396,300	1	396,300	36,65	0,0001	
<b>Phần dư</b>	108,100	10	10,813			
Sự không tương thích	46,889	5	9,378	<b>0,7656</b>	<b>0,6117</b>	Không ý nghĩa
Sai số thuần	61,246	5	12,249			
<b>Tổng tương quan</b>	2,813,000	19				

Bảng 4 chỉ ra kết quả phân tích sự phù hợp và có nghĩa của mô hình với thực nghiệm. Kết quả phân tích ANOVA cho thấy giá trị R<sup>2</sup> là 0,9642

(R-Squared) ở bảng 4 gần bằng 1, chứng tỏ giá trị thể tích khí thu được từ thực nghiệm gần với giá trị dự đoán của mô hình.

**Bảng 4. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm**

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	100,39	R <sup>2</sup>	<b>0,9642</b>
Giá trị trung bình	686,3	R <sup>2</sup> hiệu chỉnh	0,9319
Hệ số biến thiên (%)	14,63	R <sup>2</sup> dự đoán	0,8618
Tổng bình phương phần dư dự đoán (PRESS)	<b>388.600</b>	Độ chính xác phù hợp (Adeq Precision)	<b>14,271</b>



a. Phân tôm và phân bò

b. Phân tôm và mật rỉ đường

c. Mật rỉ đường và phân bò

**Hình 2. Bề mặt đáp ứng của từng cặp yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo khí biogas**

Từ các giá trị phân tích có nghĩa ở trên, giá trị hàm mong đợi được phần mềm DX7 đưa ra được biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$$Y = - 311,574 + 22,300X_1 + 31,931X_2 + 0,849X_3 - 1,471X_1X_2 + 0,006X_1X_3 + 0,023X_2X_3 - 0,913X_1^2 - 4,307X_2^2 - 0,0009X_3^2 \quad (3)$$

Trong đó, Y là thể tích khí mong đợi; X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> là giá trị hàm lượng phân tôm, mật rỉ

đường, phân bò.

Ngoài ra, 36 giải pháp tối ưu với hàm lượng 3 biến xác định là phân tôm, mật rỉ đường và phân bò từ sử dụng thuật toán hàm mong đợi bằng phương pháp đáp ứng bề mặt cũng được đưa ra, kết hợp với phương trình hàm mong đợi đã được tìm ra, thể tích khí tính được tương ứng với 3 biến xác định được trình bày ở Bảng 5.

**Bảng 5. Các giải pháp tối ưu với hàm lượng 3 biến xác định và giá trị hàm mong đợi tối ưu**

STT	Phân tôm (g)	Rỉ đường (g)	Phân bò (g)	Thể tích khí (mL)
1	96,7	42,7	34,4	1190,6
2	86,1	45,5	44,6	1165,3
3	82,8	39,1	23,9	1159,5
4	89,4	49,6	35,1	1151,9
5	111,5	49,9	41,6	1133,1
6	111,0	49,4	54,9	1114,4
7	104,5	48,4	57,4	<b>1107,7</b>
<b>8</b>	<b>71,4</b>	<b>49,5</b>	<b>32,7</b>	<b>1100,6</b>
9	82,7	52,5	28,3	1089,4
10	103,0	36,0	58,7	1088,1
11	74,1	38,0	49,4	1086,8
12	110,2	27,7	48,3	1086,0
13	105,3	38,7	60,9	1079,7
14	121,7	49,1	57,1	1077,7
15	124,0	40,6	34,1	1072,4
16	101,8	23,3	30,0	1071,9
17	116,1	42,0	61,9	1071,9
18	88,1	22,4	24,9	1071,1
19	87,9	46,7	58,6	1063,8
20	99,5	56,4	53,5	1062,0
21	105,4	49,7	24,4	1057,0
22	79,8	30,2	51,5	1052,4



STT	Phân tôm (g)	Rỉ đường (g)	Phân bò (g)	Thể tích khí (mL)
23	102,7	55,5	57,4	1051,1
24	89,7	37,1	59,8	1050,6
25	114,2	53,8	32,4	1037,3
26	106,3	46,9	65,8	1030,9
27	135,2	45,7	50,5	1029,1
28	116,1	48,1	65,8	1028,0
29	64,7	22,2	26,3	1024,2
30	124,1	26,6	43,6	1021,9
31	118,5	27,4	27,9	1015,0
32	62,3	52,8	35,3	1011,0
33	129,7	54,7	51,6	1007,7
34	128,5	27,8	42,0	1003,0
35	71,5	56,3	44,6	1001,2
36	134,5	51,6	55,0	1000,3

Bảng kết quả tối ưu cho thấy với 3 cặp giá trị yếu tố phân tôm, mật rỉ đường và phân bò khác nhau thì các giá trị hàm mong đợi thu được là khác nhau. Bảng 5 cho thấy có 8 tổ hợp thành phần phân tôm, mật rỉ đường và phân bò tại các điểm có số thứ tự là 1,2,3,4,5,6,7,8

cho thể tích khí mong đợi cao hơn cả và tương đương nhau. Tiến hành kiểm tra tính đúng đắn của mô hình tối ưu bằng cách tiến hành các thí nghiệm kiểm chứng tại 8 điểm tối ưu mô hình đưa ra ở Bảng 5, qua đó chọn cặp biến cho kết quả hàm mong đợi tối ưu nhất (Bảng 6).

**Bảng 6. Kết quả kiểm tra thể tích khí thu được từ mô hình và thực tế**

STT mô hình	Phân tôm (g)	Mật rỉ đường (g)	Phân bò (g)	Thể tích khí theo thuật toán (mL)	Thể tích khí theo thực tế (mL)
1	96,7	42,7	34,4	1190,6	1196,7
2	86,1	45,5	44,6	1165,3	1160,3
3	82,8	39,1	23,9	1159,5	1161,5
4	89,4	49,6	35,1	1151,9	1148,7
5	111,5	49,9	41,6	1133,1	1131,6
6	111,0	49,4	54,9	1114,4	1111,2
7	104,5	48,4	57,4	1107,7	1105,3
8	71,4	49,5	32,7	1100,6	1103,4

Từ kết quả kiểm tra thực nghiệm ở Bảng 6, giá trị tối ưu cho 3 yếu tố được xác định như sau: Phân tôm 96,7g; mật rỉ 42,7; phân bò 34,4, và thể tích khí thu được là 1196,7.

Kết quả này một lần nữa khẳng định việc sử dụng phương pháp toán học quy hoạch thực nghiệm hoàn toàn có ý nghĩa và mang lại hiệu quả cao trong nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu

tố phân tôm, mật rỉ đường và phân bò đến quá trình lên men kỵ khí xử lý chất thải rắn ao tôm.

#### IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sử dụng phương pháp toán học quy hoạch hóa thực nghiệm bằng đáp ứng bề mặt đã xác định được hàm lượng tối ưu cho môi trường lên men tạo khí biogas sinh học nhằm xử lý chất thải rắn ao tôm với 3 yếu tố là phân tôm,

mật ri đường và phân bò với hàm lượng là phân tằm 96,7 gam: Mật ri đường 42,7 gam: Phân bò 34,4 gam.

Yếu tố phân tằm, mật ri đường đều có ảnh hưởng đến quá trình tạo khí biogas sinh học, riêng yếu tố phân bò thì không có ảnh hưởng

đến quá trình tạo khí biogas. Tuy nhiên, sự tương tác giữa cặp yếu tố phân tằm và phân bò có ảnh hưởng đến quá trình tạo khí biogas, hai cặp yếu tố phân tằm và mật ri đường và mật ri đường và phân bò không có ảnh hưởng đến quá trình tạo khí biogas.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Nguyễn Thu Hoài, 2015. Nghiên cứu vi sinh vật sinh methane ứng dụng cho sản xuất biogas trong điều kiện môi trường nước lợ và nước mặn. Luận án Tiến sĩ Sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên Hà Nội.
2. Trần Thanh Trúc và Nguyễn Văn Mười, 2014. Tối ưu hóa điều kiện lên men sinh tổng hợp pectin methylsterase từ *Aspergillus niger* bằng phương pháp bề mặt đáp ứng. Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ, chuyên đề: Nông nghiệp (2014)(1): 133-140,
3. Nguyễn Thị Yên, Lại Thúy Hiền, Nguyễn Thị Thu Huyền, 2013. Tối ưu hóa thành phần môi trường tạo khí hydro sinh học của chủng vi khuẩn kỵ khí *Thermoanaerobacterium aciditolerans* Trau Dat phân lập tại Việt Nam bằng phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM). Tạp chí Sinh học 2013, 35(4): 469-476.
4. Viện Kinh tế và Quy hoạch Thủy sản - Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2015. Báo cáo tổng hợp quy hoạch nuôi tằm nước lợ vùng Đồng bằng Sông Cửu Long đến năm 2020, tầm nhìn 2030.

### Tiếng Anh

5. Bitton, G., 1999. Wasterwater microbiology. New York, USA.
6. Costa, J.C., Oliveira, J.V., Alves, M.M., 2016. Response surface design to study the influence of inoculum, particle size and inoculum to substrate ratio on the methane production from *Ulex* sp. Renewable Energy, 96: 1071-1077.
7. Guo Q.W., Ren Q.N., Wang J.X., Xiang S.W., Ding J., You Y., 2009. Optimization of culture conditions for hydrogen production by *Ethanoligenens harbinense* B49 using response surface methodology. Bioresource Technology, 100: 1192-1196,
8. Huyen, N.T.T., Yen, D.T., Yen, N.T., Nga, V.T., Hien, L.T., 2012. Using of response surface methodology for optimization of biohydrogen production by *Clostridium* sp., Tr2 isolated in Vietnam. Biological Journal, 34(4): 479-484.
9. Laoonguthai, Y., Srinakorn, P., Srisertpol, J., 2015. Enhancing Biogas Production from Shrimp Pond Sediment with Additives. International Conference on Chemical and Biochemical Engineering (ICCBE15).
10. Lettinga, G., Field, j., Van Lier, J., Zeeman, G., Hulshoff, L.W., 1997. Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future. Water Science Technology, 35:5-12.
11. Marta-Alvarez, J., Mace, S., Llabres, S., 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. Bioresource Technology, 74:3-16.
12. Myers, R.H., Montgomery, D.C., Anderson-Cook, C.M., 1995. Response surface methodology: Process and Product optimization using designed experiments.
13. Safari, M., Abdi, R., Adl, M., & Kafashan, J., 2018. Optimization of biogas productivity in lab-scale by response surface methodology. Renewable Energy, 118: 368-375.
14. Sahito, A., Mahar, R., Brohi, K., 2013. Anaerobic biodegradability and methane potential of crop residue co-digested with buffalo dung. Mehran University Research Journal of Engineering & Technology, 32: 509-518.
15. Sajeena, B.B., Jose, P.P., Madhu, G., 2014. Optimization of process parameters affecting biogas production from organic fraction of municipal solid waste via anaerobic digestion. International Journal of Environmental, Earth Science and Engineering, 8(1): 43-48.
16. Wang, X., Gaihe, Y., Li, F., Ren, G., Feng, Y., 2012. Response surface optimization of methane potentials in anaerobic co-digestion of multiple substrates: dairy, chicken manure and wheat straw. Waste Management & Research, 31: 60-66.