

การศึกษา เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่ง ขึ้นสำหรับย่อยสลายฟางข้าว



นายนิสิต บัณฑิตโยธิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-600-1

007269

I15983979

**STUDY OF A FIXED BED BIOREACTOR FOR
COMPOSTING OF RICE STRAW**

Mr. Nisit Pat-mayothin

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University**

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษา เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้นสำหรับ
ย่อยสลายฟางข้าว

โดย

นายนิสิต ปัทมโยธิน

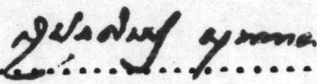
ภาควิชา

เคมีเทคนิค

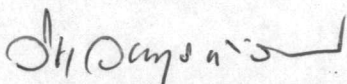
อาจารย์ที่ปรึกษา

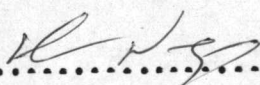
อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศกร

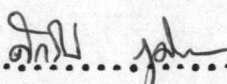
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

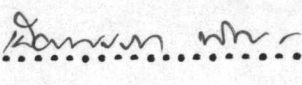

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ สุนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนอุรงค์วรรณ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักรินทร์ ภูมิรัตน์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศกร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษา เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบตรึงชั้นสำหรับย่อยสลายฟางข้าว
ชื่อนิสิต	นายนิสิต บัณฑิตโยธิน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เพ็ชรพรพรก ทัตตร
ภาควิชา	ภาควิชาเคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

การศึกษา เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบตรึงชั้นนี้ ได้พิจารณาผลของอัตราการให้อากาศที่มีต่อการย่อยสลายฟางข้าวโดยจุลินทรีย์ ภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีลักษณะ เป็นถังทรงกระบอกบรรจุฟางไว้ใน และให้อากาศไหลผ่านในแนวรัศมี ฟางที่ไซ้มีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า เมื่อมีการให้อากาศด้วยอัตรา 22.1×10^{-6} ม³/วินาที/ก.ก. ฟางแห้ง จะมีผลต่ออัตราการย่อยสลายดีที่สุดในอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 11.0×10^{-7} ก.ก./วินาที/ก.ก. ฟางแห้ง มีค่าความถี่ในการถ่ายเทมวลสูงสุด 21×10^{-5} หน่วยต่อวินาที และมีอัตราการผลิตความร้อนของ จุลินทรีย์ต่อหน่วยปริมาตรของฟางข้าว สูงสุดเท่ากับ 4.6 กรัม-แคลอรี/วินาที/ม³ ภายหลังจากการย่อยสลายฟางข้าวในเครื่องปฏิกรณ์เป็นระยะเวลา 15 วัน ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวจะมีค่าลดลงจาก 46 เหลือ 25

Thesis Title Study of a Fixed Bed Bioreactor for Composting
of Rice Straw

Name Mr. Nisit Pat-mayothin

Thesis Advisor Pienpak Tasakorn, Ph.D.

Department of Chemical Technology

Academic Year 1982



ABSTRACT

Effects of aeration rate on the composting of rice straw were studied on a fixed bed bioreactor. Rice straw with 80% initial moisture was packed in a cylindrical reactor, and air flowed through it in the radial direction. It was found that aeration rate of $22.1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ (dry rice straw) appeared to be suitable; the maximum value of rate of CO_2 evolution, the frequency of mass transfer and rate of heat production by micro-organism per unit volume of rice straw were observed to be $11.0 \times 10^{-7} \text{ kg}/\text{sec}/\text{kg}$ (dry rice straw), 21×10^{-5} unit per second and $4.6 \text{ gm-cal}/\text{sec}/\text{m}^3$ respectively. The ratio of C/N of rice straw decreased from 46 to 25 after composting in the reactor for 15 days.

กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศกร ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ ตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัท มาและบุญครอง จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการไปได้เป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ตลอดจนเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ได้ช่วยเหลืองานบางอย่างเป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปได้อย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จลงด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทรรศน์	2
2.1 การหมักในสภาวะที่เป็นของแข็ง	2
2.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบตรึงชั้น	6
2.2.1 การไหลของอากาศผ่านชั้นของแข็ง	7
2.2.2 การถ่ายเทมวลระหว่างอากาศกับฟิล์มของจุลินทรีย์	14
2.2.3 อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์	19
2.3 การย่อยสลายเศษพืช	21
2.4 ปัจจัยที่ควบคุมการย่อยสลาย	22
2.5 ส่วนประกอบในฟางข้าว	22
3 อุปกรณ์เครื่องมือและการทดลอง	25
3.1 เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบตรึงชั้น	25
3.2 การควบคุมต่าง ๆ	28
3.2.1 ห้องควบคุมอุณหภูมิ	28
3.2.2 การควบคุมปริมาณอากาศที่ให้แก่เครื่องปฏิกรณ์	28
3.3 การวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ	28



3.3.1	การวัดและบันทึกอุณหภูมิ	28
3.3.2	การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	29
3.3.3	การวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟาง	31
3.3.4	การหาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	31
3.4	เชื้อจุลินทรีย์สำหรับการย่อยสลายฟางข้าว	34
3.5	วิธีการทดลอง	34
3.5.1	การวัดและบันทึกข้อมูล	35
3.5.2	ขั้นตอนการทดลอง	55
3.6	การทดลองหาค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ (permeability) ของฟางข้าว	36
4	ผลการทดลอง	39
4.1	การทดลองย่อยสลายฟางข้าวด้วยเชื้อจุลินทรีย์ภายในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้น	39
4.1.1	อุณหภูมิในชั้นของฟางข้าว เมื่อมีการย่อยสลาย	39
4.1.2	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออกมา	43
4.1.3	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว	47
4.1.4	การเปลี่ยนแปลงความชื้นของฟางข้าวที่ถูกย่อยสลาย	51
4.1.5	ความหนาแน่นของชั้นฟางข้าว	52
4.2	การทดลองย่อยสลายฟางข้าวด้วยเชื้อจุลินทรีย์จากผลิตภัณฑ์ Agro Max ที่เติมลงไป เปรียบเทียบกับการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติภายในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้น	53
4.2.1	อุณหภูมิในชั้นฟาง เมื่อมีการย่อยสลาย	53

บทที่ (ต่อ)	หน้า
4.2.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออกมา	55
4.2.3 อัตราส่วนของคาร์บอนต่อนิโตรเจนในฟางข้าว	55
4.3 การทดลองหาค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ (Permeability)	55
5 วิจัยรณผลการทดลอง	60
5.1 อัตราการผลิตความร้อนของจุลินทรีย์	60
5.2 การถ่ายเทมวลของออกซิเจนสู่จุลินทรีย์	63
5.3 หาค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ (permeability) ของฟางข้าว	68
5.4 ผลการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบตรึงชั้น	69
6 สรุปผล	73
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ประวัติ	112

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงส่วนประกอบของฟางข้าว	23
4.1	แสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิในชั้นฟาง กับอุณหภูมิในห้องควบคุมมากที่สุดเมื่อมีปริมาณการไหลของอากาศต่างกัน	43
4.2	แสดงค่าอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเมื่อมีการไหลปริมาณการไหลของอากาศต่างกัน	47
4.3	แสดงอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อหยุดการทดลอง	51
4.4	แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟางข้าวที่ถูกย่อยสลายที่เวลาต่าง ๆ กัน	52
4.5	แสดงค่าความหนาแน่นของชั้นฟาง (แห้ง) ตอนเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	52
4.6	แสดงค่าความชื้นของชั้นฟาง ความหนาแน่นของชั้นฟาง (เปียก) ความหนาแน่นของชั้นฟาง (แห้ง) และค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ของชั้นฟาง	59
5.1	แสดงค่า S_B ที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลอง	63
5.2	แสดงค่า $k_{S a_S}$ ที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลอง	66

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดง การไหลของ ของไหลตามแนวรัศมีผ่านชั้นที่มีรูพรุน	8
2.2	แสดง การไหลของ ของไหลในแนวแกน (axial flow) ภายใน คอลัมน์ที่มีรัศมี R	12
2.3	แสดง แบบจำลอง ของจุลินทรีย์ที่เกาะยึดอยู่กับอาหาร	14
2.4	แสดง ขั้นตอนการ เกิดปฏิกิริยาในระบบของ เซลของสิ่งมีชีวิต	15
2.5	แสดง วงจร Krebs (Krebscycle)	16
2.6	แบบจำลอง ที่ออกซิเจนถ่ายเทเข้าสู่ตัวจุลินทรีย์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ถ่ายเทออกมา	18
3.1	แสดง ภาพ เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้น	26
3.2	แสดง แผนผัง การทำงานของ เครื่องมือและการวิเคราะห์	30
3.3	รูป เครื่อง กลั่นก๊าซแอมโมเนียด้วยไอน้ำในการวิเคราะห์ไนโตรเจน	33
3.4	แผนผัง เครื่องมือหาค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ (permeability)	37
4.1-4.5	แสดง ผลต่าง ของอุณหภูมิในชั้นฟาง (T_B) กับอุณหภูมิห้อง (T_R)	40-42
4.6-4.9	แสดง อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	44-45
4.10	แสดง เปอร์เซนต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน เครื่องปฏิกรณ์	46
4.11-4.15	แสดง การ เปลี่ยนแปลง อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว	48-50
4.16-4.17	แสดง ผลต่าง ของอุณหภูมิในชั้นฟาง (T_B) กับอุณหภูมิห้อง (T_R)	54
4.18-4.19	แสดง อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	56
4.20-4.21	แสดง การ เปลี่ยนแปลง อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว	57
5.1	แสดง ความสัมพันธ์ของ $(T_B - T_R)$ กับ $(R_2^2 - r^2)$	61
5.2	แสดง ความสัมพันธ์ของ S_B กับ เวลาการทดลอง	62
5.3	แสดง ความสัมพันธ์ของ $k_S a_S$ กับ เวลาการทดลอง	65

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

- | | | |
|-----|---|----|
| 5.4 | แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ของฟางข้าวกับความหนาแน่นของฟางที่ความชื้นต่าง ๆ | 70 |
| 5.5 | แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ของฟางข้าวกับความหนาแน่นของฟางข้าวที่คิดโดยน้ำหนักแห้ง | 71 |