การผลิตก๊าซชีวภาพจากฝุ่นข้าวในถังหมักแบบปลั๊กโฟล

นางสาว วัฒนา นพคุณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-604-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012698
I 10880087

PRODUCTION OF BIOGAS FROM RICE DUST IN PLUG FLOW REACTOR

Miss WATANA NOPAKOON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Science

Biotechnology Programme

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหมักฝุ่นข้าวเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักแบบปลั๊กโฟล
โดย	นางสาว วัฒนา นพคุณ
หลักสูตร	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยกลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ วินิจ ชำวิวรรธน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

.....กรรมการ
(ดร. สุเมธ ชวเดช)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตก๊าซชีวภาพจากฝุ่นข้าวในถังหมักแบบปลั๊กโฟล
ชื่อนิสิต	นางสาว วัฒนา นพคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร
หลักสูตร	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา	2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงวิธีการย่อยสลายฝุ่นข้าวในสภาวะไร้ออกซิเจนในถังหมักแบบถังกวน (stirred tank) และแบบปลั๊กโฟล (plug flow) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมัก ในการที่จะให้ก๊าซชีวภาพสูงสุด และระยะเวลากำจัดต่ำสุด จากนั้นจึงศึกษาทางด้านจลน์ศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์

ในการทดลองได้ทำการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ (total solid) พร้อมลดระยะเวลากำจัด (retention time) และลดระยะเวลากำจัดโดยที่ภาระสารอินทรีย์คงที่

จากการทดลองพบว่า ถังหมักแบบถังกวนสามารถรับภาระสารอินทรีย์ได้สูงสุดเพียงร้อยละ 10 และลดระยะเวลากำจัดได้ต่ำสุด 10 วัน อัตราการผลิตก๊าซประมาณ 1 ลบ.ม./วัน สำหรับถังหมักแบบปลั๊กโฟลสามารถเพิ่มภาระสารอินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 30 ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน อัตราการผลิตก๊าซ 20 ลบ.ม./วัน

การศึกษาทางจลน์ศาสตร์ พบว่า ปริมาณของของแข็งทั้งหมดในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก ถูกควบคุมโดยระยะเวลากำจัด แสดงได้ในรูปสมการ

$$S = K_s*(1+b*\theta)/(\theta*(k_o*a-b)-1)$$

โดยที่ S = ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก

θ = ระยะเวลากำจัด

และ K_s, k_o, a และ b เป็นค่า kinetic coefficient

พบว่า สำหรับถังหมักแบบปลั๊กโฟล ค่า K_s เท่ากับ 578, ค่า b เท่ากับ 0.0532 และค่า k_o*a เท่ากับ 0.635 ซึ่งค่าคงที่เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมการออกแบบระบบหมักแบบปลั๊กโฟลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นพบว่า ถังหมักแบบปลั๊กโฟลในขนาดเดียวกับถังหมักแบบฝาลอย และแบบโดม จะเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าประมาณ 30 เท่า แต่ให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่าประมาณ 20 เท่า และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายในการผลิตก๊าซชีวภาพต่อเดือน ระบบแบบปลั๊กโฟลจะเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่า ดังนั้นระบบหมักแบบปลั๊กโฟลจึงเหมาะสมที่จะจัดสร้างในชุมชน

Thesis Title	Production of Biogas from Rice Dust in Plug Flow Reactor
Name	Miss Watana Nopakoon
Thesis Advisor	Pienpak Tasakorn, Ph.D.
Programme	Biotechnology
Academic Year	1986

ABSTRACT

The objective of this study is to conduct and investigate the anaerobic digestion, using rice dust as a substrate, both in plug flow and stirred tank reactors. The determination of the optimum operating condition, maximizing the gas and minimizing the retention time, and economic study for the system had also been conducted.

In the experiments, total solid was increased together with the reduction of retention time.

It was found that the maximum concentration of total solid fed to the reactor, minimum retention time for the reaction and the gas production per digester volume were 10%, 10 days and 1 cubic meter per day for stirred tank reactor; for plug flow reactor there were 30%, 25.7 days and 20 cubic meters per day respectively.

It has been found from kinetic study that the total solid in effluent was controlled by hydraulic retention time, and could be described by the following expression :

$$S = K_s*(1+b\theta)/\{\theta(k_o a-b)\}$$

where S is the concentration of total solid in effluent,

θ is the retention time,

K_s, k_o, a and b are the kinetic coefficients.

The kinetic parameters of the plug flow reactor were found to be 578 for K_s, 0.0532 for b and 0.635 for k_o*a. These values can be used as designed parameters for biogas production in plug flow reactors.

From preliminary economic study for the two reactors with the same size, the investment cost of plug flow reactor is about thirty times that of stirred tank reactor. However, the gas production rate is about twenty times higher, so it proves to be beneficial to use a plug flow reactor for community biogas production.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการเป็นอย่างดีและให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ทำงานของภาควิชาเคมีเทคนิค และขอขอบคุณสำนักงานพลังงานแห่งชาติที่ให้ความสนับสนุน เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณชุมพล สายพันธ์ และเจ้าหน้าที่ห้องทดลอง ที่ได้ช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปได้อย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จลง

และที่สุด ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณมารดา ที่สนับสนุนให้กำลังใจแก่ผู้เขียนในการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 10

2.1 ทฤษฎีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน . 10

2.2 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการหมัก 12

2.2.1 อุณหภูมิ 12

2.2.2 ความเป็นกรดและด่าง 13

2.2.3 อัลคาลินิตี 13

2.2.4 กรดอินทรีย์ระเหยง่าย 13

2.2.5 อาหารเสริมสร้าง 14

2.3 การควบคุมการทำงานของถังหมัก 14

2.3.1 ระยะเวลากำจัด 14

2.3.2 อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 14

2.4 ชนิดของระบบหมัก 16

2.4.1 Completely mixed 16

2.4.2 Plug flow 16

2.4.3 Anaerobic contact 16

2.4.4 Anaerobic filter 16

2.4.5 Upflow anaerobic sludge blanket . 16

2.4.6 Fluidized and expanded bed reactor 17

2.4.7 Downflow stationary fixed film .. 17

2.4.8 Captivated anaerobic sludge blanket 17

บทที่ (ต่อ) หน้า

2.4.9 Polyurethane carrier reactor..... 17

2.5 การศึกษาทางจลน์ศาสตร์ของการหมักแบบไร้ออกซิเจน 19

2.5.1 ระบบ Batch 19

2.5.2 ระบบ Continuous 20

2.5.3 การออกแบบระบบ และพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบ 21

3 อุปกรณ์เครื่องมือ 26

3.1 การออกแบบและการทำงาน 26

3.1.1 ถังหมัก 26

3.1.2 การทำงานของระบบเก็บก๊าซ 27

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 29

3.3 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง 29

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ 29

3.5 วิธีการวิเคราะห์ 29

3.5.1 การหาค่าความเป็นกรดและด่าง 29

3.5.2 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด และของแข็งระเหย 29

3.5.3 องค์ประกอบก๊าซ 30

4 วิธีการทดลอง..... 35

4.1 การเริ่มทำงานของถังหมัก 35

4.2 ศึกษาสภาวะของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการหมักในถังหมักแบบถังกวน 35

4.3 ศึกษาผลของการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ พร้อมลดค่าระยะเวลากำจัดไปพร้อมกันในถังหมักแบบถังกวน 35

4.4 ศึกษาผลของการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ พร้อมลดค่าระยะเวลากำจัดไปพร้อมกันในถังหมักแบบปลั๊กโฟล 37

5 ผลการทดลอง 38

5.1 ผลจากการศึกษาหาภาระสารอินทรีย์ในรูปปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการหมักในถังหมักแบบ

บทที่ (ต่อ) หน้า

ถังกวน 38

5.2 ผลจากการเพิ่มภาระสารอินทรีย์พร้อมลดค่าระยะเวลากำจัดไปพร้อมกันในถังหมักแบบถังกวน 39

5.3 ผลจากการศึกษาการหมักฝุ่นข้าวแบบกึ่งต่อเนื่องในถังหมักแบบปลั๊กโฟล 41

5.4 ผลจากการศึกษาค่าทางจลน์ศาสตร์ 47

5.5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ... 48

6 วิจารณ์ผลการทดลอง 74

6.1 อิทธิพลของระยะเวลาการหมักและปริมาณของแข็งทั้งหมดต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ 74

6.1.1 ถังหมักแบบถังกวน 74

6.1.2 ถังหมักแบบปลั๊กโฟล 75

6.2 ผลการศึกษาทางจลน์ศาสตร์ 76

6.3 เปรียบเทียบระบบหมักแบบปลั๊กโฟล แบบโดม และแบบฝาลอย 76

6.3.1 ประสิทธิภาพการเกิดก๊าซ 76

6.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ 77

7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 84

7.1 สรุปผลการทดลอง 84

7.2 ข้อเสนอแนะ 85

เอกสารอ้างอิง 86

ภาคผนวก 90

ประวัติ 154

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจาก Molass slops ในถังหมักแบบต่าง ๆ	4
2.1	แสดงองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	30
4.1	แสดงอัตราการเติม, ระยะเวลากำจัด และปริมาณของแข็งทั้งหมด ของถังหมักแบบถังกวน	36
4.2	แสดงอัตราการเติม, ระยะเวลากำจัด และปริมาณของแข็งทั้งหมด ของถังหมักแบบปลั๊กโฟล	37
5.1-5.27	สรุปข้อมูลต่าง ๆ ของการทดลอง	90-143
5a	สรุปผลการทดลองหมักฝุ่นข้าวแบบเติมครั้งเดียว ที่ภาระสารอินทรีย์ ในระดับต่างๆ ใน ถังหมักแบบถังกวน	38
5b	สรุปผลการทดลองหมักฝุ่นข้าวแบบต่อกึ่งเนื่อง (semi-continuous) ในถังหมักแบบถังกวน	40
5c	เปรียบเทียบผลการทดลองหมักแบบ recycle และ non recycle ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล	41
5d-h	สรุปผลการทดลองหมักฝุ่นข้าวแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous) ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30	42-46
5i	สรุปค่า kinetic coefficient ของถังหมักแบบไร้ ออกซิเจน ที่ภาระสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ	48
5j	สรุปผลการประเมินราคาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบหมักแบบ ปลั๊กโฟลขนาดต่าง ๆ	49
5k	สรุปค่าใช้จ่ายเป็นบาท ในการก่อสร้างระบบหมักแบบต่าง ๆ ขนาด 5 ลบ.ม.	49
5l	แสดงค่าใช้จ่ายต่อเดือนของการผลิตก๊าซ 1 ลบ.ม./วัน ของระบบ หมักแบบต่าง ๆ	50
5m	แสดงค่า benefit cost ratio เปรียบเทียบการใช้ก๊าซชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิงกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น	51

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศไทย	6
1.2	ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศอินเดีย	6
1.3	ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	7
1.4	ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพขนาดชุมชน	8
1.5	ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพขนาดอุตสาหกรรม	8
1.6	รูปแบบระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพ จาก Molass slops	9
1.7	ลักษณะฝุ่นข้าว	9
2.1	แสดงขั้นตอนของปฏิกริยาการหมัก เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง	11
2.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนสารอินทรีย์, ความเข้มข้นของของแข็ง และระยะเวลาที่ของหมักอยู่ในระบบ	15
2.3	แสดงระบบหมักชนิดต่าง ๆ	18
2.4	กราฟแสดง ln ของความเข้มข้นของมวลเซลกับเวลา	20
2.5	ระบบหมักที่มีการกวนแบบสมบูรณ์ (completely mixed)	23
3.1	ระบบหมักขนาด แลบสเกล (Lab scale)	26
3.2	ถังหมักแบบถังกวน	28
3.3	ระบบผลิตก๊าซโดยใช้ถังหมักแบบถังกวน	29
3.4	ระบบผลิตก๊าซโดยใช้ถังหมักแบบปลั๊กโฟล	30
3.5	แสดงใบพัดกวนแบบ blade ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล	31
3.6	ถังหมักแบบปลั๊กโฟล หลังจากปรับปรุงท่อล้น และติดวาวล์	32
5.1	การหมักฝุ่นข้าวในถังหมักแบบถังกวน โดยป้อนสารอาหารแบบเติมครั้งเดียว ที่ภาระสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ	
	ก. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นกับเวลาในการหมัก	52
	ข. แสดงความสัมพันธ์ของค่า ln ของปริมาณก๊าซสะสมกับเวลาในการหมัก	52
5.2	แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดก๊าซ, ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของของแข็งระเหย (TVS) กับเวลาในการหมัก	

รูปที่ หน้า

ในถังหมักแบบถังกวน โดยป้อนสารอาหารแบบ กึ่งต่อเนื่อง ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 10 เมื่อระยะเวลากำจัดเท่ากับ 7.5,10,15, และ 21 วัน 53

ก. อัตราการเติม 2 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 7.5 วัน 54

ข. อัตราการเติม 2 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 10 วัน 54

ค. อัตราการเติม 1 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 15 วัน 55

ง. อัตราการเติม 0.7 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 21 วัน 55

5.3 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซ เมื่อภาระสารอินทรีย์ (TS) เท่ากับร้อยละ 10 ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบถังกวน 56

5.4 เปรียบเทียบอัตราการเกิดก๊าซจากการหมักฝุ่นข้าวในถังหมักแบบปลั๊กโฟล เมื่อมีการป้อนสารอาหารแบบผสมตะกอนแบคทีเรีย (recycle) และไม่ผสมตะกอนแบคทีเรีย (non recycle) 57

5.4 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดก๊าซ,ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งระเหย (TVS) กับเวลาในการหมักในถังหมักแบบปลั๊กโฟล โดยป้อนสารอาหารกึ่งต่อเนื่อง ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10,15,20,25 และ 30 เมื่อระยะเวลากำจัดเท่ากับ 51.4, 25.7, 12.8 และ 8.7 วัน 58

ก. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 10

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน ... 59

2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน ... 59

3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน .. 60

4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน ... 60

ข. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 15

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน ... 61

2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน ... 61

3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน .. 62

4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน ... 62

ค. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 20

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน ... 63

รูปที่ หน้า

2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน ... 63
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน .. 64
4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน ... 64
ง. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 25
1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน ... 65
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน ... 65
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน .. 66
จ. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 30
1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน ... 67
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน ... 67
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน .. 68
5.6 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10,15,20,25 และ 30 69
ก. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10 70
ข. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 15 70
ค. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 20 71
ง. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 25 71
จ. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 30 72
5.7 แสดงผลของระยะเวลากำจัดต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล 73
6.1 แสดงประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบถังกวน 78
6.2 แสดงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ เมื่อภาระสารอินทรีย์เปลี่ยนไปในระบบหมักแบบปลั๊กโฟล 79
6.3 แสดงประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10,15,20,25 และ 30 80
ก. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 10 81
ข. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 15 81
ค. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 20 82

รูปที่ หน้า

ง. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 25 82
จ. ที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 30 83