การคัดเลือกเชื้อราเพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

นายวิศิษฐพร เผื่อนพิภพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-391-3

012007

i 17396761

The Selection of Fungi for Producing Organic Fertilizer from Rice Straw

Mr. Visitporn Pheunphiphop

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคัดเลือกเชื้อราเพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

โดย นายวิศิษฐพร เผื่อนพิภพ

ภาควิชา จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์ลิน ลีหนันทน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์ลิน ลีหนันทน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วีระวุฒิ มหามนตรี)

..... กรรมการ

(ดร.พิจิตต รัตตกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคัดเลือกเชื้อราเพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

ชื่อนิสิต นายวิศิษฐพร เผื่อนพิภพ

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์ลิน ลีหนนทน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล

ภาควิชา จุลชีววิทยา

ปีการศึกษา 2528

บทคัดย่อ

จากการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพสารตัวเร่งที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งได้มีการผลิตเป็นการค้าในต่างประเทศ พบว่าอัตราการย่อยสลาย (คาร์บอนต่อไนโตรเจน) ของฟางข้าวจากการทดลองทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยเหตุผลนี้งานวิจัยจึงมุ่งที่จะแยกและคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายฟางข้าวภายใต้วิธีการหมักแบบธรรมชาติ

จากการทดสอบโดยใช้เชื้อราจำนวน 208 สายพันธุ์ ซึ่งแยกมาจากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีความสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและไซลาเนสได้สูง เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน ในขณะที่เชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 ผลิตเอนไซม์ได้สูง เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุด (1.22×10^6 และ 1.88×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว) ขณะที่เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) สามารถผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสได้สูงสุด (3.08×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) สามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุด (1.99×10^7 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)

เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* Fresenius. ส่วนเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aspergillus flavipes* ในขณะที่เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Humicola lanuginosa*

จากการศึกษาปริมาณสปอร์ของเชื้อราเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการทำปุ๋ยหมัก เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะสร้างสปอร์ได้มากที่สุดเท่ากับ 4.98×10^{12} และ 2.02×10^{11} สปอร์ต่อกรัมอาหารเลี้ยงเชื้อ ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 : 1 ส่วนเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) สร้างสปอร์ได้มากที่สุดเท่ากับ 1.55×10^{11} สปอร์ต่อกรัมอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 : 9

จากการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในโหลหมัก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. สูง 24 ซม.) โดยการเติมเชื้อราที่คัดเลือกได้ พบว่า อัตราการย่อยสลายของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดเดียวหรือเชื้อราผสม (2 สายพันธุ์) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา โดยการเติมเชื้อราเพียงชนิดเดียวได้ผลดีที่สุด

จากการทดลองโดยใช้สารต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน พบว่า แอมโมเนียมไนเตรต เป็นสารที่ดีที่สุดสำหรับเชื้อราในการย่อยสลายฟางข้าว โดยในช่วงระดับ 1.5 - 5.0 เปอร์เซนต์ของแอมโมเนียมไนเตรต มีผลช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลาย และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของฟางข้าว

เมื่อศึกษาการหมักในระดับใหญ่ โดยหมักฟางข้าวในถังซีเมนต์ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 70 ซม.) โดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) หรือเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่า อัตราการย่อยสลายของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราจะเกิดขึ้นเร็วกว่าถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา นอกจากนี้พบว่าหลังจากการหมักฟางข้าว จำนวนเซลของเชื้อราที่เติมลงไปมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น แสดงว่าเชื้อราเหล่านี้สามารถเจริญและแก่งแย่งอาหารกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ในฟางข้าวได้

จากผลการทดลองซึ่งได้กล่าวมาแล้วดังข้างต้น พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) เป็นเชื้อราสายพันธุ์ที่เหมาะสมที่ใช้เติมในกระบวนการหมักปุ๋ยชีวภาพจากฟางข้าว และในอนาคตน่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมกระบวนหมักในระดับขยายใหญ่ในภาคสนามด้วย

Thesis title	The Selection of Fungi for Producing Organic Fertilizer from Rice Straw
Name	Mr. Visitporn Pheumphiphop
Department	Microbiology
Thesis Advisor	Associate Professor Prakitsin Sihanonth, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Naline Nilubol, Ph.D.
Academic Year	1985

Abstract

Several commercial avialable namely Agromax, B-2, F, Kilodor have been tested for their efficiency of decomposing the rice straw. The difference of the results showed statistically insignificant in rate of decomposing (C/N ratio) the rice straw those treated with the biofertilizers and the control, which implied that the microorganisms present in those biofertilizers are not suitable for decomposing rice straw under the conditions tested. In this study, we intended to isolate and select some fungi with high ability to decompose the rice straw under local conditions.

Two hundred and eight strains of fungi have been isolated from various samples of decomposed rice straw. Among those isolates, *Aspergillus* sp. (A-8), *Aspergillus* sp. (B-25) and *Humicola* sp. (H-30) were selected. The selection based on their ability to produce cellulase and xylanase when cultivated in rice straw at 45°C for 5 days while *Trichoderma viridae* QM 9414 (cultivated at 30°C) was used as standard strain.

The comparative studies of the three strains showed that *Aspergillus* sp. (A-8) produced the highest amount of cellulase and carboxymethyl cellulase (1.22×10^6 and 1.88×10^6 units/gm rice straw) while *Aspergillus* sp. (B-25) was the best B-glucosidase producer (3.08×10^4 units/gm rice straw) and *Humicola* sp. (H-30) produced the highest amount of xylanase (1.99×10^7 units/gm rice straw).

The morphological and physiological characteristics of *Aspergillus* sp. (A-8) was found similar to *Aspergillus fumigatus* Fresenius, while *Aspergillus* sp. (B-25) similar to *Aspergillus flavipes*, and finally, *Humicola* sp. (H-30) similar to *Humicola lanuginosa*.

When the fungi were cultivated on 1 : 1 ratio of 5 mm. rice straw and fine rice bran, the maximal number of spore produced by *Aspergillus* sp. (A-8) and *Aspergillus* sp. (B-25) were 4.98×10^2 and 2.02×10^{11} spores/gm of substrate respectively while the maximal number of spore produced by *Humicola* sp. (H-30) was 1.55×10^{11} spores/gm of substrate. In case of *Humicola* sp. (H-30) the optimal ratio of rice straw : fine rice bran in the substrate was 1 : 9.

The experiments performed in glass jar (7 cm. in diameter, 24 cm. in hight) showed the difference (statistically significant) in the rate of decomposing rice straw treated with either single or the mixer of two strains to the untreated control group with the best result from those of single strain treatment. Among various sources of inorganic nitrogen tested, ammonium nitrate was proved to be the best, thus, the optimal concentration of ammonium nitrate in the range between 1.5 - 5.0 % will enhance the rate of decomposing and the CO_2 evolution of rice straw treated.

Further studies of large scale decomposition when straw were allowed to decompose in round cement tanks (80 cm. in diameter, 70 cm. in hight), again a higher rate of decomposition when rice straw were allowed to decompose in the presence of either *Aspergillus* sp. (A-8) or *Aspergillus* sp. (B-25) than untreated sample. In addition, it was found that number of fungal cell in the decompose straw increase with time of incubation suggesting that these fungi are capable of growing and competing for nutrition with other microorganisms presence in culture.

The results reported above suggest that *Aspergillus* sp. (A-8), and *Aspergillus* sp. (B-25) might be the promising strains to be used as biofertilizer for decomposing the rice straw. Further investigations especially using these fungi for larger scale decomposition and the field tests need to be continued.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนท์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล โดยได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาแนวความคิดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร รองศาสตราจารย์วีระวุฒิ มหามนตรี และ ดร.พิจิตต รัตตกุล ที่ได้ช่วยกรุณาตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัตดา ปวนะฤทธิ์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยกรุณาให้คำแนะนำการคำนวณทางสถิติในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาจุลชีววิทยาที่ได้กรุณาให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่, เพื่อน และคุณวาสิฏฐี นานา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ได้ช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมาบุญครองเซนเตอร์ ที่ให้ทุนสำหรับทำการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ช

กิตติกรรมประกาศ ..... ญ

สารบัญ ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฏ

สารบัญตาราง ..... ม

คำย่อ ..... ห

บทที่

1 บทนำ 1

2 การตรวจเอกสาร 3

3 อุปกรณ์ เครื่องมือ และการทดลอง 27

4 ผลการศึกษา 53

5 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 266

เอกสารอ้างอิง 316

ภาคผนวก ก 338

ข 344

ค 351

ง 355

ประวัติ 371

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงเครื่องกลั่นก๊าซแอมโมเนียมด้วยไอน้ำ	49
3.2	แสดงส่วนประกอบของโหลหมักฟางข้าว	50
3.3	แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักฟางข้าว	51
3.4	แสดงส่วนประกอบถังซีเมนต์หมักฟางข้าว	52
4.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	59
4.2	แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	61
4.3	แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	63
4.4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	65
4.5	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	67
4.6	แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมเชื้อรา	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้ โดยวิธีการปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลาต่างกัน	73
4.8	แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้ โดยวิธีการเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลาต่างกัน	74
4.9	แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์ และ 50 วัตต์) เป็นระยะเวลาต่างกัน	75
4.10	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีการเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที, วิธีการปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที, วิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที, วิธีการเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที, วิธีการปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที และวิธีการเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีการปั่น (750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที และวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที	76
4.11	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส A-8 ที่เจริญบนอาหาร Czapek's Solution Agar	97
4.12	แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหัส A-8 (400 x) ที่เจริญบนอาหาร Czapek's Solution Agar	97
4.13	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส A-8 ที่เจริญบนอาหาร Malt Extract Agar	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส B-25 ที่เจริญบนอาหาร Czapek's Solution Agar	98
4.15	แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหัส B-25 (400 x) ที่เจริญบนอาหาร Czapek's Solution Agar	99
4.16	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส B-25 ที่เจริญบนอาหาร Malt Extract Agar	99
4.17	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส H-30 ที่เจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar	100
4.18	แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหัส H-30 (400 x) ที่เจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar	100
4.19	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส H-30 ที่เจริญบนอาหาร Peptone Glucose Agar	101
4.20	แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อราหัส A-8 บนอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน	102
4.21	แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อราหัส B-25 บนอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน	102
4.22	แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อราหัส H-30 บนอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน	103
4.23	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน ...	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.24	เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	110
4.25	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน	111
4.26	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน	112
4.27	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	113
4.28	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อจำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน	114
4.29	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	115

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.30	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน	116
4.31	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน	117
4.32	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลาต่างกัน	118
4.33	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	124
4.34	เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	125
4.35	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ยีสต์ของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.36	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน	127
4.37	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	128
4.38	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อจำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน	129
4.39	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	130
4.40	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน	131
4.41	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน	132

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.42	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลาต่างกัน	133
4.43	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	140
4.44	เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	141
4.45	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน	142
4.46	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน	143
4.47	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	144

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.48	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อจำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน	145
4.49	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	146
4.50	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน	147
4.51	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน	148
4.52	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลาต่างกัน	149
4.53	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซีเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	155

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.54	เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน	156
4.55	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ซับสเตรตของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน	157
4.56	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน	158
4.57	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นต่างกัน	159
4.58	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อจำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน	160
4.59	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน	161

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.60	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน	162
4.61	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่าง ๆ	163
4.62	เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลาต่างกัน	164
4.63	แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 5 ต่อ 5	166
4.64	แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 5 ต่อ 5	166
4.65	แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 ต่อ 9	167

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.66	แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียดและฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วนต่างกัน	168
4.67	แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด และฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วนต่างกัน ..	169
4.68	แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด และฟางข้าวขนาดยาว 5 มม. ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วนต่างกัน	170
4.69	แสดงการหมักฟางข้าวในโหลแก้ว โดยมีท่อเอสลอนสำหรับระบายอากาศ	171
4.70	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซนต์	185

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.71 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 187

4.72 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 189

4.73 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 191

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.74 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซนต์ 193

4.75 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซนต์ 195

4.76 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp.

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

(H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 197

4.77 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 199

4.78 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ 216

4.79 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ 218

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.80	แสดงการเปรียบเทียบความยืนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	220
4.81	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	222
4.82	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	224
4.83	แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	226
4.84	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	228

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.85	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	230
4.86	แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักฟางข้าว	235
4.87	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทุก 5 วันของการหมักฟางข้าว เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	236
4.88	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักฟางข้าว โดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	238
4.89	แสดงการหมักฟางข้าวในถังหมักซีเมนต์ โดยมีท่อเอสลอนสำหรับระบายอากาศ	248
4.90	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในถังหมักฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	249

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.91	แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	251
4.92	แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	253
4.93	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	255
4.94	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	257
4.95	แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	259

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.96	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	261
4.97	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	263
4.98	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราในถังหมัก ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์	265

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงชนิดของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมัก	15
2.2	แสดงปริมาณข้าวและฟางข้าวที่ผลิตได้ในโลก	17
2.3	แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเศษพืชชนิดต่าง ๆ ...	20
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมสาร ตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	60
4.2	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติม สารตัวเร่งต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	62
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่ง ต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	64
4.4	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมสาร ตัวเร่งต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	66
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมสาร ตัวเร่งต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	68
4.6	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple range Test	70
4.7	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อรากับวิธีแยกเชื้อราจากฟางข้าวหมัก แหล่งต่าง ๆ	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	แสดงแหล่งของฟางข้าวที่ใช้แยกเชื้อรา	82
4.9	แสดงจำนวนเชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนี เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	83
4.10	แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีแอลฟาเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	84
4.11	แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	85
4.12	แสดงการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส ของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ..	86
4.13	แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส กับความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	87
4.14	แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราที่คัดเลือกได้ ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	88
4.15	แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.16	แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสกับความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีของเชื้อราที่คัดเลือกได้ ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส	90
4.17	แสดงชนิดของเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งแยกได้จากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ	91
4.18	แสดงชนิดของเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลนซึ่งแยกได้จากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ	92
4.19	แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	186
4.20	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	188
4.21	แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าวที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	190
4.22	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	192
4.23	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	194

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.24	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	196
4.25	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	198
4.26	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	200
4.27	แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test..	217
4.28	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	219
4.29	แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	221
4.30	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ...	223

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.31	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	225
4.32	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	227
4.33	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	229
4.34	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	231
4.35	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อเติมเชื้อราต่างชนิดกัน และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน ในช่วง 5 วันสุดท้ายของการหมัก โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	237
4.36	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อเติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	239

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.37	แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในถังหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	250
4.38	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	252
4.39	แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	254
4.40	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	256
4.41	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	258
4.42	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	260
4.43	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	262

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.44	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน เป็นระยะเวลา 25 วัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test	264
5.1	สรุปปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)	308
5.2	สรุปปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสสูงสุดของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)	309
5.3	สรุปปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสสูงสุดของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)	310
5.4	สรุปปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสสูงสุดของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)	311
5.5	สรุปความสามารถในการผลิตเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มเชื้อราเป็นระยะเวลา 12 วัน ..	312

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.6 สรุปผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวและสภาวะแวดล้อมภายในโหลหมักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระยะเวลา 30 วัน เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ 313

5.7 สรุปผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว และสภาวะแวดล้อมภายในโหลหมักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระยะเวลา 25 วัน เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ 314

5.8 สรุปผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว และสภาวะแวดล้อมภายในถังหมักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระยะเวลา 25 วัน เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ 315

คำย่อ

มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มม.	=	มิลลิเมตร
ซม.	=	เซนติเมตร