หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบการย่อยสลายฟางข้าว เมื่อเติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายฟางข้าวโดยเติมสารตัวเร่งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ และไบโอนิค พบว่า เมื่อนำสารตัวเร่งชนิดต่าง ๆ มาหมักรวมกับฟางข้าวในโหลหมัก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว, ความเป็นกรดเป็นด่าง, ความชื้น, ปริมาณคาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมสารตัวเร่ง และไม่เติมสารตัวเร่งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 31.23 ± 0.14, 30.46 ± 0.25, 30.53 ± 0.06, 31.40 ± 0.13 31.23 ± 0.12 และ 30.20 ± 0.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 32.23 ± 0.30, 32.30 ± 0.17, 32.26 ± 0.25, 33.40 ± 0.20, 32.40 ± 0.17 และ 31.20 ± 0.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 4.1) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมสารตัวเร่งและไม่เติมสารตัวเร่งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และเมื่อหมักฟางข้าวไว้เป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค มีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวลดลงเหลือ 29.40 ± 0.26, 29.37 ± 0.67, 29.33 ± 0.23, 29.47 ± 0.15 และ 29.50 ± 0.44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวลดลงเหลือ 29.03 ± 0.21 องศาเซลเซียส เมื่อนำข้อมูลของอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่หมักไว้เป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์

ทางสถิติ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า อุณหภูมิภายในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1)

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่ง และไม่เติมสารตัวเร่งจะลดลง โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 7.53 ± 0.06, 7.40 ± 0.15, 7.30 ± 0.20, 7.30 ± 0.12, 7.43 ± 0.18 และ 7.40 ± 0.10 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 7.23 ± 0.05, 7.20 ± 0.14, 7.50 ± 0.46, 7.10 ± 0.17, 7.26 ± 0.15 และ 7.40 ± 0.10 ตามลำดับ และเมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวยังคงลดลง เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่า โหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ และไบโอนิค มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 6.05 ± 0.06, 6.03 ± 0.06, 6.13 ± 0.09, 5.90 ± 0.19 และ 6.13 ± 0.15 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักฟางข้าวที่ไม่เติมสารตัวเร่งลดลงเหลือ 6.30 ± 0.14 เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งเอฟ พบว่า ลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งลดลงน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, เอฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, คิโลดอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, คิโลดอร์ พบว่า มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งเอฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็น

กรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง พบว่า มีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมตัวเร่งเอฟ พบว่า มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, คิโลดอร์ และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบความยืนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน ความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่ง และไม่เติมสารตัวเร่งเพิ่มยืน โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่ง มีความยืนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 80.40 $\pm$ 0.40, 79.43 $\pm$ 0.32, 80.40 $\pm$ 0.46, 79.52 $\pm$ 0.10, 78.80 $\pm$ 0.16 และ 79.43 $\pm$ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีความยืนของฟางข้าวเพิ่มยืนเป็น 80.80 $\pm$ 0.29, 80.60 $\pm$ 0.26, 80.84 $\pm$ 0.10, 80.36 $\pm$ 0.19, 80.24 $\pm$ 0.07 และ 80.64 $\pm$ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.3) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า ความยืนของฟางข้าวยังคงเพิ่มยืนและเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค มีความยืนของฟางข้าวเพิ่มยืนเป็น 83.52 $\pm$ 0.18, 82.84 $\pm$ 0.08, 81.56 $\pm$ 0.07, 80.40 $\pm$ 0.40, 82.84 $\pm$ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีความยืนของฟางข้าวลดลงเหลือ 80.60 $\pm$ 0.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค พบว่า เพิ่มยืนมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมสารตัวเร่งคิโลดอร์เพิ่มยืนน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลความยืนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า ความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์ ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, บีล่อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งบีล่อง, คิโลดอร์, เอฟ และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความยืนของฟางข้าวใน

โหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, บีส่อง พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งคิโลดอร์, เอฟ และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิค, บีส่อง แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

4.1.4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคารับอนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ,ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน ปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่ง และไม่เติมสารตัวเร่งจะลดลง โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 39.36 $\pm$ 0.38, 40.08 $\pm$ 0.17, 39.99 $\pm$ 0.20, 39.59 $\pm$ 0.19, 39.46 $\pm$ 0.23 และ 39.26 $\pm$ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 35.88 $\pm$ 0.24, 35.80 $\pm$ 0.21, 37.31 $\pm$ 0.43, 35.16 $\pm$ 0.23, 35.16 $\pm$ 0.24 และ 37.31 $\pm$ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.4) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่ง และไม่เติมสารตัวเร่งยังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 33.69 $\pm$ 1.45, 33.84 $\pm$ 1.91, 34.39 $\pm$ 1.40, 31.80 $\pm$ 1.16 และ 34.24 $\pm$ 1.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 34.59 $\pm$ 0.57 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งเอฟ พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งลดลงน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลปริมาณคารับอนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า ปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4)

4.1.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งและไม่เติมสารตัวเร่งจะเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 0.91 $\pm$ 0.05, 0.92 $\pm$ 0.29, 0.91 $\pm$ 0.08, 0.92 $\pm$ 0.19, 0.93 $\pm$ 0.06 และ 0.91 $\pm$ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.18 $\pm$ 0.07, 1.15 $\pm$ 0.13, 1.21 $\pm$ 0.06, 1.20 $\pm$ 0.28, 1.19 $\pm$ 0.35 และ 1.12 $\pm$ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.5) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนยังคงเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.54 $\pm$ 0.03, 1.49 $\pm$ 0.06, 1.55 $\pm$ 0.03, 1.54 $\pm$ 0.04 และ 1.50 $\pm$ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.52 $\pm$ 0.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งคิโลดอร์ พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมสารตัวเร่งบีส่องและไบโอนิคเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5)

4.1.6 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 7 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งและไม่เติมสารตัวเร่งจะลดลง โดยโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 43.34 $\pm$ 1.49, 44.46 $\pm$ 2.87, 43.12 $\pm$ 0.67,

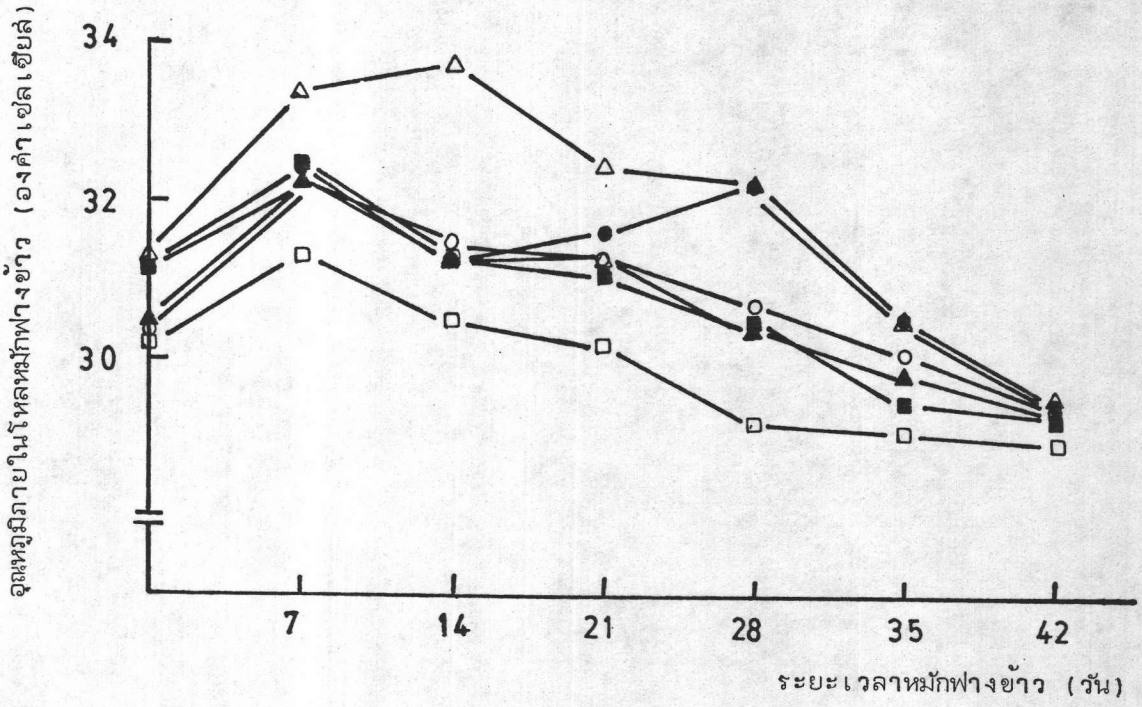
43.52 ± 3.18, 42.77 ± 1.25 และ 43.18 ± 0.54 ตามลำดับ จะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 30.45 ± 1.88, 31.48 ± 0.64, 30.88 ± 1.22, 29.42 ± 1.17, 29.67 ± 2.31 และ 33.61 ± 3.65 ตามลำดับ (รูปที่ 4.6) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวยังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ และไบโอนิค มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 21.97 ± 1.72, 21.70 ± 0.57, 22.19 ± 0.47, 20.75 ± 0.92 และ 22.77 ± 1.21 ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่งลดลงเหลือ 22.65 ± 1.72 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งเอฟลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมสารตัวเร่งไบโอนิคลดลงน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 42 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลดอร์, เอฟ, ไบโอนิค และโหลหมักที่ไม่เติมสารตัวเร่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

4.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราในฟางข้าวหมัก โดยวิธีปั่น, วิธีเขย่า, วิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีเขย่าร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีปั่นร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง และวิธีเขย่าร่วมกับวิธีปั่นและวิธีใช้คลื่นเสียง

ในการศึกษาจำนวนเชื้อราในฟางข้าว จำเป็นต้องทำให้เชื้อราที่อยู่ในฟางข้าวแพร่กระจายออกมามากที่สุด ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปั่น, การเขย่า และการใช้คลื่นเสียงสั่นสะเทือน เป็นต้น การแยกเชื้อราโดยวิธีเหล่านี้จะทำให้เส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหลุดหรือขาดออกจากฟางข้าวได้โดยง่าย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบว่าวิธีใดจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้เชื้อราแพร่กระจายออกจากฟางข้าวมากที่สุด

4.2.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมักโดยใช้วิธีปั่น

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากับระยะเวลาที่ใช้ปั่น (รูปที่ 4.7) จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากปั่นด้วยเครื่องปั่น (ความเร็วสูงสุด กำลัง 750



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

สารตัวเร่ง

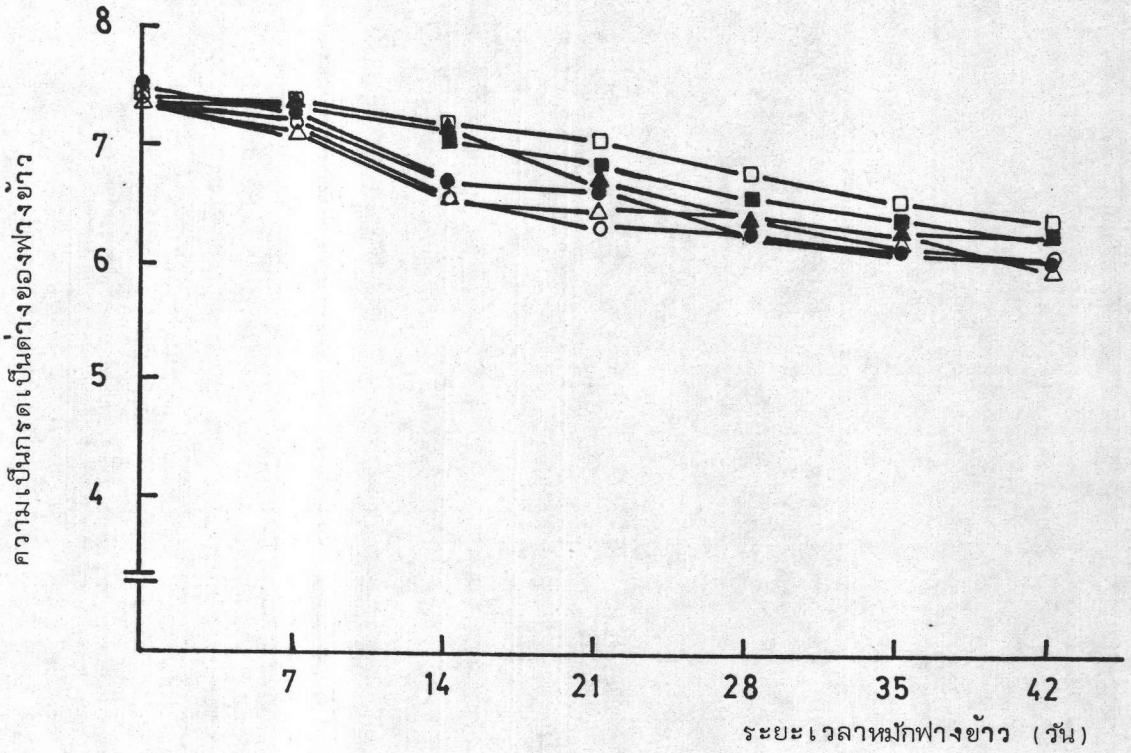
- อะโกรแมกซ์
- บีสอง
- คิโลตอร์
- เอฟ
- ไบโอนิค
- ไม่เติมสารตัวเร่ง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวเร่ง	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
เอฟ	29.47 a
อะโกรแมกซ์	29.40 a
บีล่อง	29.37 a
คิโลดอร์	29.33 a
ไบโอนิค	29.30 a
ไม่เติมสารตัวเร่ง	29.03 a
significant difference	NS
C.V. (%)	0.52

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

สารตัวเร่ง

● —— ● อะโกรแมกซ์

○ —— ○ บีล่อง

▲ —— ▲ คิโลตอร์

△ —— △ เอฟ

■ —— ■ ไบโอนิค

□ —— □ ไม่เติมสารตัวเร่ง

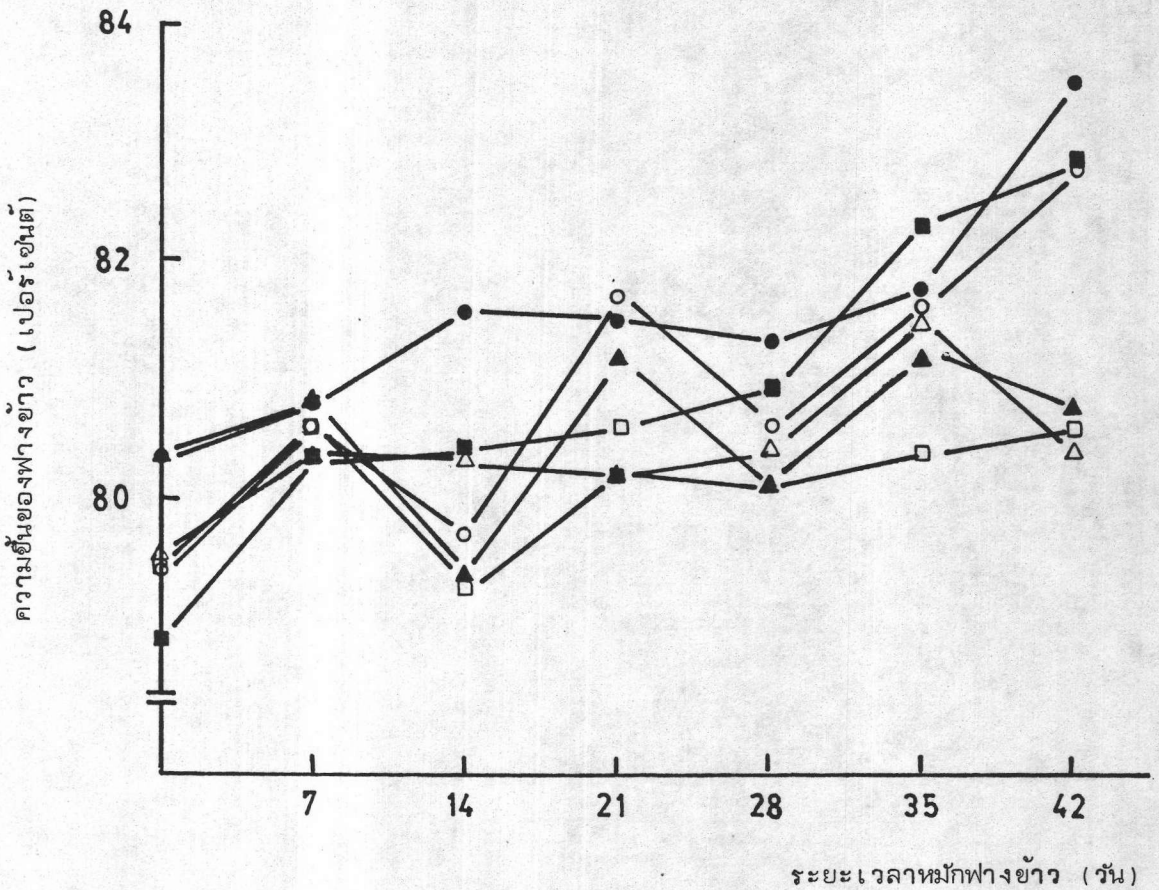
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
ไม่เติมสารตัวเร่ง	6.30 a
ไบโอนิค	6.13 ab
คิโลคอร์	6.13 ab
อะโกรแมกซ์	6.05 bc
บีสอง	6.03 bc
เอฟ	5.90 c
significant difference	*
C.V. (%)	2.19

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีสอง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

สารตัวเร่ง

- อะโกรแมกซ์
- บีสอง
- คิโลตอร์
- เอฟ
- ไบโอนิค
- ไม่เติมสารตัวเร่ง

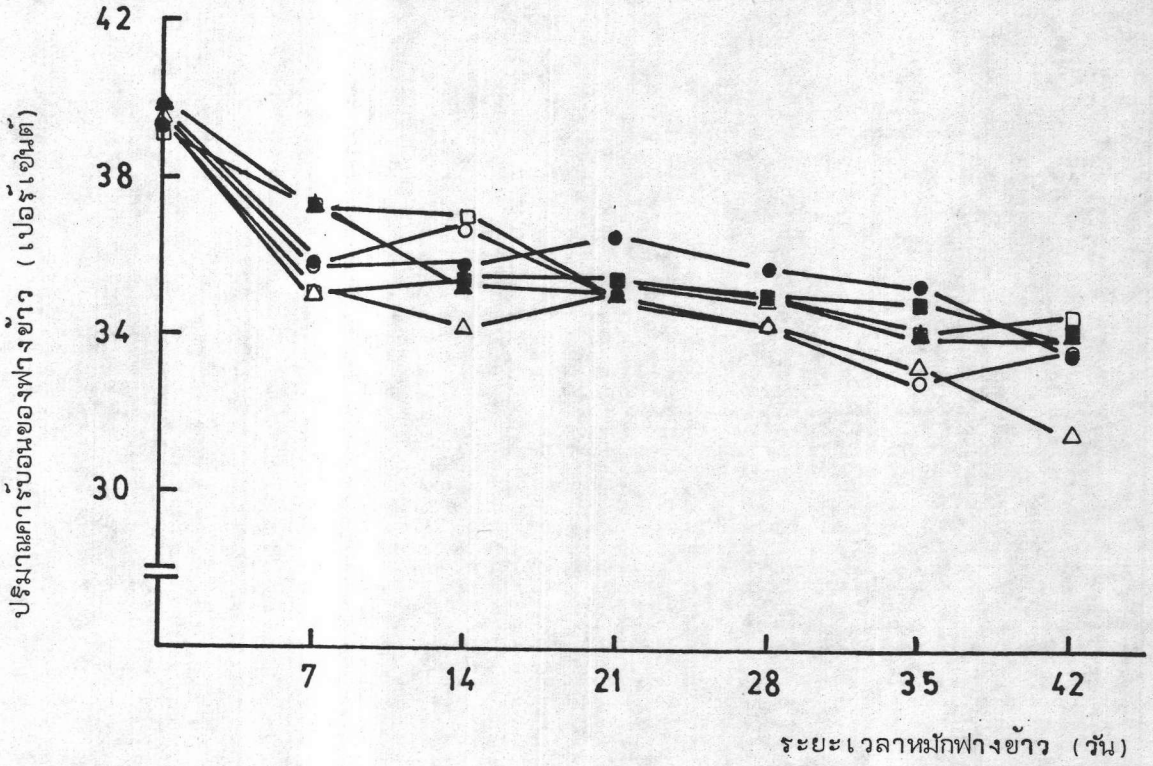
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความยืนของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวเร่ง	ค่าเฉลี่ยความยืนของฟางข้าว (เปอร์เซนต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
อะโกรแมกซ์	83.52 a
ไบโอนิค	82.84 ab
บีสอง	82.84 ab
คิโลดอร์	80.75 b
ไม่เติมสารตัวเร่ง	80.60 b
เอฟ	80.43 b
significant difference	*
C.V. (%)	1.69

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซนต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีส่อง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวอย่าง

สารตัวเร่ง

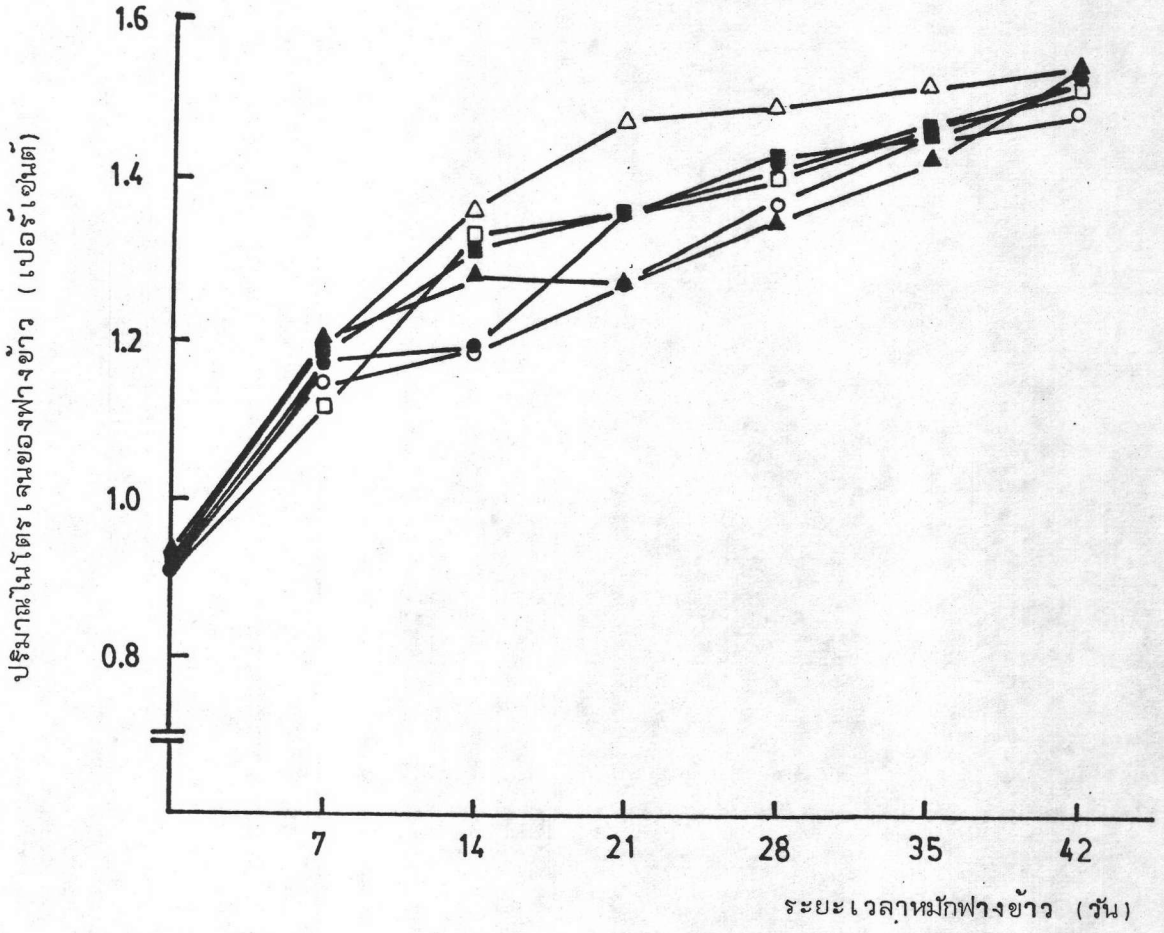
- อะโกรแมกซ์
- บีส่อง
- คิโลตอร์
- เอฟ
- ไบโอนิค
- ไม่เติมสารตัวเร่ง

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวเร่ง	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
ไม่เติมสารตัวเร่ง	34.59 a
คิโลดอร์	34.39 a
ไบโอนิค	34.24 a
บีส่อง	33.84 a
อะโกรแมกซ์	33.69 a
เอฟ	31.80 a
significant difference	NS
C.V. (%)	3.01

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, บีล่อง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

สารตัวเร่ง

● ——— ● อะโกรแมกซ์

○ ——— ○ บีล่อง

▲ ——— ▲ คิโลตอร์

△ ——— △ เอฟ

■ ——— ■ ไบโอนิค

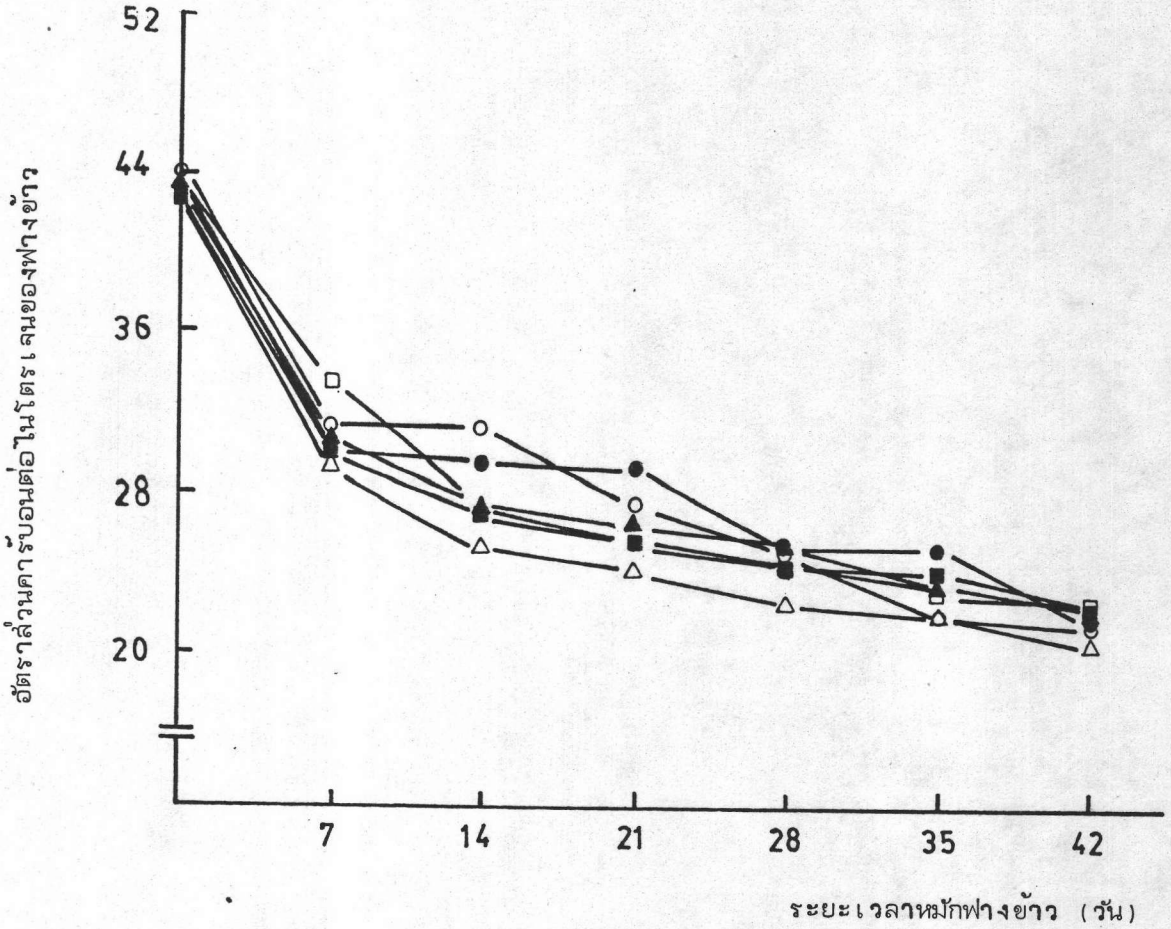
□ ——— □ ไม่เติมสารตัวเร่ง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมสารตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวเร่ง	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
คิโลดอร์	1.55 a
เอฟ	1.54 a
อะโกรแมกซ์	1.54 a
ไม่เติมสารตัวเร่ง	1.52 a
ไบโอนิค	1.50 a
บีสอง	1.49 a
significant difference	NS
C.V. (%)	1.20

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมสารตัวเร่งอะโกรแมกซ์, ปีล่อง, คิโลตอร์, เอฟ, ไบโอนิค และไม่เติมสารตัวเร่ง

สารตัวเร่ง

- อะโกรแมกซ์
- ปีล่อง
- คิโลตอร์
- เอฟ
- ไบโอนิค
- ไม่เติมสารตัวเร่ง

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคายับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมสาร ตัวเร่งต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของสารตัวเร่ง	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคายับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
ไบโอนิค	22.77 a
ไม่เติมสารตัวเร่ง	22.65 a
คิโลดอร์	22.19 a
อะโกรแมกซ์	21.97 a
บีสอง	21.70 a
เอฟ	20.75 a
significant difference	NS
C.V. (%)	3.34

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

วัตต์) เป็นระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที จะมีจำนวนโคโลนีของเชื้อราเท่ากับ 1.24×10^6, 4.04×10^6, 4.21×10^6, 5.66×10^6, 7.82×10^6, 7.78×10^6, 7.63×10^6 และ 7.52×10^6 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อราหลังจากปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นระยะเวลา 10 นาที มีจำนวนมากกว่าเชื้อราที่แยกได้หลังจากปั่นเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ

4.2.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมักโดยใช้วิธีเขย่า

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากับระยะเวลาที่ใช้เขย่า (รูปที่ 4.8) จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที จะมีจำนวนโคโลนีเชื้อรา เท่ากับ 1.11×10^6, 1.84×10^6, 2.12×10^6 3.61×10^6, 3.90×10^6, 4.88×10^6, 4.81×10^6 และ 4.63×10^6 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อราหลังจากเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นระยะเวลา 15 นาที จะมีจำนวนเชื้อรามากกว่าเชื้อราที่แยกได้หลังจากเขย่าเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 10, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ

4.2.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมัก โดยใช้วิธีสั่นสะเทือนจากคลื่นเสียง

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากับระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นสะเทือนโดยคลื่นเสียงกำลัง 40 และ 50 วัตต์ (รูปที่ 4.9) จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที จะมีโคโลนีของเชื้อราเท่ากับ 0.24×10^7, 3.85×10^7, 4.89×10^7 7.26×10^7, 6.41×10^7 และ 5.83×10^7 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ และจำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากใช้คลื่นเสียงกำลัง 50 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที จะมีโคโลนีของเชื้อราเท่ากับ 0.31×10^7, 4.23×10^7, 4.26×10^7, 5.66×10^7, 5.02×10^7 และ 4.88×10^7 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่แยกได้หลังจากใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 และ 50 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที จะมีจำนวนเชื้อราที่แยกได้มากกว่าใช้คลื่นเสียงเป็นระยะเวลา 1, 2, 4 และ 5 นาที

ตามลำดับ และการใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด ในการแยกเชื้อราด้วยวิธีนี้

4.2.4 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมักโดยใช้วิธีปั่นร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง

จากการทดลอง (รูปที่ 4.10) พบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากปั่นเป็นระยะเวลา 10 นาที และใช้คลื่นเสียงเป็นระยะเวลา 3 นาที จะมีจำนวนเชื้อรา เท่ากับ 7.46×10^7 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าว

4.2.5 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมักโดยวิธีการเขย่าร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง

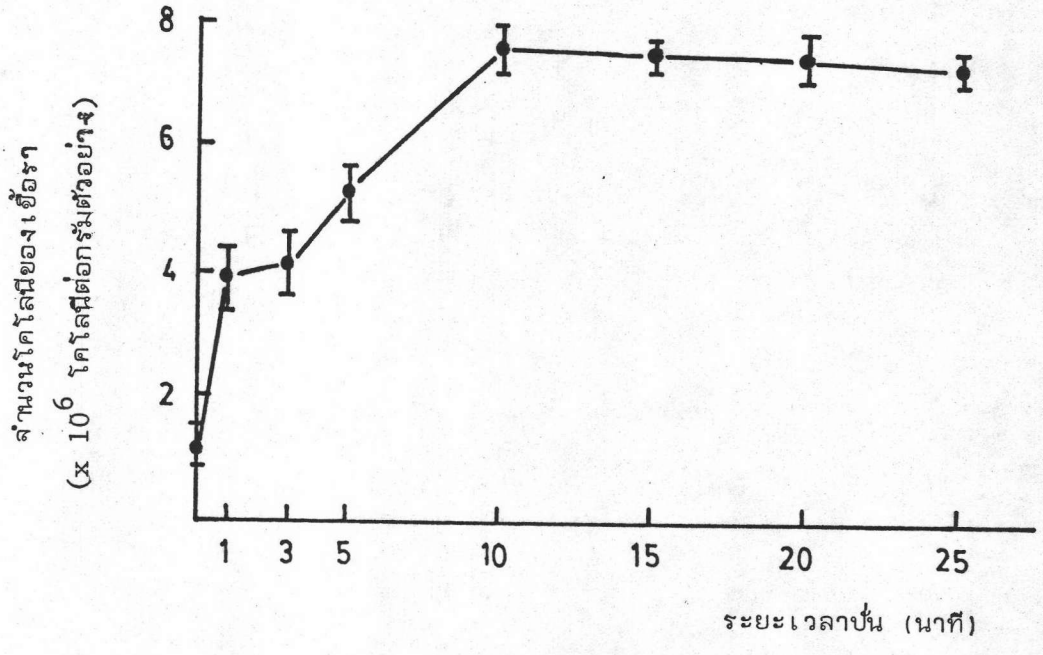
จากการทดลอง (รูปที่ 4.10) พบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากเขย่าเป็นระยะเวลา 15 นาที และใช้คลื่นเสียงเป็นระยะเวลา 3 นาที จะมีจำนวนเชื้อรา เท่ากับ 6.92×10^7 โคโลนีของเชื้อราต่อกรัมฟางข้าว

4.2.6 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราจากฟางข้าวหมัก โดยวิธีปั่น, วิธีเขย่า และวิธีใช้คลื่นเสียงร่วมกัน

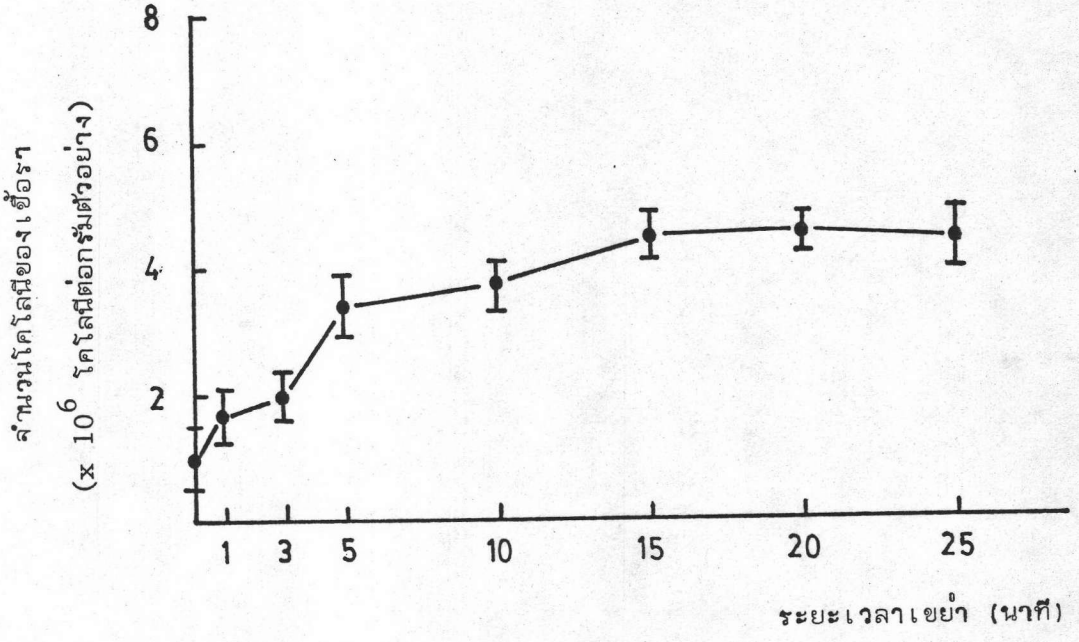
จากการทดลอง (รูปที่ 4.10) พบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้หลังจากปั่นเป็นระยะเวลา 10 นาที, เขย่าเป็นระยะเวลา 15 นาที และใช้คลื่นเสียงเป็นระยะเวลา 3 นาที จะมีจำนวนเชื้อรา เท่ากับ 7.68×10^7 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าว

4.2.7 ผลการเปรียบเทียบการแพร่กระจายของเชื้อราในฟางข้าวหมัก หลังจากใช้วิธีเขย่า, วิธีปั่น, วิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีเขย่าร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีปั่นร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง และวิธีปั่นร่วมกับวิธีเขย่าและวิธีใช้คลื่นเสียง

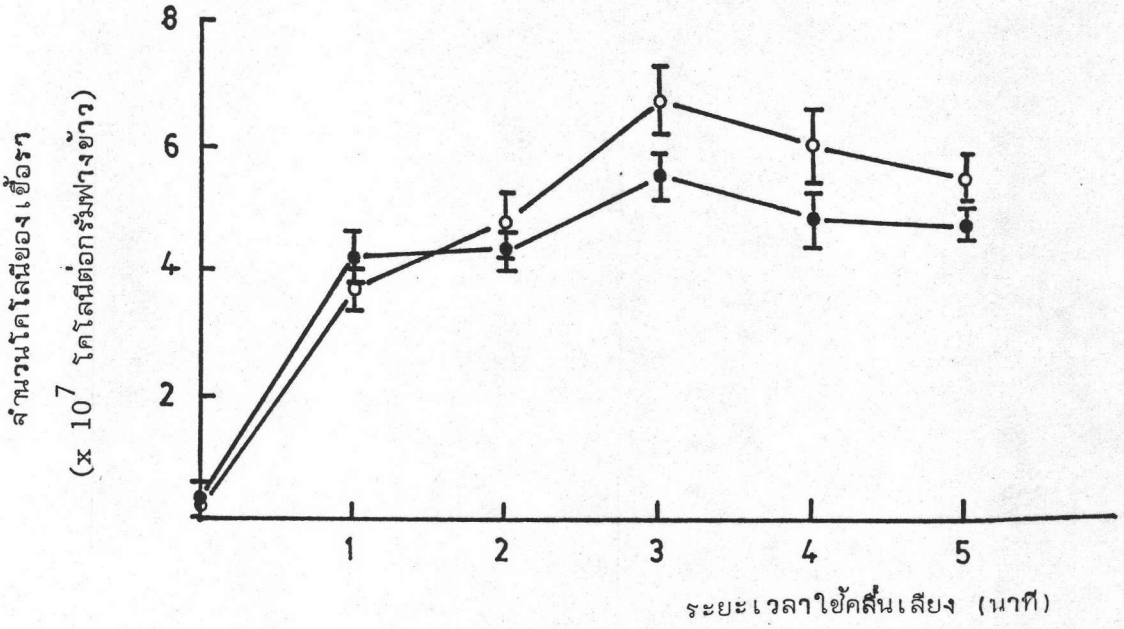
จากการทดลองเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีต่าง ๆ (ตารางที่ 4.7) พบว่า จำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีปั่น, วิธีเขย่า, วิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีเขย่าร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง, วิธีปั่นร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง และวิธีปั่นร่วมกับวิธีเขย่าและวิธีใช้คลื่นเสียง มีจำนวนเชื้อรา เท่ากับ 0.78×10^7, 0.48×10^7, 7.26×10^7, 7.20×10^7, 7.46×10^7 และ 7.68×10^7 โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีปั่นร่วมกับวิธีเขย่า และวิธีใช้คลื่นเสียง จะมีมากกว่าจำนวนเชื้อรา



รูปที่ 4.7 แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยวิธีการปั่นด้วยความเร็วสูงสุด (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลาต่างกัน



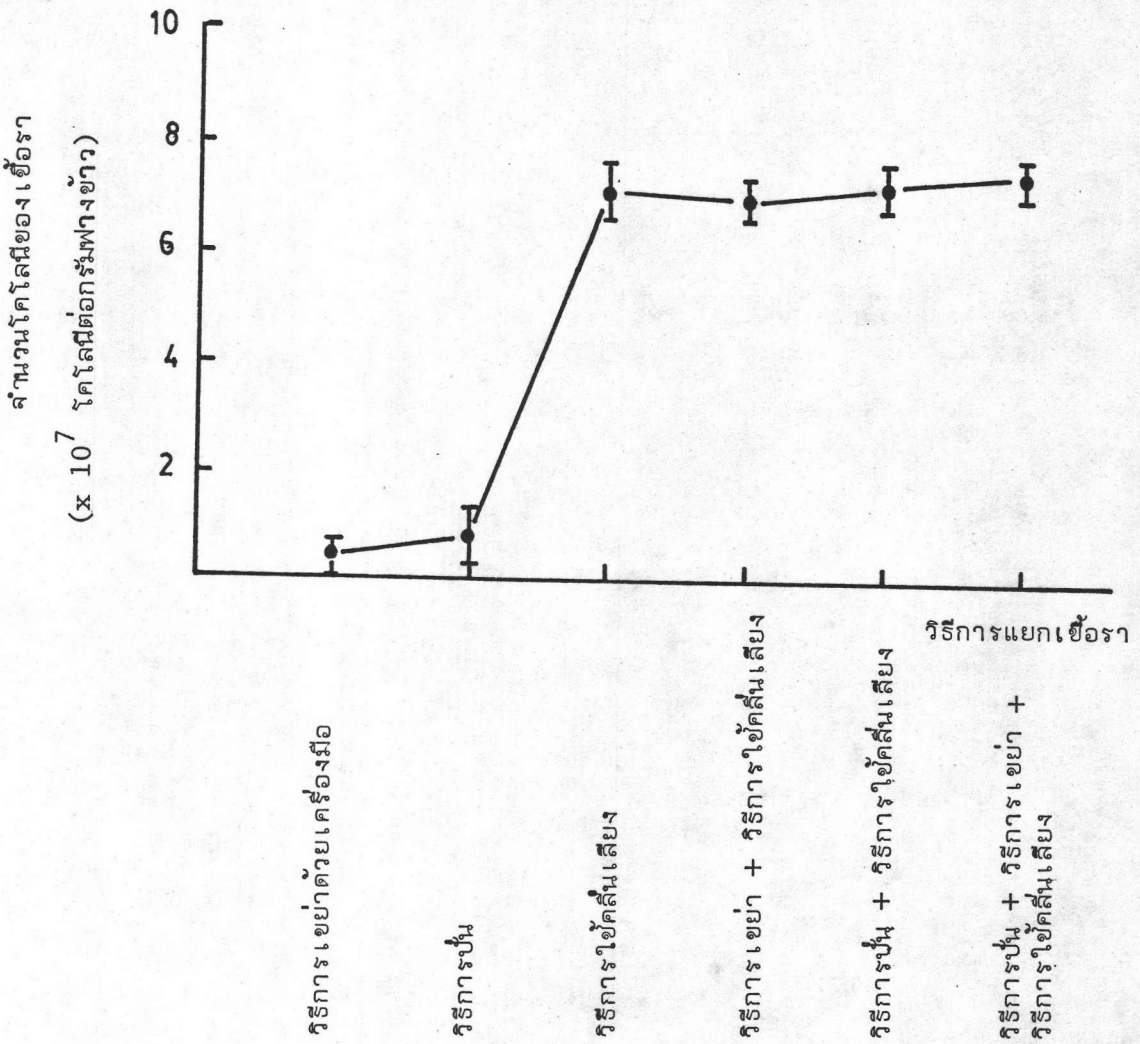
รูปที่ 4.8 แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยวิธีการเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลาต่างกัน



รูปที่ 4.9 แสดงจำนวนเชื้อราที่แยกได้ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยวิธี
ใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 วัตต์ และ 50 วัตต์ เป็นระยะเวลาต่างกัน

o——o กำลัง 40 วัตต์

●——● กำลัง 50 วัตต์



รูปที่ 4.10 สรุปเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราที่แยกได้โดยวิธีการเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที, วิธีการปั่นด้วยความเร็วสูงสุด (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที, วิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที, วิธีการเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที, วิธีการปั่นด้วยความเร็วสูงสุด (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที, วิธีการปั่นด้วยด้วยความเร็วสูงสุด (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับวิธีการเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีการใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที

ที่แยกได้โดยวิธีอื่น แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการแยกเชื้อรานานกว่าวิธีอื่น ดังนั้นเมื่อพิจารณาระยะเวลาและความรวดเร็วในการแยกเชื้อรา พบว่า วิธีใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้น และแยกเชื้อราได้จำนวนมาก

4.3 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อราที่แยกได้จากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ

ได้ทำการแยกเชื้อราจากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ รวม 8 แห่ง โดยวิธีใช้คลื่นเสียงกำลัง 40 วัตต์ เป็นระยะเวลา 3 นาที (ตารางที่ 4.8) สามารถแยกเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้ 111 เชื้อ และแยกเชื้อราที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสได้ 97 เชื้อ

4.4 ผลการศึกษาเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส

4.4.1 เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งซึ่งมีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน นำเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 111 เชื้อ และเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 97 เชื้อ มาเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า สามารถแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสได้ทั้งสิ้น 150 เชื้อ โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 74 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 76 เชื้อ แล้วทำการคัดเลือกเชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนีได้กว้างกว่า 2.87 มิลลิเมตรได้ทั้งสิ้น 84 เชื้อ โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 38 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 46 เชื้อ (ตารางที่ 4.9)

4.4.2 เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีแอลฟาเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน

นำเชื้อราที่สร้างบริเวณใสได้กว้างกว่า 2.87 มิลลิเมตร จำนวนทั้งสิ้น 84 เชื้อ จำแนกเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 38 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 46 เชื้อ มาเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีแอลฟาเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าสามารถคัดเลือกเชื้อราที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีกว้างกว่า 3.24 มิลลิเมตรได้ทั้งสิ้น 45 เชื้อ โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 24 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 21 เชื้อ (ตารางที่ 4.10)

4.4.3 เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวซึ่งมีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน

นำเชื้อราที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีกว้างกว่า 3.24 มิลลิเมตร จำนวนทั้งสิ้น 45 เชื้อ จำแนกเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 24 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 21 เชื้อ มาเลี้ยงในอาหารเหลวซึ่งมีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าเชื้อราทั้ง 45 เชื้อสามารถเจริญเติบโตและย่อยสลายกระดาษกรองได้ (ตารางที่ 4.11)

4.5 ผลการศึกษาจำนวนและการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสจากฟางข้าว

เมื่อนำเชื้อราที่เจริญได้ดีในอาหารเหลวซึ่งมีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่ามีเชื้อราอยู่ 21 เชื้อที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงกว่าเชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 (ตารางที่ 4.12) โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 9 เชื้อคือ เชื้อรารหัส A-6, A-9, B-3, C-12, C-14, E-3, F-7, G-8 และ G-13 และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 12 เชื้อ คือ เชื้อรา A-2, A-8, B-12, B-25, C-8, D-7, E-6, E-9, F-4, G-19, H-24 และ H-26 ตามลำดับ และจากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้กับเชื้อรามาตรฐาน พบว่า เชื้อรารหัส A-8 และเชื้อรารหัส B-25 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงกว่าเชื้อรามาตรฐาน และเชื้อราที่คัดเลือกได้ โดยเชื้อรารหัส A-8 สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้เท่ากับ 3.86×10^4 และ 7.04×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ สำหรับเชื้อรารหัส B-25 สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสได้เท่ากับ 2.66×10^4 และ 10.98×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ขณะที่เชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้เท่ากับ 2.42×10^4 และ 3.46×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว

4.6 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา ที่คัดเลือกได้กับขนาดความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส ของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส กับขนาดความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา โดยวิธี Multiple Correlation (Snedecor และ Cochran, 1967) พบว่าได้ค่า r (coefficient of variation) เท่ากับ 0.21 และ 0.64 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) แสดงว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับขนาดความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา โดยวิธี Multiple Correlation (Snedecor และ Cochran, 1967) พบว่าได้ค่า r เท่ากับ 0.02 และ 0.20 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) แสดงว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.8 ผลการศึกษาเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลน

นอกจากการศึกษาเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสแล้ว ยังได้ทำการศึกษาเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลน โดยนำเชื้อราที่แยกได้จากฟางข้าว-หมัก ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 111 เชื้อ และแยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 97 เชื้อ มาเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีไซแลนบริสุทธิ์เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นเวลา 10 วัน แล้วทำการวัดบริเวณใสรอบโคโลนีที่เกิดขึ้น พบว่าสามารถคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถสร้างบริเวณใสมากกว่า 1.52 มิลลิเมตร ได้ทั้งสิ้น 36 เชื้อ โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส 20 เชื้อ และเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 16 เชื้อ (ตารางที่ 4.15)

4.9 ผลการศึกษาจำนวนและการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายไซแลนจากฟางข้าว

เมื่อนำเชื้อราที่เจริญได้ดีในอาหารวุ้นแข็งที่มีไซแลนบริสุทธิ์เป็นแหล่งคาร์บอน มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่า สามารถคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงกว่าเชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 ได้ทั้งสิ้น 18 เชื้อ โดยเป็นเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 8 เชื้อ และแยกได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 10 เชื้อ (ตารางที่ 4.16)

4.10 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราที่คัดเลือกได้กับความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส กับขนาดความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา โดยวิธี Multiple Correlation (Snedecor และ Cochran, 1967) พบว่าได้ค่า r เท่ากับ 0.97 และ 0.96 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราที่คัดเลือกได้มีความสัมพันธ์กับขนาดความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.11 ผลการจำแนกเชื้อราที่คัดเลือกได้

4.11.1 ผลการแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส

จากการทดลองพบว่าเชื้อราที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา *Aspergillus* sp. นอกนั้นเป็นเชื้อรา *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp. ฯลฯ (ตารางที่ 4.17)

4.11.2 ผลการแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลน

จากการทดลองพบว่าเชื้อราที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา *Humicola* sp. นอกนั้นเป็นเชื้อรา *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. และ

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อรากับวิธีการแยกเชื้อราจากฟางข้าวหมักแหล่งต่าง ๆ

วิธีการแยกเชื้อรา	จำนวนเชื้อรา ($x. 10^7$ โคโลนีเชื้อราต่อกรัมฟางข้าวหมัก)
วิธีเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที	0.48
วิธีปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที	0.78
วิธีใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที	7.26
วิธีเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที	7.20
วิธีปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับวิธีใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที	7.46
วิธีเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 15 นาที ร่วมกับวิธีปั่น (กำลัง 750 วัตต์) เป็นระยะเวลา 10 นาที และวิธีใช้คลื่นเสียง (กำลัง 40 วัตต์) เป็นระยะเวลา 3 นาที	7.68

ตารางที่ 4.8 แสดงแหล่งของฟางข้าวที่ใช้แยกเชื้อรา

แหล่งของฟางข้าว	จำนวนเชื้อราที่แยกได้ทั้งหมด	จำนวนเชื้อราที่แยกได้ตามอุณหภูมิ		รหัสเชื้อรา
		30 องศา-เซลเซียส	45 องศา-เซลเซียส	
ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย	22	14	8	A-1 ถึง A-22
ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาตร์ บางเขน	27	8	19	B-1 ถึง B-27
สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร บางเขน	19	12	7	C-1 ถึง C-19
อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา	28	13	15	D-1 ถึง D-28
อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	24	12	12	E-1 ถึง E-24
ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร บางเขน	15	8	7	F-1 ถึง F-15
สถานีวิจัยไร่สุวรรณ	34	21	13	G-1 ถึง G-34
สถานีทดลองข้าวคลองหลวง อำเภอรังสิต	39	19	20	H-1 ถึง H-39
รวม	208	111	97	

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนเชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนี เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	การคัดเลือก	จำนวนเชื้อรา
30	เชื้อราที่นำมาทดสอบการสร้างบริเวณใสรอบโคโลนี	111
	เชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนีกว้างกว่า 2.87 ม.ม.	38
45	เชื้อราที่นำมาทดสอบการสร้างบริเวณใสรอบโคโลนี	97
	เชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนีกว้างกว่า 2.87 ม.ม.	46

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีแอลฟา เซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศา เซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศา เซลเซียส)	การคัดเลือก	จำนวนเชื้อรา
30	เชื้อราที่นำมาทดสอบการเจริญเติบโตบนอาหารที่มีแอลฟา เซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน	38
	เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีมากกว่า 3.24 ซ.ม.	24
45	เชื้อราที่นำมาทดสอบการเจริญเติบโตบนอาหารที่มีแอลฟา เซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน	46
	เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีมากกว่า 3.24 ซ.ม.	21

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	การคัดเลือก	จำนวนเชื้อรา
30	เชื้อราที่นำมาทดสอบการเจริญเติบโตในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน	24
	เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน	24
45	เชื้อราที่นำมาทดสอบการเจริญเติบโตในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน	21
	เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ในอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองเป็นแหล่งคาร์บอน	21

ตารางที่ 4.12 แสดงการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	รหัสของเชื้อรา	แหล่งที่มาของฟางข้าวที่แยกเชื้อรา	เซลลูเลสแอคติวิตี (x 10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)	คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี (x 10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)
28	QM 9414	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2.42	3.47
30	A-6	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2.60	3.48
	A-9	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2.42	3.99
	B-3	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2.46	6.25
	C-12	ตึกวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	2.61	3.76
	C-14	ตึกวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	2.64	4.69
	E-3	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	2.59	4.60
	F-7	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	2.55	3.47
	G-8	ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	2.58	6.08
	G-13	ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	2.63	4.67
45	A-2	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2.53	3.89
	A-8	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3.85	7.05
	B-12	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2.64	6.25
	B-25	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2.66	10.97
	C-8	ตึกวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	2.47	4.67
	D-7	อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา	2.49	2.73
	E-6	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	2.45	6.25
	E-9	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	2.54	3.87
	F-4	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	2.62	3.67
	G-19	ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	2.63	4.23
	H-24	สถานีวิจัยข้าวคลองหลวง รังสิต	2.44	3.52
	H-26	สถานีวิจัยข้าวคลองหลวง รังสิต	2.43	3.62

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสกับความกว้างของบริเวณใส่รอบโคโลนีเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	รหัสเชื้อรา	คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี ($\times 10^4$ หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)	ความกว้างบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา (ม.ม.)	*สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ตัวอย่าง (r)
28	QM 9414	3.45	2.87 ± 0.12	-
30	A-6	3.48	2.74 ± 0.07	r = -0.21
	A-9	3.99	3.13 ± 0.06	
	B-3	6.25	1.32 ± 0.01	
	C-12	3.76	4.18 ± 0.06	
	C-14	4.69	1.84 ± 0.12	
	E-3	4.60	4.23 ± 0.01	
	F-7	3.47	2.57 ± 0.08	
	G-8	6.08	3.92 ± 0.06	
	G-13	4.67	1.43 ± 0.05	
45	A-2	3.89	2.84 ± 0.09	r = 0.64
	A-8	7.05	3.44 ± 0.06	
	B-12	6.24	3.24 ± 0.08	
	B-25	10.97	3.25 ± 0.08	
	C-8	4.67	2.82 ± 0.03	
	D-7	4.73	2.94 ± 0.62	
	F-6	6.25	3.01 ± 0.06	
	E-9	3.87	1.48 ± 0.05	
	F-4	3.67	2.53 ± 0.07	
	G-19	4.23	2.42 ± 0.07	
	H-24	3.52	1.38 ± 0.13	
	H-26	3.62	1.23 ± 0.06	

* ถ้า r มีค่าใกล้กับ 1 แสดงว่ามีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ถ้า r มีค่าใกล้กับ 0 แสดงว่าไม่มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา ที่คัดเลือกได้ ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	ชนิดของเชื้อรา	เซลลูเลสแอคติวิตี ($\times 10^4$ หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา (ซ.ม.)	*สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ตัวอย่าง (r)
28	QM 9414	2.42	3.24 $\pm$ 0.06	-
30	A-6	2.60	2.81 $\pm$ 0.08	r = 0.02
	A-9	2.42	3.32 $\pm$ 0.02	
	B-3	2.46	3.92 $\pm$ 0.04	
	C-12	2.61	3.63 $\pm$ 0.09	
	C-14	2.64	4.01 $\pm$ 0.02	
	E-3	2.59	3.69 $\pm$ 0.13	
	F-7	2.55	2.77 $\pm$ 0.12	
	G-8	2.58	4.42 $\pm$ 0.04	
	G-13	2.63	3.12 $\pm$ 0.13	
45	A-2	2.53	2.11 $\pm$ 0.13	r = 0.20
	A-8	3.85	3.36 $\pm$ 0.04	
	B-12	2.64	3.16 $\pm$ 0.11	
	B-25	2.66	3.59 $\pm$ 0.02	
	C-8	2.47	3.89 $\pm$ 0.12	
	D-7	2.49	2.68 $\pm$ 0.04	
	E-6	2.45	4.08 $\pm$ 0.03	
	E-9	2.54	3.84 $\pm$ 0.15	
	F-4	2.62	2.89 $\pm$ 0.07	
	G-19	2.63	1.93 $\pm$ 0.12	
	H-24	2.44	1.50 $\pm$ 0.03	
	H-26	2.43	1.32 $\pm$ 0.02	

* ถ้า r มีค่าใกล้กับ 1 แสดงว่ามีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ถ้า r มีค่าใกล้กับ 0 แสดงว่าไม่มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนเชื้อราที่คัดเลือกได้ เมื่อเลี้ยงในอาหารวุ้นแข็งที่มีไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	การคัดเลือก	จำนวนเชื้อรา
30	เชื้อราที่นำมาทดสอบการสร้างบริเวณใสรอบโคโลนี	111
	เชื้อราที่สร้างบริเวณในรอบโคโลนีกว้างกว่า 1.52 ม.ม.	20
45	เชื้อราที่นำมาทดสอบการสร้างบริเวณใสรอบโคโลนี	97
	เชื้อราที่สร้างบริเวณใสรอบโคโลนีกว้างกว่า 1.52 ม.ม.	16

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสกับความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา ที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	รหัสของเชื้อรา	แหล่งที่มาของฟางข้าวที่แยกเชื้อรา	ไซลาเนสแอคติวิตี (x 10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว)	ความกว้างบริเวณใสรอบโคโลนีเชื้อรา (ม.ม.)	*สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ตัวอย่าง (r)
28	QM 9414	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1.51	1.52 ± 0.12	-
30	A-2	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1.67	2.36 ± 0.06	r = 0.97
	B-9	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	1.99	1.84 ± 0.05	
	B-14	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	1.73	1.64 ± 0.01	
	C-5	ศูนย์วิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	1.96	2.06 ± 0.09	
	E-17	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	1.76	3.42 ± 0.12	
	G-30	ศูนย์วิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	1.58	1.92 ± 0.46	
	H-12	สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	5.49	7.77 ± 0.14	
	H-15	สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	5.89	7.48 ± 0.29	
45	A-8	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1.79	4.38 ± 0.11	r = 0.96
	A-21	ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1.57	2.35 ± 0.08	
	B-11	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	1.60	3.15 ± 0.03	
	B-25	ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2.02	4.23 ± 0.04	
	C-9	ศูนย์วิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	1.58	1.84 ± 0.15	
	E-8	อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	1.91	2.51 ± 0.12	
	G-17	ศูนย์วิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	1.65	3.02 ± 0.03	
	H-6	สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	6.91	8.41 ± 0.08	
	H-14	สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	6.25	8.83 ± 0.15	
	H-30	สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	7.91	9.86 ± 0.12	

* ถ้า r มีค่าใกล้กับ 1 แสดงว่ามีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ถ้า r มีค่าใกล้กับ 0 แสดงว่าไม่มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.17 แสดงชนิดของเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งแยกได้จากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ

แหล่งที่มาของฟางข้าว	ชนิดของเชื้อราบางชนิดที่แยกได้
ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	*Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp.
ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	*Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp.
ตึกวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	*Aspergillus* sp., *Mucor* sp., *Trichoderma* sp.
อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา	*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Chaetomium* sp.
อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	*Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Fusarium* sp.
ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	*Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp.
สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	*Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp.

ตารางที่ 4.18 แสดงชนิดของราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลน ซึ่งแยกได้จากฟางข้าวแหล่งต่าง ๆ

แหล่งที่มาของฟางข้าว	ชนิดของเชื้อราบางชนิดที่แยกได้
ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	*Aspergillus* sp., *Humicola* sp., *Penicillium* sp.
ชมรมเห็ด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	*Humicola* sp., *Penicillium* sp.
ตึกวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร	*Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Humicola* sp.
อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา	*Aspergillus* sp., *Humicola* sp., *Fusarium* sp.
อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี	*Alternaria* sp., *Trichoderma* sp.
ตึกวิจัยเห็ด กรมวิชาการเกษตร	*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Humicola* sp.
สถานีทดลองข้าวคลองหลวง รังสิต	*Humicola* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp.

Fusarium sp. ฯลฯ (ตารางที่ 4.18)

4.11.3 ลักษณะของเชื้อราที่คัดเลือกได้

จากการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส์ พบว่าเชื้อรารหัส A-8 และเชื้อรารหัส B-25 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงกว่าเชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 และเชื้อราอื่น ๆ ที่คัดเลือกได้ เมื่อนำเชื้อราทั้งสองชนิดมาจำแนกชนิด (genus) โดยวิธีของ Raper และ Fennell (1977) พบว่าเชื้อราทั้ง 2 ชนิดเป็นเชื้อรา *Aspergillus* sp. และจากการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายไซแลน พบว่า เชื้อรารหัส H-30 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงกว่าเชื้อรามาตรฐาน *Trichoderma viridae* QM 9414 และเชื้อราอื่น ๆ ที่คัดเลือกได้ เมื่อนำเชื้อรามาจำแนกชนิด โดยวิธีของ Griffon และ Maublanc (1911) พบว่าเป็นเชื้อรา *Humicola* sp. และเมื่อทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราทั้งสามชนิด พอสรุปได้ดังนี้

4.11.3.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8)

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร Czapek's Solution Agar เจริญค่อนข้างเร็ว โดยเส้นใยจะแผ่ไปบนพื้นที่ผิวของอาหาร (รูปที่ 4.11) มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีประมาณ 7 ถึง 8 เซนติเมตร เมื่ออายุได้ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ใต้โคโลนีจะมีสีเขียวปนเหลือง เส้นใยสีขาวฝังอยู่ในอาหารทำให้โคโลนีมีลักษณะคล้ายลักหลาดหรือคล้ายกำมะหยี่และไม่มีแถบ (valveety-azonate colony) หัวของคอนนิเดียร์ (conidial head) เมื่อแรกเกิดจะมีสีขาว ต่อมาเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีสีเขียวหรือเขียวปนเทา หัวของคอนนิเดียร์ตั้งตรงและค่อนข้างอยู่กันอย่างแน่น ก้านชูคอนนิเดียร์ (conidiophore) ส่วนใหญ่ค่อนข้างสั้น ผิวเรียบ มีความยาว 300 ไมครอน (μ) และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 ไมครอน เฉพาะส่วนบนเท่านั้นที่เป็นบริเวณเจริญพันธุ์ (fertile area) ส่วนนี้ไม่มีผนังกั้นแยกจากก้านชูคอนนิเดียร์ เวสซิเคิล (vesicle) ของเชื้อรามีลักษณะคล้ายฟลาคก์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ไมครอน คอนนิเดียร์ของเชื้อรา มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ไมครอน ไม่พบ sclerotia และ cleistothecia (รูปที่ 4.12)

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร Malt Extract Agar เจริญค่อนข้างเร็วคล้ายกับการเจริญบน Czapek's Solution Agar (รูปที่ 4.13) แต่ส่วนใหญ่แล้วเจริญเร็วกว่า โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 ถึง 10 เซนติเมตร เมื่ออายุได้ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เส้นใยสีขาวฝังอยู่ในอาหารลักษณะเหนียวหนาและเรียบมีเส้นใยแผ่คลุมหัวของคอนนิเดียร์ และก้านชูคอนนิเดียร์ที่โผล่มาเหนืออาหารทำให้โคโลนีมีลักษณะคล้ายลักหลาดไม่มีแถบ หัวของคอนนิเดียร์เมื่อแรกเกิดจะมีสีขาวเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นใน Czapek's Solution Agar แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและสีเขียวปนเทา ตามลำดับ หัวคอนนิเดียร์เป็นรูปแท่งใต้โคโลนีเชื้อรามีสีเขียวปนเหลือง จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรารหัส A-8 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น พอสรุปได้ว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) มีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* Fresenius (Raper และ Fennell, 1977)

4.11.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25)

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร Czapek's Solution Agar เจริญค่อนข้างช้า (รูปที่ 4.14) มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีประมาณ 3 ถึง 5 เซนติเมตร เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 14 วัน ในตอนแรกโคโลนีจะมีสีขาวและค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โคโลนีมีลักษณะผิวหน้าย่นฝังลึกลงไปในอาหาร มีการสร้างสปอร์เป็นจำนวนมากจากเส้นใยที่อยู่บนผิวของอาหาร และเส้นใยที่อยู่เหนืออาหาร ส่วนใหญ่แล้วเส้นใยจะมีสีเหลืองปนส้ม มีก้านชูคอนนิเดียร์ยาว และมีผนังของเส้นใยค่อนข้างหนาเรียกว่า hülle cell มีการสร้างสารบางอย่างออกมา (exudate) เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดลักษณะคล้ายหยดน้ำเกาะติดอยู่กับเส้นใยซึ่งมีผลทำให้เส้นใยมีสีเกิดขึ้น อาจเป็นสีเหลืองอำพันอ่อนหรือแก่ บางครั้งพบว่าเส้นใยเหล่านี้อาจมีสีเหลืองปนน้ำตาล หรือสีแดงอมน้ำตาล แต่บางครั้งอาจพบว่าเส้นใยมีสีดำก็ได้ เชื้อราสายพันธุ์นี้จะไม่มีกลิ่นเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อราสายพันธุ์อื่น หัวของคอนนิเดียร์มีลักษณะการเรียงตัวกันอย่างไม่แน่น (loosely columnar) ก้านชูคอนนิเดียร์ส่วนใหญ่ค่อนข้างสั้น มีสีเหลืองปนน้ำตาล มีความยาว 150 ถึง 180 ไมครอน เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ถึง 80 ไมครอน โดยทั่วไปก้านชูคอนนิเดียร์มีความยาว 500 - 800 ไมครอน กว้างประมาณ 5.5 ถึง 8.0 ไมครอน เมื่อเชื้อรามีอายุมากขึ้น ความยาวของ

ก้านชูคอนนิเดียร์ อาจจะยาวถึง 2 ถึง 3 มิลลิเมตร ผนังเซลของเชื้อราค่อนข้างหนา และมีผิวเรียบ (1.0 ถึง 1.5 ไมครอน) เมื่อมองดูจากกล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีสีเหลืองอมน้ำตาล เวสซิเคิล (vesicle) จะมีรูปร่างคล้ายฟลาคก์ (flask) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ไมครอน คอนนิเดียร์มีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ไมครอน ไม่พบ sclerotia และ cleistothecia (รูปที่ 4.15)

ลักษณะโคโลนีบน Malt Extract Agar เจริญได้ดีกว่าบน Czapek's Solution Agar (รูปที่ 4.16) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ถึง 4 เซนติเมตร เมื่ออายุได้ 10 ถึง 14 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โคโลนีมีลักษณะคล้ายกำมะหยี่ และมีเส้นใยฝังติดอยู่กับพื้นผิวอาหาร มีการสร้างสปอร์เป็นจำนวนมาก และเมื่อมีการสร้างเมือกออกมา จะทำให้โคโลนีมีสีเข้มขึ้น แต่เมื่อไม่มีการสร้างเมือกจะพบว่าโคโลนีมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนคอนนิเดียร์มีความยาวประมาณ 200 ไมครอน เมื่อเชื้อรามีอายุมากขึ้น จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น พอสรุปได้ว่าเชื้อราชนิดนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อรา *Aspergillus flavipes* (Raper และ Fennell , 1977)

4.11.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ลักษณะโคโลนีบน Potato Dextrose Agar เจริญได้ดี (รูปที่ 4.17) โคโลนีมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ คล้ายปุยฝ้ายหรือสักหลาด โคโลนีอาจเป็นสีน้ำตาล, เขียวอมน้ำตาล, สีเนื้อหรือสีดำอมน้ำตาล เส้นใยบางส่วนเจริญอยู่บริเวณผิวหน้าอาหาร หรือบางส่วนโผล่ขึ้นมาเหนืออาหาร ก้านชูสปอร์มีขนาดเล็กมาก คล้ายกับ micronematous หรือ semimacronematous ก้านชูสปอร์ส่วนใหญ่จะตั้งตรงหรืองอ ไม่มีสีหรืออาจมีสีน้ำตาล ผิวเรียบ คอนนิเดียร์จะเป็นแบบ monoblastic conidia มีลักษณะค่อนข้างกลม (spherical) หรือเกือบกลม (subspherical) มีสีดำหรือสีน้ำตาลดำ ก้านชูสปอร์มีความหนาประมาณ 1.5 ถึง 2.5 ไมครอน คอนนิเดียร์เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีผิวค่อนข้างหยาบ มีสีน้ำตาลปนดำ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 ถึง 12 ไมครอน (รูปที่ 4.18)

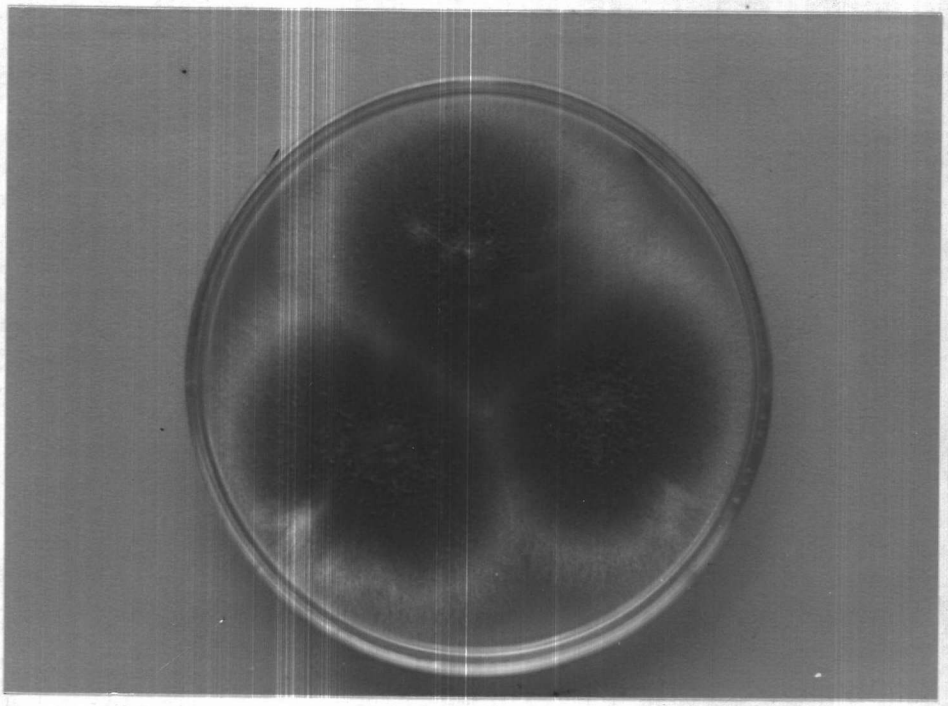
ลักษณะโคโลนีบน Peptone Glucose Agar เจริญได้ดี (รูปที่ 4.19) โคโลนีจะเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เป็นสีน้ำตาลแดง เส้นใยมีสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีส้ม ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการสร้างสปอร์เล็กน้อยที่อุณหภูมิ 35

องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตคือ 40 ถึง 55 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เชื้อราจะสร้างสปอร์ได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tendler and Burkholder Medium IA แต่จะสร้างสปอร์ได้น้อยในอาหาร Peptone Glucose Agar จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สรุปได้ว่า เชื้อราชนิดนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อรา *Humicola lanuginosus* (Griffon และ Maublanc, 1911)

5. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ดังต่อไปนี้

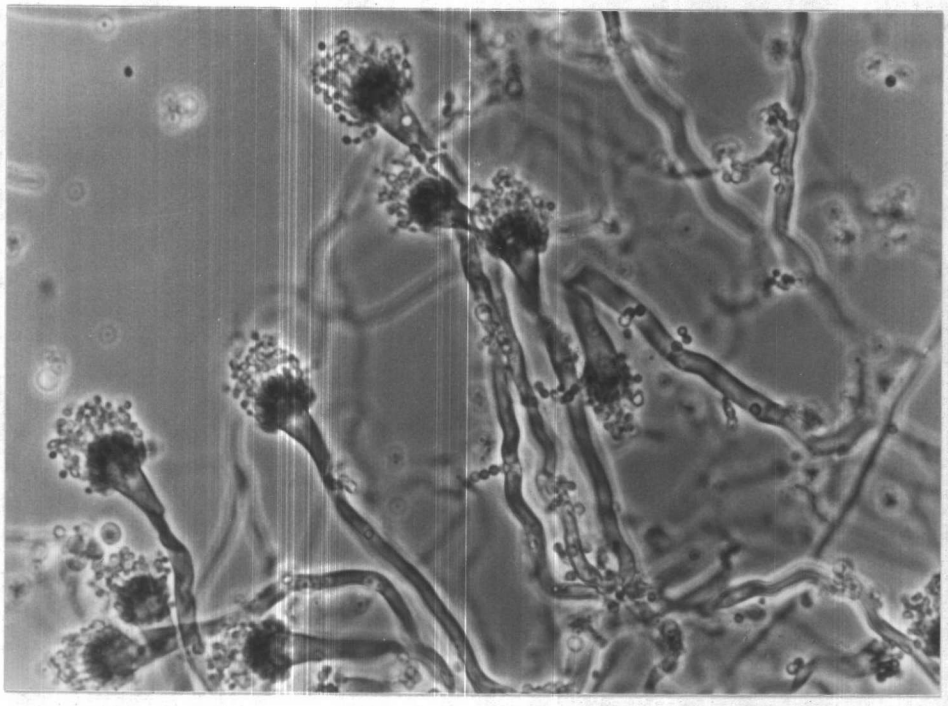
5.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการนำเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.1 (รูปที่ 4.20, 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ) และติดตามการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส โดยนำเอนไซม์มาบ่มกับสารละลายแอลฟาเซลลูโลส ทำการวัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สมมูลย์กับกลูโคสมาตรฐาน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.10 (รูปที่ 4.23) พบว่า เมื่อบ่มเชื้อราเป็นระยะเวลา 12 วัน เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดเท่ากับ 12.08×10^4 และ 11.56×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และหลังจากบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราทั้งสองสายพันธุ์จะลดลงตามลำดับ แต่สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าต้องใช้ระยะเวลานานถึง 14 วัน จึงจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 1.08×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว และหลังจากบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

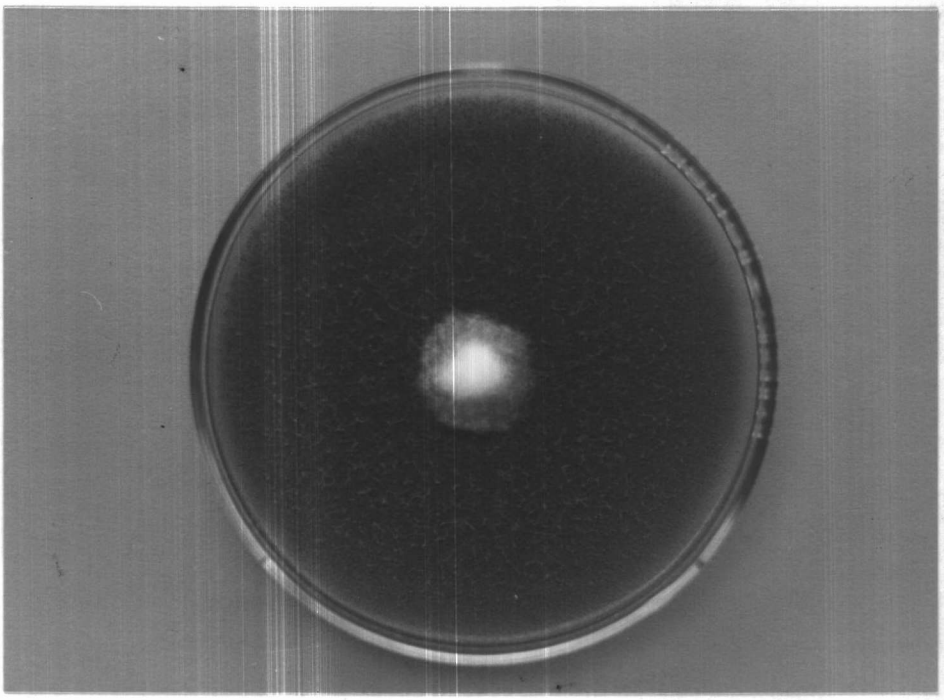


หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

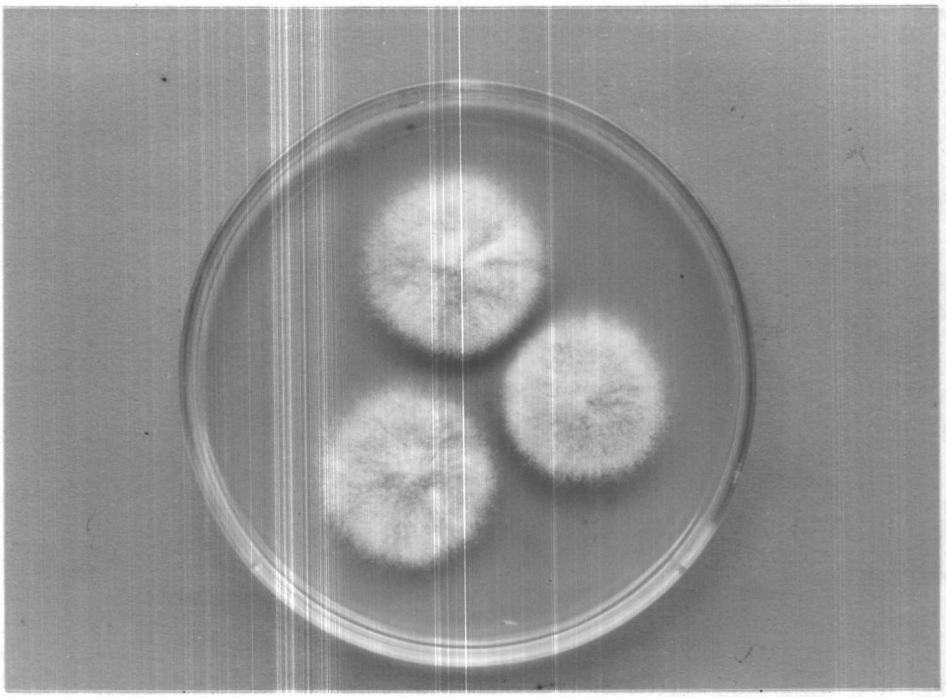
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส A-8 บนอาหาร Czapek's Solution Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศา เซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน



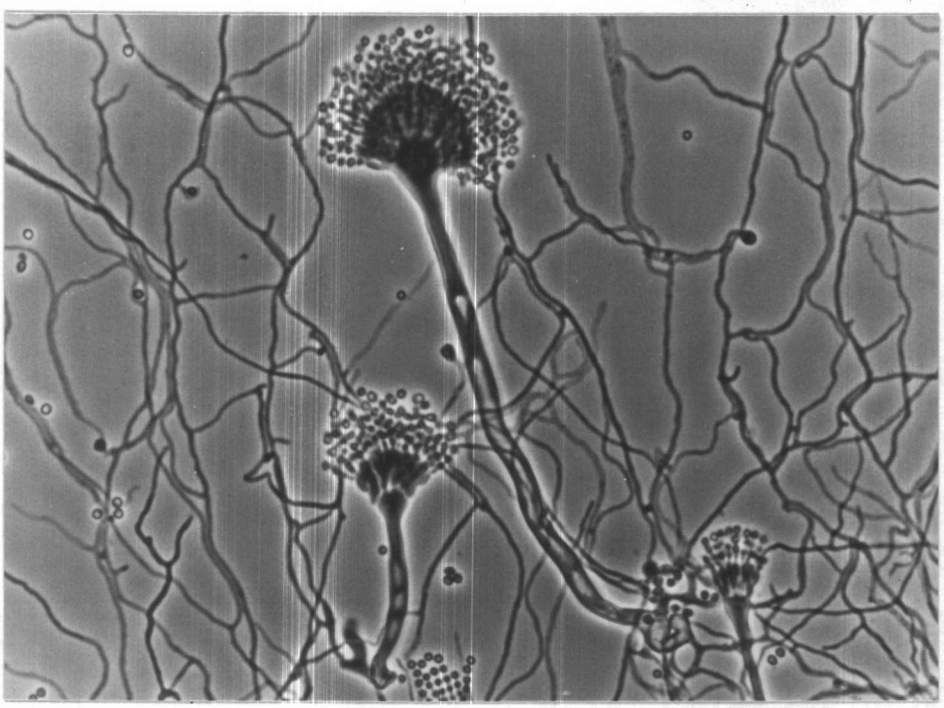
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหัส A-8 (400 x) บนอาหาร Czapek's Solution Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศา เซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน



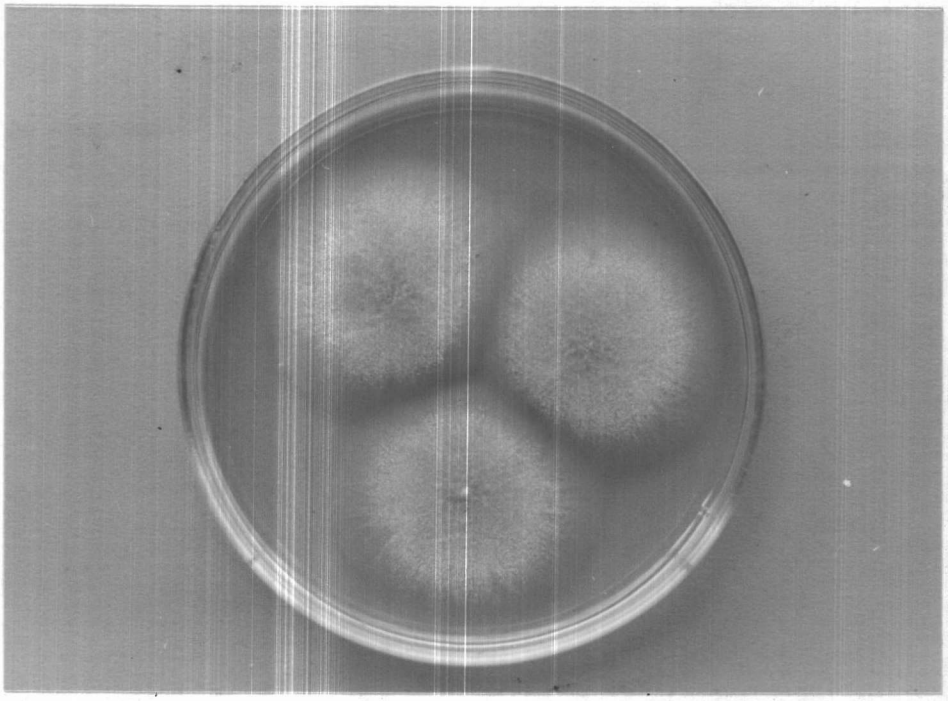
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรารหัส A-8 บนอาหาร Malt Extract Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน



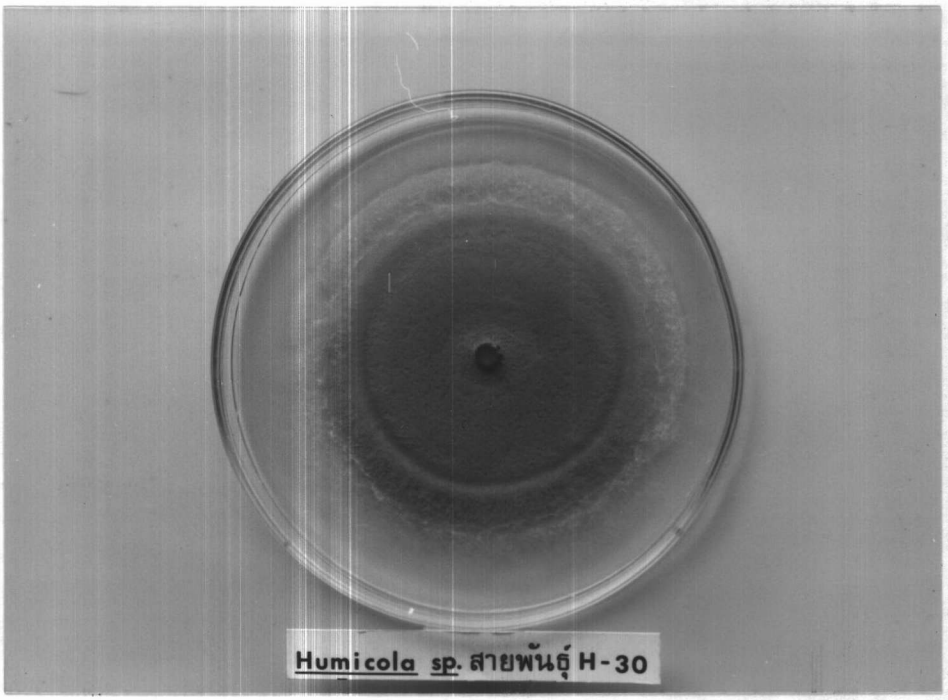
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรารหัส B-25 บนอาหาร Czapek's Solution Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน



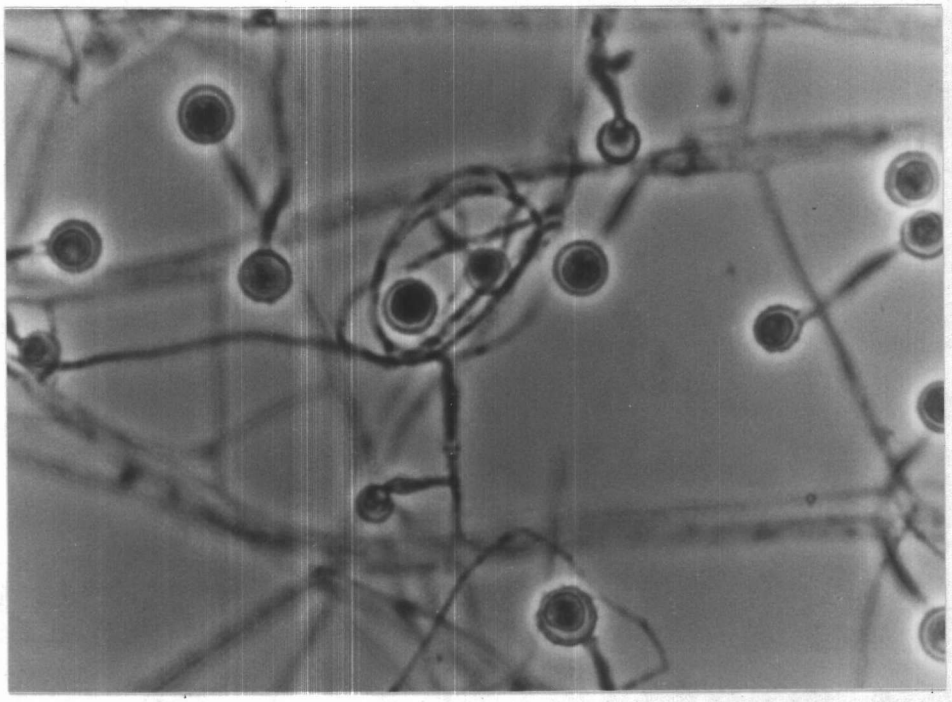
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราหัส B-25 (400 x) บนอาหาร Czapek's Solution Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส B-25 บนอาหาร Malt Extract Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

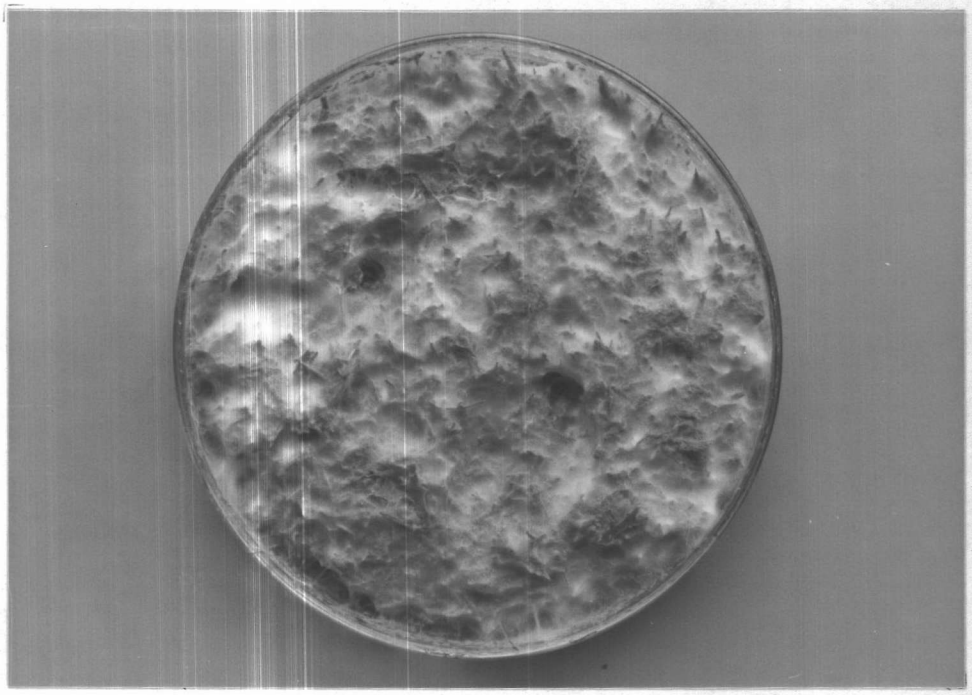


รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราร์หัส H-30 บนอาหาร Potato Dextrose Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



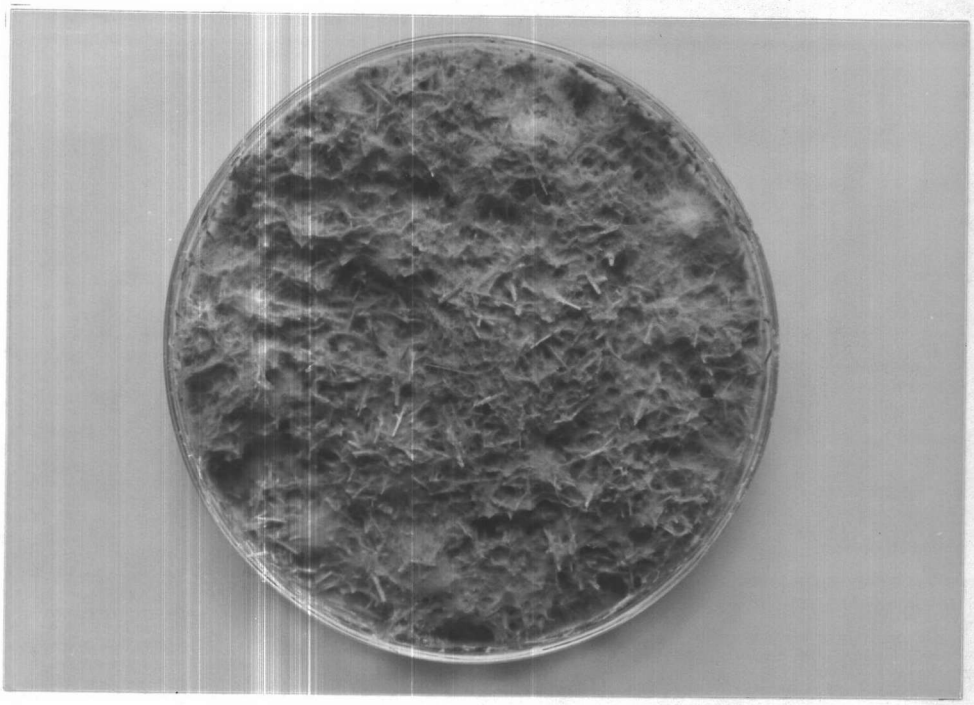
รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราร์หัส H-30 (400 x) บนอาหาร Potato Dextrose Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อราหัส H-30 บนอาหาร Peptone Glucose Agar เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน



รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อรา รหัส A-8 บนอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน

รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อรา รหัส B-25 บนอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน



รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อรา รหัส H-30 บนอาหารที่มีฟางข้าว เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน

5.2 ผลการศึกษาการเจริญและการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ได้ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อราโดยวัดจากปริมาณกลูโคซามีนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลอง ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.2 (รูปที่ 4.24) เมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เป็นระยะเวลา 10, 12 และ 12 วัน ตามลำดับ พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 12.61, 13.84 และ 18.28 มิลลิกรัมกลูโคซามีนต่อกรัมฟางข้าว ขณะที่มีการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้เท่ากับ 9.12×10^4, 10.42×10^4 และ 1.16×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

5.3 ผลการศึกษาชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสของเอนไซม์ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารประกอบไนโตรเจนต่างชนิดกัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.3 (รูปที่ 4.25) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 20.24×10^4 และ 15.18×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับเมื่อใช้แอมโมเนียมซิเตรต, แอมโมเนียมซัลเฟต, แอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมอะซิเตต, ยูเรีย และแคลเซียมไซยาไนด์ เป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 3.36×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมซิเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต, แคลเซียมไซยาไนด์, ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต, แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมอะซิเตต เป็นแหล่งไนโตรเจน

5.4 ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิในการบ่มเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ และจากการบ่มเชื้อราที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.4 (รูปที่ 4.26) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 23.0×10^4 และ 16.06×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส์ แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส์ การผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์จะลดลง แต่จะไม่มีการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์เลย เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส์ สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 3.38×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส์ แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 40, 50 และ 55 องศาเซลเซียส์ การผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์จะลดลง และจะไม่มีการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์เลยเมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส์

5.5 ผลการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีการปรับความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวให้มีค่าตั้งแต่ 3.0 ถึง 7.0 ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.5 (รูปที่ 4.27) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 5.68×10^4 และ 2.30×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 แต่เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 พบว่า การผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 0.50×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อเลี้ยงในฟางข้าวที่มีความ

เป็นกรดเป็นด่าง เริ่มต้นเท่ากับ 6.0 แต่การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลง เมื่อเลี้ยงเชื้อรา ในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง เริ่มต้นเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.5 และ 7.0 ตามลำดับ

5.6 ผลการศึกษาจำนวนสปอร์เริ่มต้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาจำนวนสปอร์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.6 (รูปที่ 4.28) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 10.04×10^5 และ 5.88×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นเท่ากับ 2×10^4 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นเท่ากับ 2×10^2, 2×10^3, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7, 2×10^8 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 0.52×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^8 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นเท่ากับ 2×10^2, 2×10^3, 2×10^4, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

5.7 ผลของความชื้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่า ความชื้นจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการศึกษาความชื้นของฟางข้าวตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.7 (รูปที่ 4.29) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 10.68×10^5 และ 6.12×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75,, 77, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 1.16×10^5

หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

5.8 ผลของขนาดฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ขนาดของฟางข้าวมักจะมีอิทธิพลต่อการผลิตเอนไซม์ โดยทั่วไปฟางข้าวที่มีขนาดเล็กจะมีผลทำให้เชื้อรามีการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้มากกว่าการใช้ฟางข้าวขนาดใหญ่ จากการศึกษาขนาดของฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.8 (รูปที่ 4.30) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 10.54×10^5, 6.82×10^5 และ 1.30×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร แต่ถ้าใช้ฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 1, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิเมตร พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

5.9 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนเตรตที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสของเอนไซม์เซลลูเลสซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.9 (รูปที่ 4.31) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 10.84×10^5, 7.62×10^5 และ 1.48×10^5 หน่วยต่อกรัม-ฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

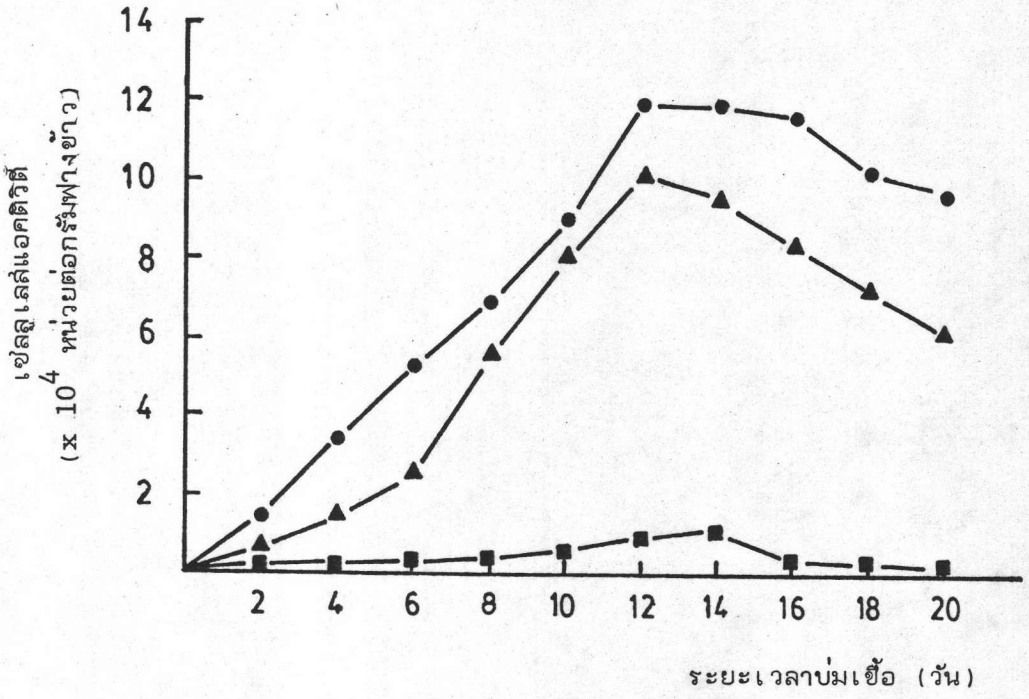
5.10 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส หลังจากทราบสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ได้แล้ว จึงทำการบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ในสภาพที่เหมาะสม ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.10 (รูปที่ 4.32) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 12.16×10^5 และ 7.84×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ระยะบ่มเชื้อรานาน 12 วัน แต่เมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดเท่ากับ 1.72×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อนาน 13 วัน และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

6. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

นอกจากเซลลูโลสจะเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของฟางข้าวแล้ว พบว่าเฮมิเซลลูโลสก็เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากรองจากเซลลูโลส โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อนำมาย่อยสลายเซลลูโลส จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสขึ้นมาใช้ในการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสได้อีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำการวัดประสิทธิภาพของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราที่คัดเลือกได้ ในขณะที่มีการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส

6.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการนำเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มาเลี้ยงในอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.1 และติดตามการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสโดยนำเอนไซม์มาบ่มกับสารละลายไซแลน 1 เปอร์เซ็นต์ ทำการวัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์สมมูลย์กับไซโลสมาตรฐาน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.1



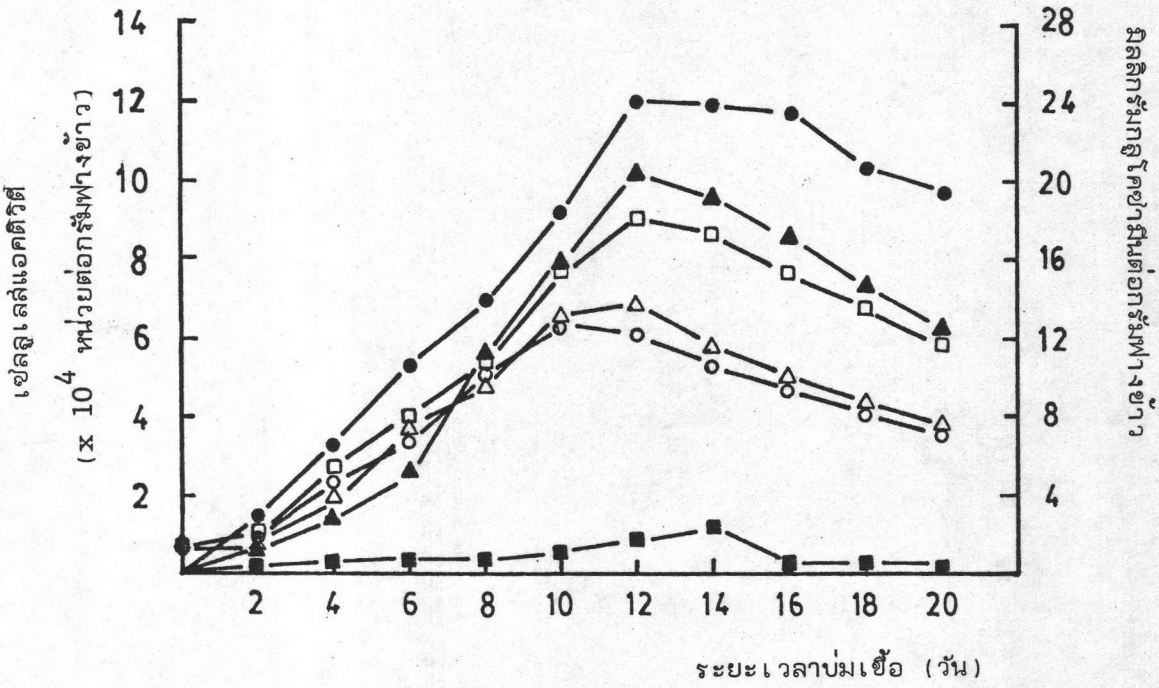
รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบแอคติวิตี้ของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.1)

เซลลูเลสแอคติวิตี้

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.2)

การเจริญเติบโต

o——o *Aspergillus* sp. (A-8)

Δ——Δ *Aspergillus* sp. (B-25)

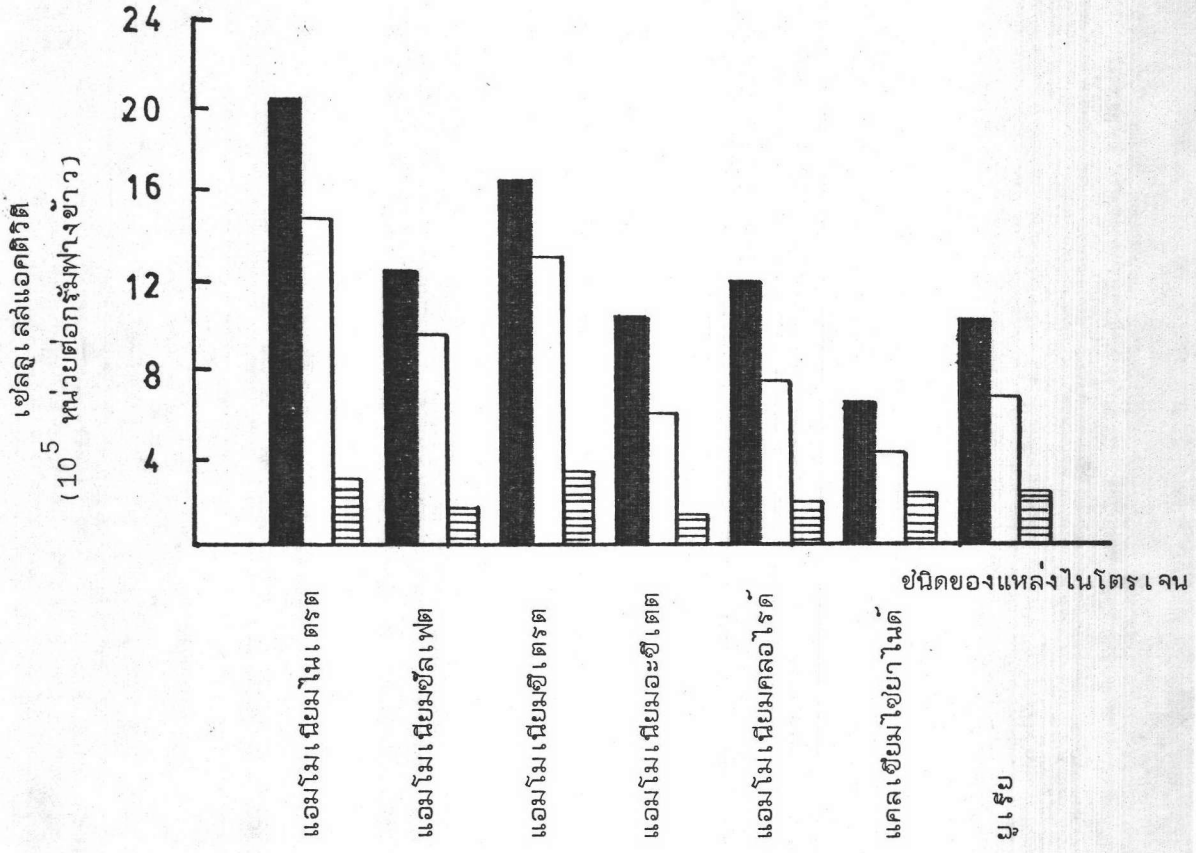
□——□ *Humicola* sp. (H-30)

เซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



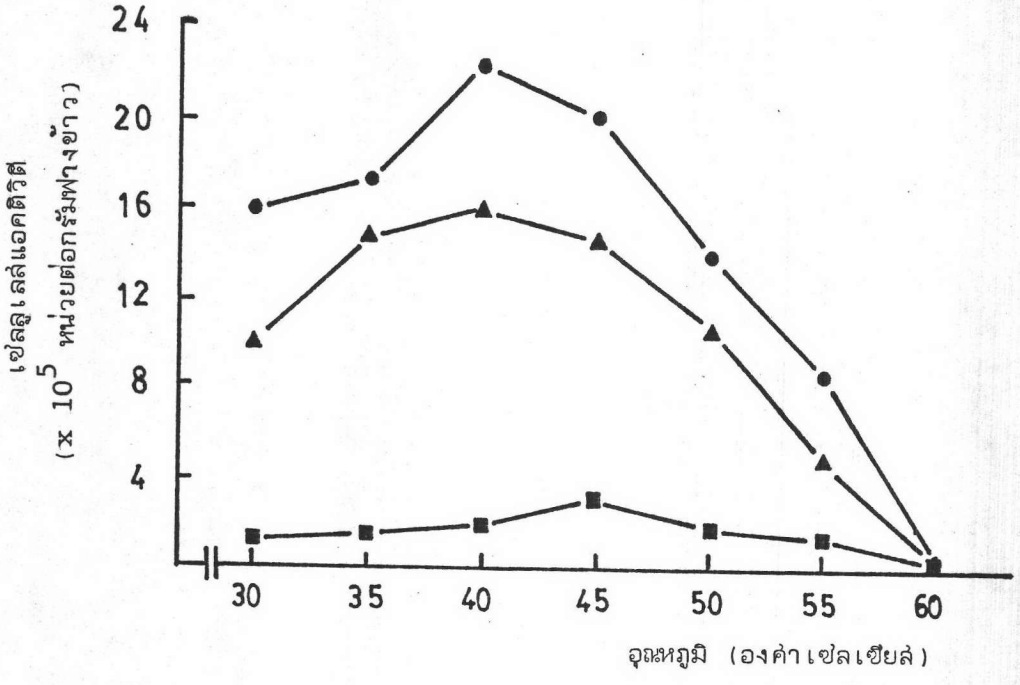
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.3)

เซลลูเลสแอคติวิตี

■ *Aspergillus* sp. (A-8)

□ *Aspergillus* sp. (B-25)

▤ *Humicola* sp. (H-30)



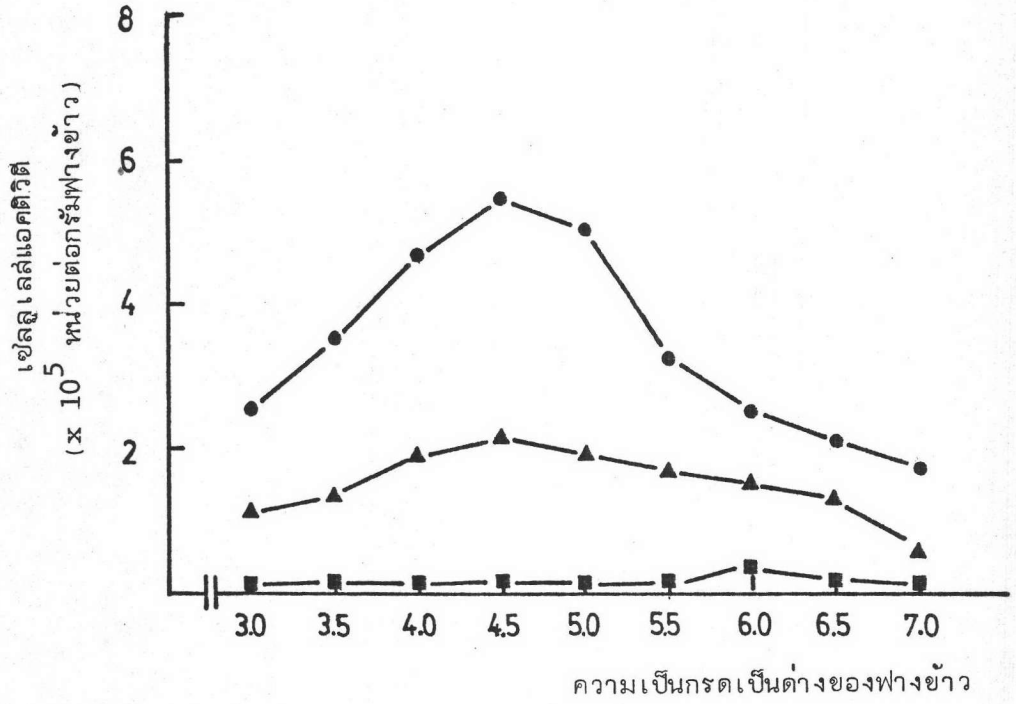
รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิที่ต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.4)

เซลลูเลส์แอคติวิตี

● ——— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ ——— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ ——— ■ *Humicola* sp. (H-30)



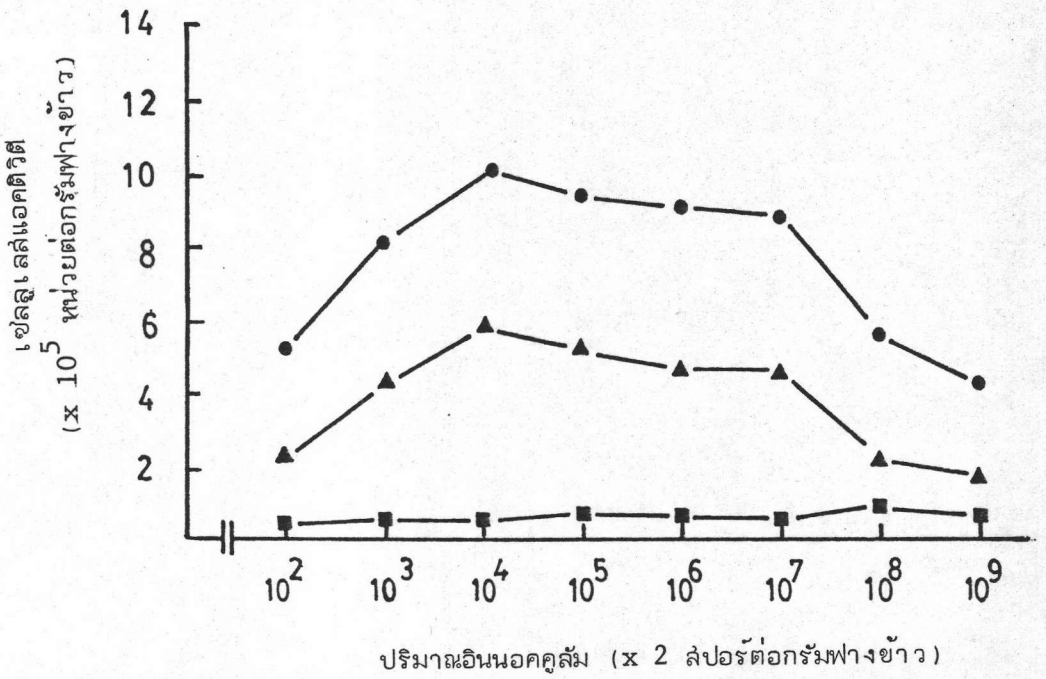
รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.5)

เซลลูเลสแอคติวิตี

● —— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ —— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ —— ■ *Humicola* sp. (H-30)



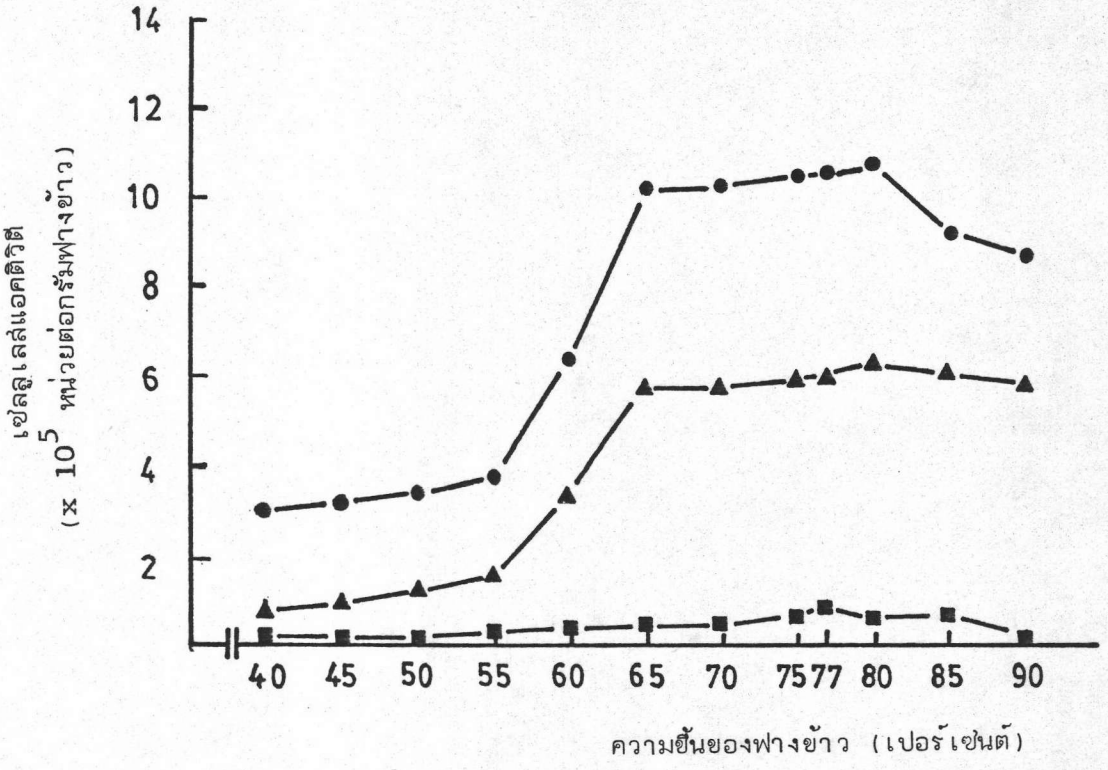
รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.6)

เซลลูเลสแอคติวิตี

● —— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ —— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ —— ■ *Humicola* sp. (H-30)



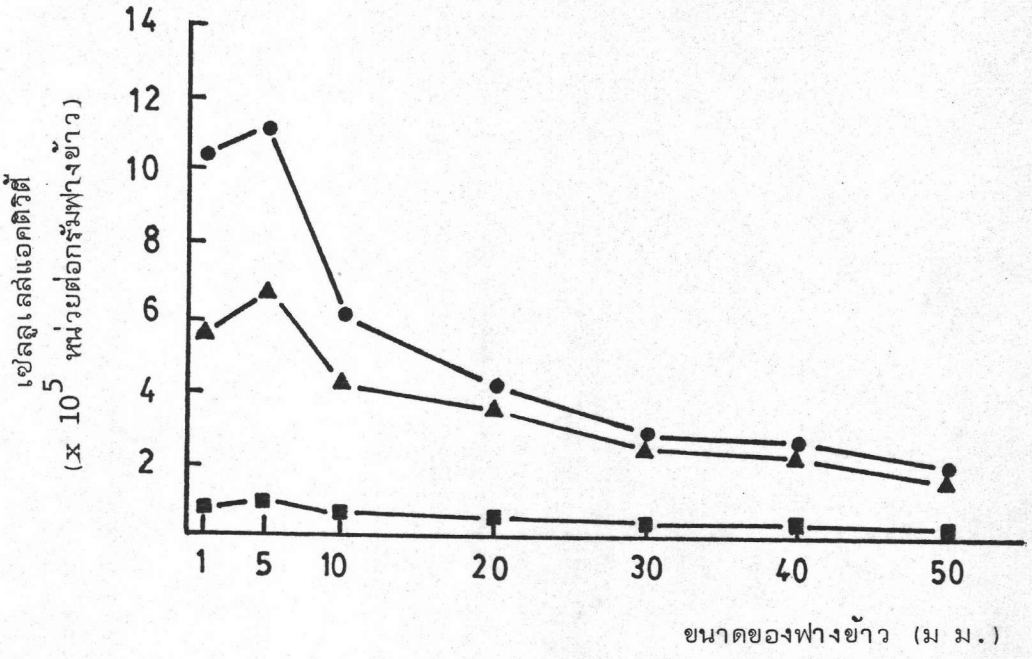
รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.7)

เซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



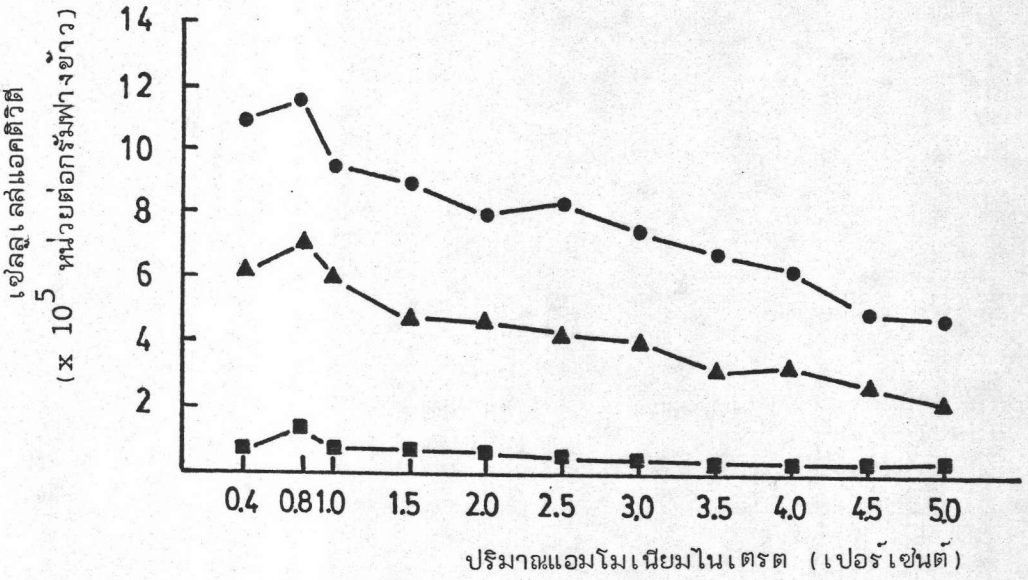
รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.8)

เซลลูเลส์แอคติวิตี

● —— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ —— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ —— ■ *Humicola* sp. (H-30)



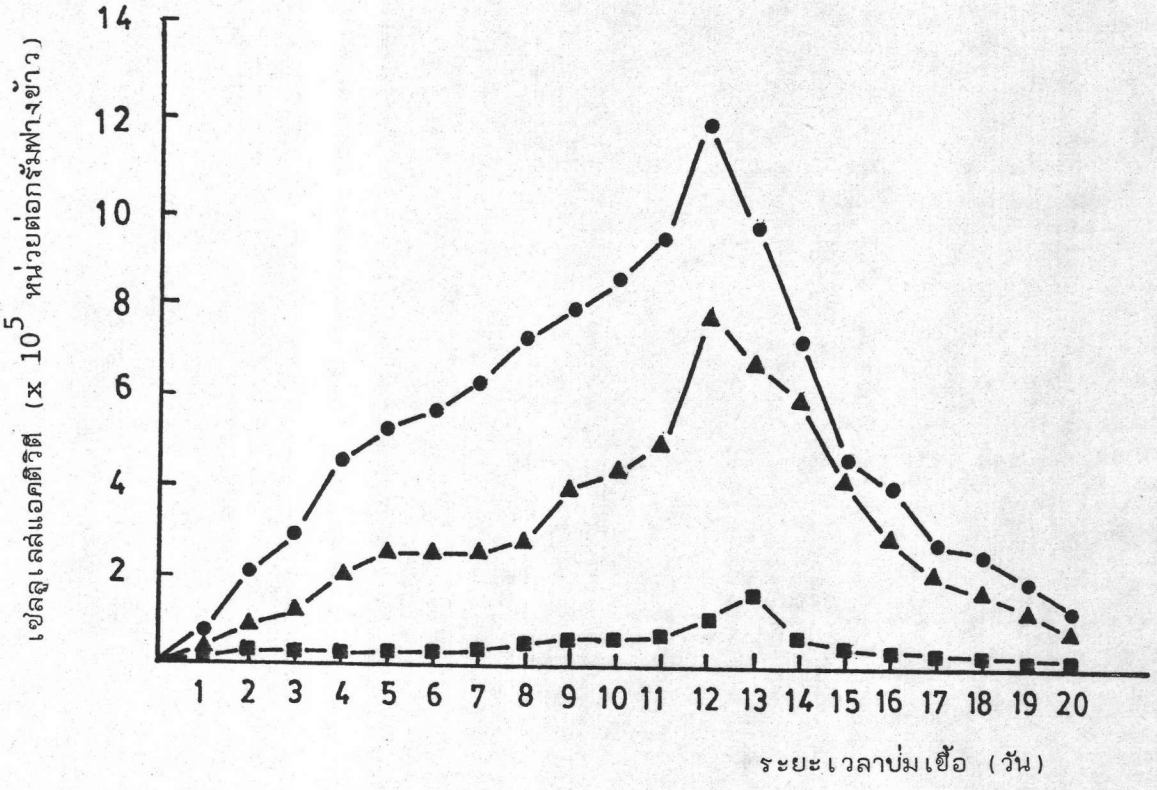
รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.9)

เซลลูเลสแอคติวิตี

● —— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ —— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ —— ■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.10)

เซลลูเลสแอคติวิตี

● ——— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ ——— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ ——— ■ *Humicola* sp. (H-30)

(รูปที่ 4.33) พบว่า เมื่อบ่มเชื้อราเป็นระยะเวลา 12 วัน เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 2.52×10^5, 6.26×10^5 และ 20.30×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

6.2 ผลการศึกษาการเจริญและการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ได้ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อราโดยวัดจากปริมาณกลูโคซามีนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลอง ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.2 (รูปที่ 4.34) เมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เป็นระยะเวลา 10, 12 และ 12 วัน พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 12.56, 13.88 และ 18.45 มิลลิกรัมกลูโคซามีนต่อกรัมฟางข้าว ขณะที่มีการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้เท่ากับ 5.68×10^5, 6.26×10^5 และ 20.30×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า ปริมาณกลูโคซามีนและการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

6.3 ผลการศึกษาชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการหาประสิทธิภาพในการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสของเอนไซม์ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่เติมสารประกอบไนโตรเจนต่างชนิดกัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.3 (รูปที่ 4.35) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 1.04×10^6 และ 0.66×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับเมื่อใช้แอมโมเนียมอะซิเตต, แอมโมเนียมซิเตรต, แคลเซียมไซยาไนด์, แอมโมเนียมคลอไรด์, ยูเรีย และแอมโมเนียม-

ซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 11.88×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมซิเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับเมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต, แคลเซียมไซยาไนด์, แอมโมเนียมอะซิเตต, แอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน

6.4 ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิในการบ่มเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการบ่มเชื้อราที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.4 (รูปที่ 4.36) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 1.66×10^6 และ 1.12×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลง และจะไม่มีการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสเลย เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 12.02×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 40, 50 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราจะลดลง และจะไม่มีการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสเลยเมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

6.5 ผลการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่มีต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีการปรับความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวให้มีค่าตั้งแต่ 3.0 ถึง 7.0 ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.5 (รูปที่ 4.37) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ

2.10×10^6 และ 1.34×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 แต่เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 พบว่า การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 13.76×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 6.0 แต่การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงเมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.5 และ 7.0

6.6 ผลการศึกษาจำนวนสปอร์เริ่มต้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาจำนวนสปอร์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.6 (รูปที่ 4.38) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 2.48×10^6 และ 1.66×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^4 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^2, 2×10^3, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7, 2×10^8 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อราจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 13.78×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^8 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^2, 2×10^3, 2×10^4, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่า การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลง

6.7 ผลของความชื้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าความชื้นจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการศึกษาความชื้นของฟางข้าว ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.7 (รูปที่ 4.39) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ

2.86×10^6 และ 2.16×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 77, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 15.36×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

6.8 ผลของขนาดฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ขนาดของฟางข้าวมักจะมีอิทธิพลต่อการผลิตเอนไซม์ โดยทั่วไปฟางข้าวที่มีขนาดเล็กจะมีผลทำให้เชื้อรามีการผลิตเอนไซม์ได้มากกว่าการใช้ฟางข้าวขนาดใหญ่ จากการศึกษาขนาดของฟางข้าวที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.8 (รูปที่ 4.40) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 3.18×10^6, 2.52×10^6 และ 16.54×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร แต่ถ้าใช้ฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 1, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร พบว่า การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

6.9 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนเตรตที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสของเอนไซม์ไซลาเนสซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.9 (รูปที่ 4.41) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 3.38×10^6, 2.84×10^6 และ 19.64×10^6 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต

0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

6.10 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส หลังจากทราบสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

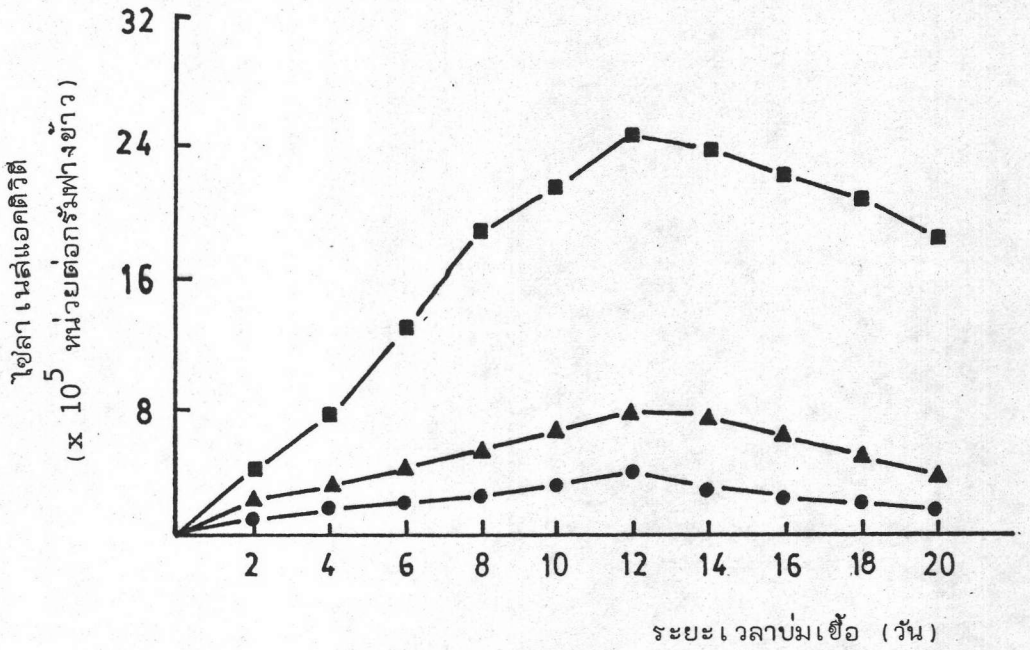
หลังจากทราบสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ได้แล้ว จึงทำการบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ในสภาพที่เหมาะสมตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.10 (รูปที่ 4.42) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดเท่ากับ 3.02×10^6, 3.66×10^6 และ 19.92×10^6 หน่วยต่อกรัม-ฟางข้าว เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มเชื้อนาน 11 วัน และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจะลดลงตามลำดับ

7. ผลความสามารถของเอนไซม์เซลลูเลสในการใช้ซับสเตรตชนิดต่าง ๆ

เนื่องจากเอนไซม์เซลลูเลสเป็นมัลติคอมโพเนนท์คอมเพลกซ์ (multicomponent complex) ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิดทำงานร่วมกัน (Tong และคณะ, 1980) ดังนั้นจึงมีความจำเพาะต่อซับสเตรตได้หลายชนิด ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงความสามารถของเอนไซม์เซลลูเลสในการใช้ซับสเตรตชนิดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าเอนไซม์เซลลูเลสที่ได้จากเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์สามารถใช้คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส และออร์โธไนโตรเฟนิล-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์เป็นซับสเตรตได้อีกด้วย

7.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

7.1.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)



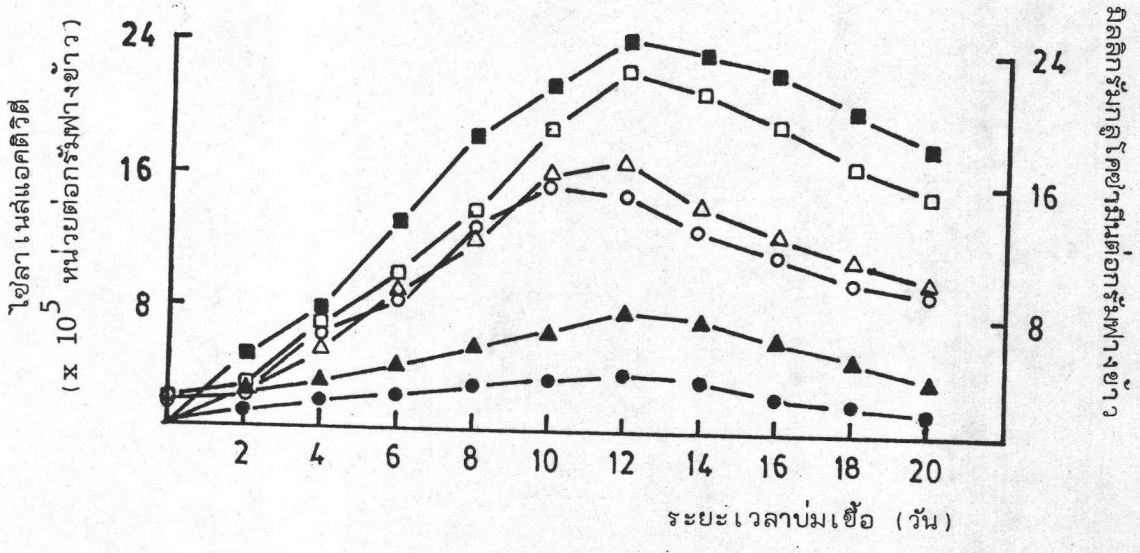
รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.1)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

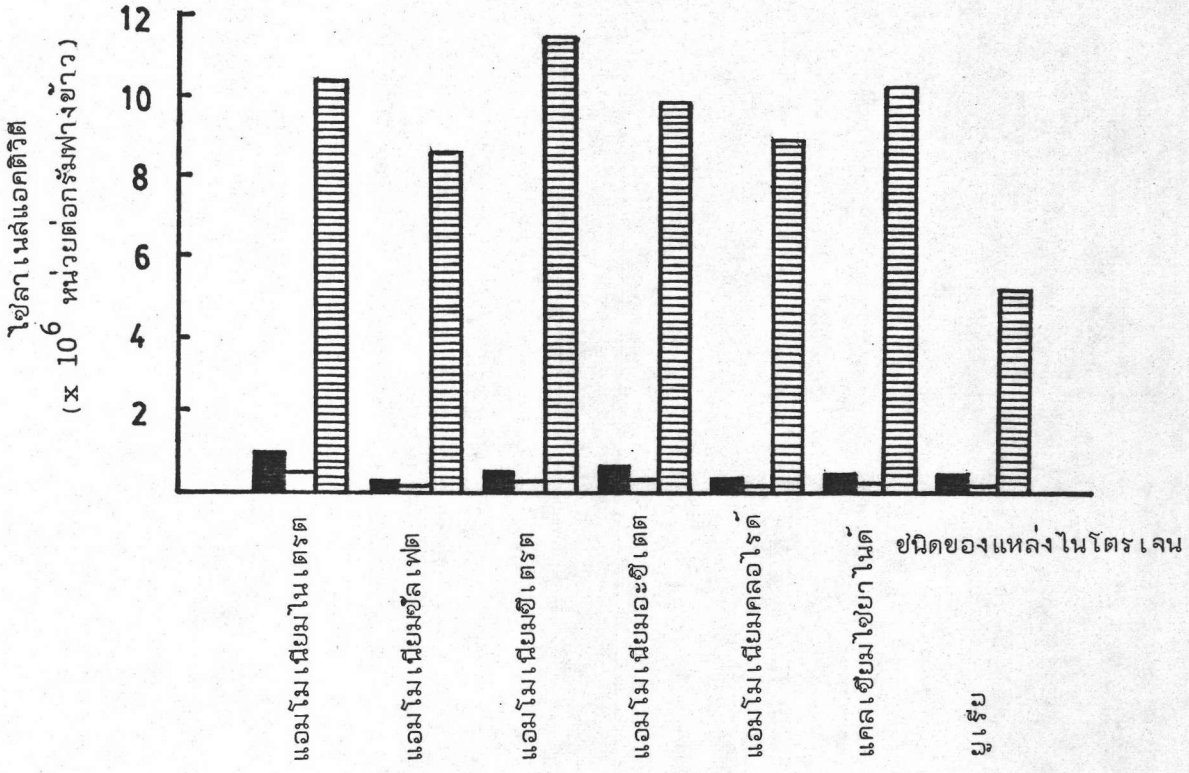
▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.2)

การเจริญ	ไซลาเนสแอคติวิตี
o——o *Aspergillus* sp. (A-8)	●——● *Aspergillus* sp. (A-8)
△——△ *Aspergillus* sp. (B-25)	▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)
□——□ *Humicola* sp. (H-30)	■——■ *Humicola* sp. (H-30)



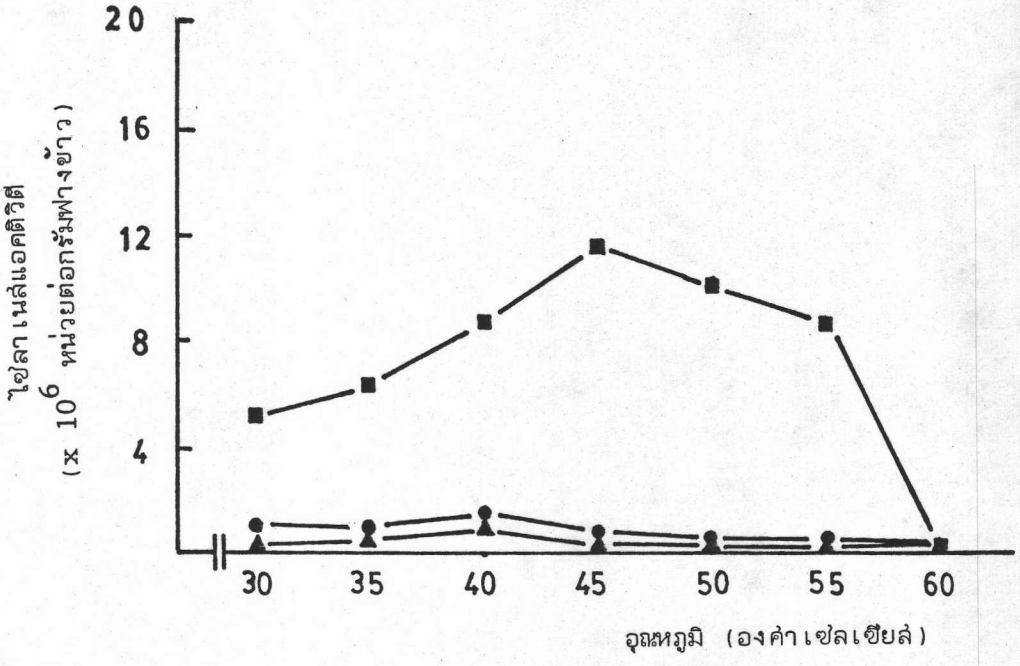
รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.3)

ไซลาเนสแอคติวิตี

■ *Aspergillus* sp. (A-8)

□ *Aspergillus* sp. (B-25)

▤ *Humicola* sp. (H-30)



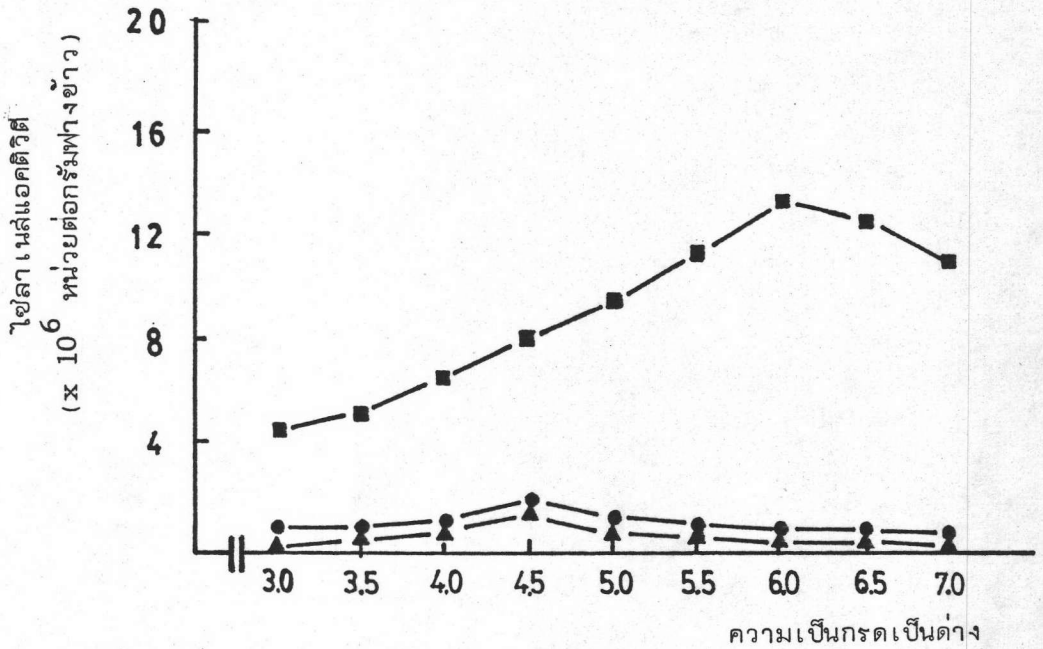
รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.4)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



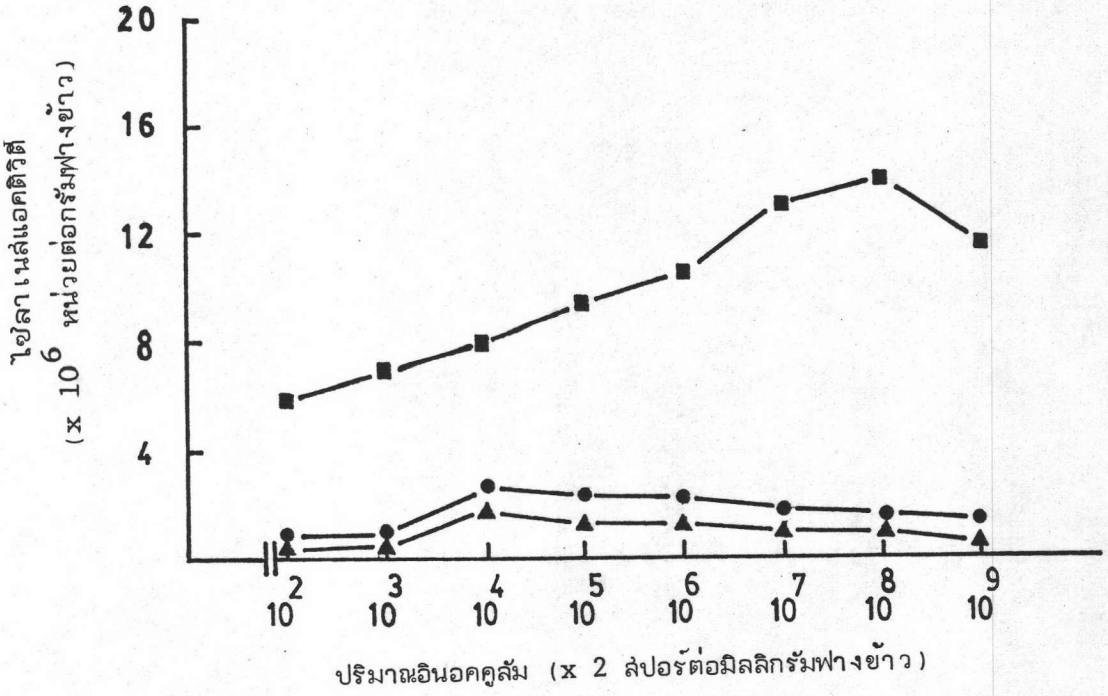
รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.5)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



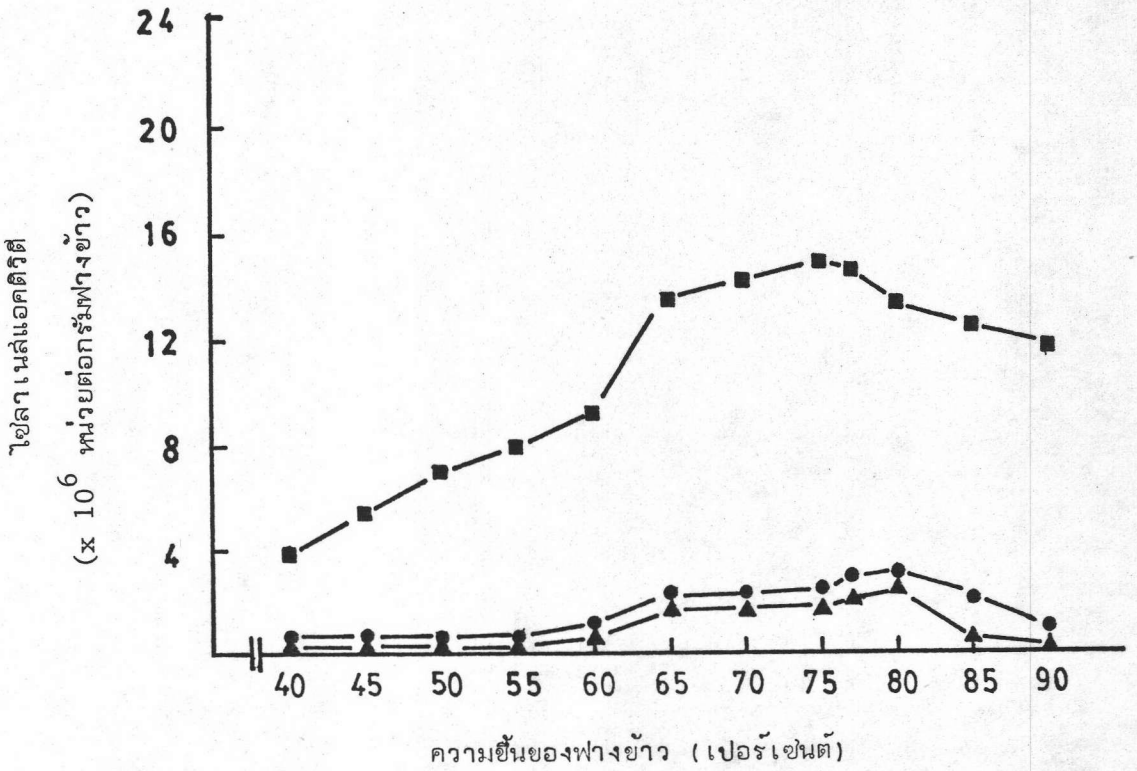
รูปที่ 4.38 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.6)

ไซลาเนสแอคติวิตี้

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.7)

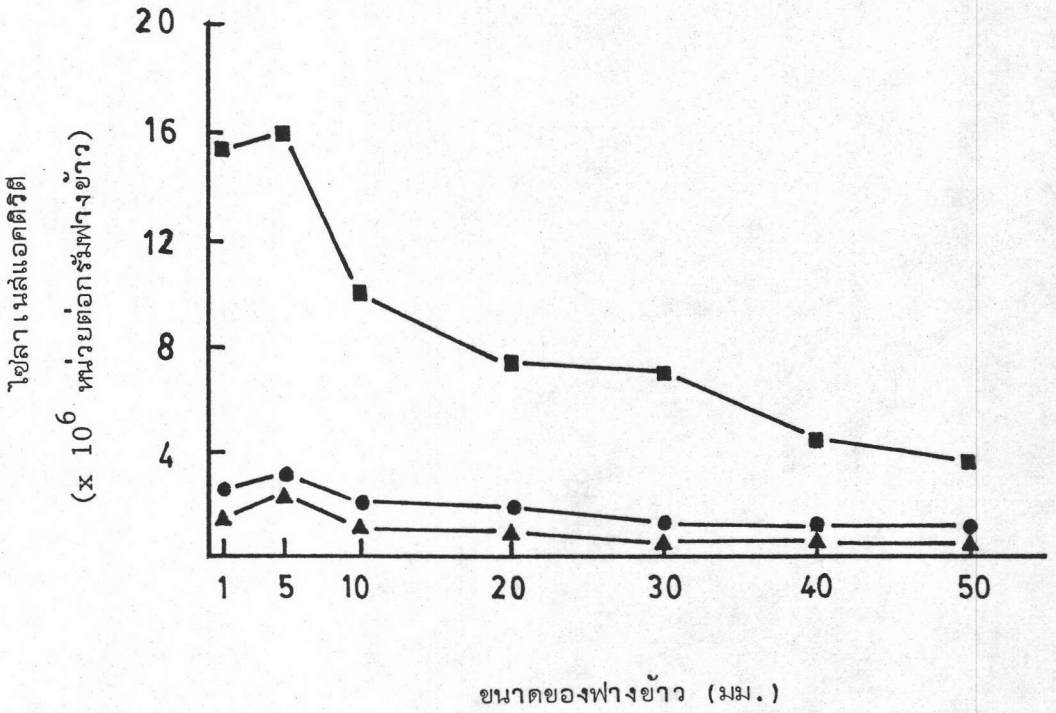
ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



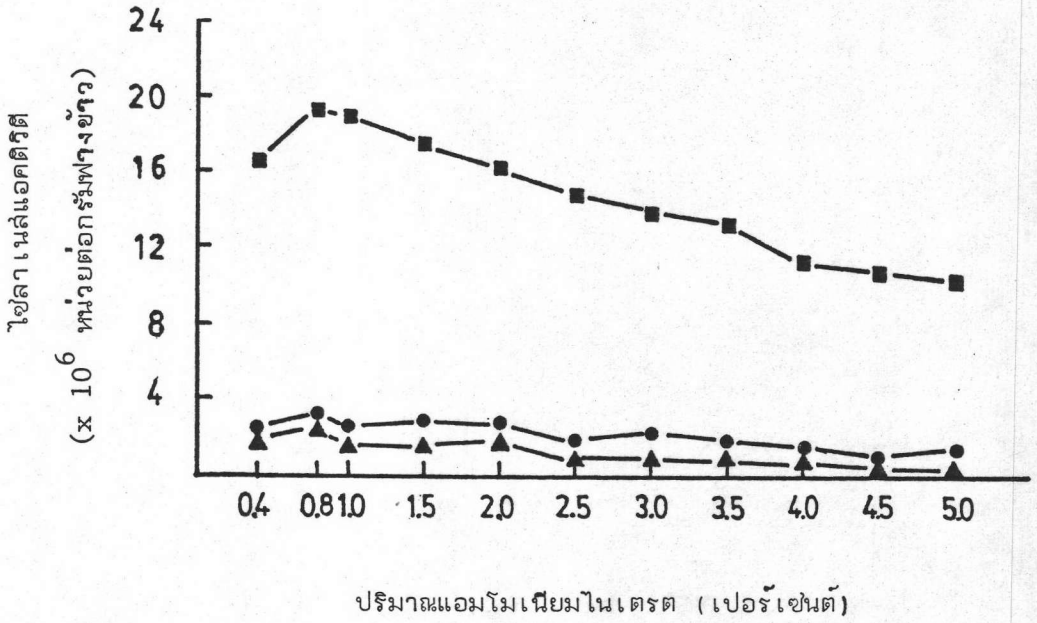
รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.8)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



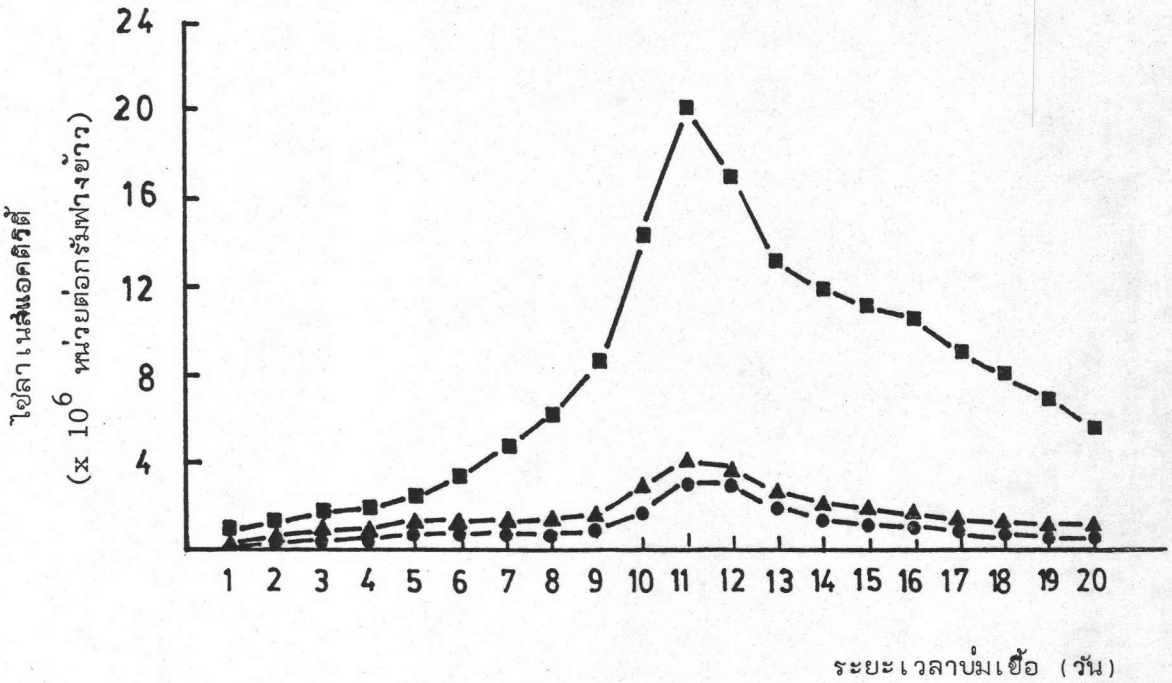
รูปที่ 4.41 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.9)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์ไซลาเนสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.10)

ไซลาเนสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

จากการนำเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มาเลี้ยงในอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.1 และติดตามการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสโดยนำเอาเอนไซม์มาบ่มกับสารละลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส 1 เปอร์เซ็นต์ ทำการวัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สมมูลย์กับกลูโคสมาตรฐาน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.10 (รูปที่ 4.43) พบว่าเมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) เป็นเวลา 12 วัน เชื้อราทั้งสองสายพันธุ์จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 24.76×10^4 และ 21.62×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มนานถึง 14 วัน จึงจะผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดเท่ากับ 1.30×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์จะลดลงตามลำดับ

7.1.2 ผลการศึกษาการเจริญและการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ได้ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อราโดยวัดจากปริมาณกลูโคซามีนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลอง ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.2 (รูปที่ 4.44) เมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เป็นระยะเวลา 10, 12 และ 12 วัน ตามลำดับ พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 12.84, 14.01 และ 18.89 มิลลิกรัมกลูโคซามีนต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ ขณะที่มีการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้เท่ากับ 14.42×10^4, 24.76×10^4 และ 0.92×10^4 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณกลูโคซามีนและการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

7.1.3 ผลการศึกษาชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการหาประสิทธิภาพในการย่อยสลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสของเอนไซม์ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีสารประกอบไนโตรเจนต่างชนิดกัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.3 (รูปที่ 4.45) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 8.82×10^5 และ 7.72×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลงตามลำดับเมื่อใช้แอมโมเนียมซีเตรต, แอมโมเนียมซัลเฟต, ยูเรีย, แคลเซียมไซยาไนด์, แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมอะซีเตต เป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 0.64×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมซีเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลงตามลำดับเมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต, แอมโมเนียมซัลเฟต, แคลเซียมไซยาไนด์, ยูเรีย, แอมโมเนียมอะซีเตต และแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นแหล่งไนโตรเจน

7.1.4 ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิในการบ่มเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ และจากการบ่มเชื้อราที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.4 (รูปที่ 4.46) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 11.76×10^5 และ 7.86×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลง แต่จะไม่มีการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสเมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 0.66×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 40, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลง และจะไม่มีการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

7.1.5 ผลการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่างที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีการปรับความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวให้มีค่าตั้งแต่ 3.0 ถึง 7.0 ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.5 (รูปที่ 4.47) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 12.64×10^5 และ 9.32×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 แต่เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 5.0, 6.0, 6.5 และ 7.0 พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 1.76×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 6.0 แต่การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลงเมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวเท่ากับ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.5 และ 7.0 ตามลำดับ

7.1.6 ผลการศึกษาจำนวนสปอร์เริ่มต้น ที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาจำนวนสปอร์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.6 (รูปที่ 4.48) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 13.66×10^5, 10.62×10^5 และ 1.80×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^4 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^3, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7, 2×10^8 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลง

7.1.7 ผลของความชื้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าความชื้นจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการศึกษาผลของความชื้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.7 (รูปที่ 4.49) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 14.66×10^5 และ 11.62×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 77, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 2.52×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลง

7.1.8 ผลของขนาดฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ขนาดของฟางข้าวมักจะมีอิทธิพลต่อการผลิตเอนไซม์ โดยทั่วไปฟางข้าวที่มีขนาดเล็กจะมีผลทำให้เชื้อราผลิตเอนไซม์ออกมาได้มากกว่าการใช้ฟางข้าวขนาดใหญ่ จากการศึกษาขนาดของฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.8 (รูปที่ 4.50) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 16.68×10^5, 12.82×10^5 และ 3.26×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร แต่ถ้าใช้ฟางข้าวขนาดยาว 1, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิเมตร พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลงตามลำดับ

7.1.9 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนเตรตที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

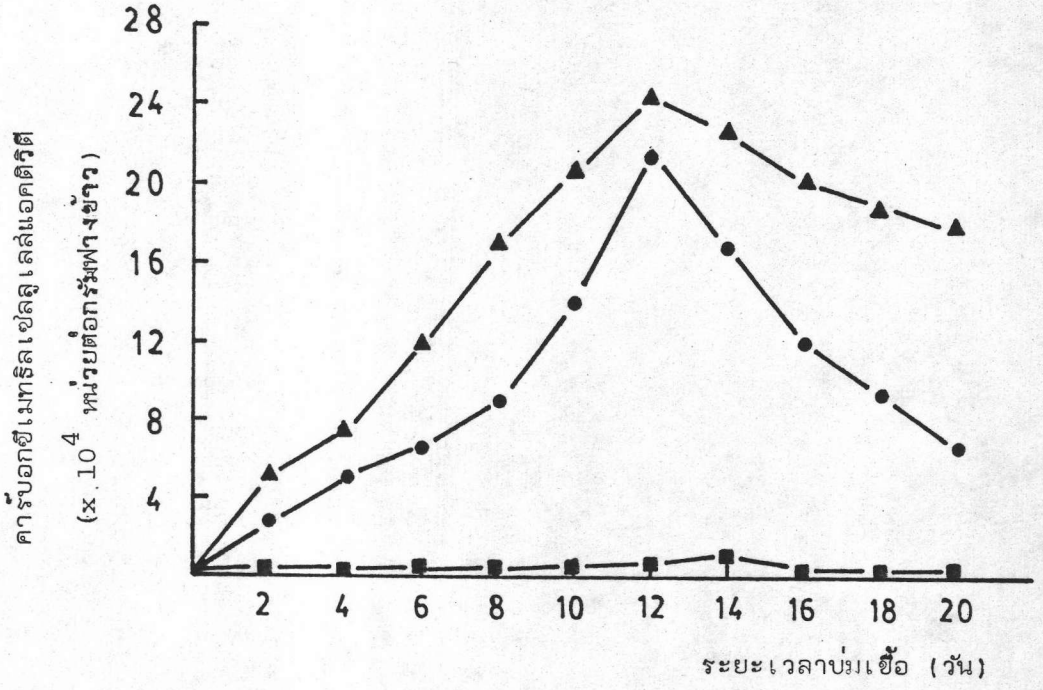
จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส์ของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.9 (รูปที่ 4.51) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 18.72×10^5 และ 13.76×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ได้สูงสุดเท่ากับ 4.06×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.8 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า การผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์จะลดลง

7.1.10 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ได้แล้วจึงทำการบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ในสภาพที่เหมาะสมของแต่ละเชื้อ ตามผลการทดลองในข้อ 3.6.13.10 (รูปที่ 4.52) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 18.78×10^5, 13.82×10^5 และ 4.48×10^5 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มเชื้อรานาน 12, 12 และ 10 วัน ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสจะลดลงตามลำดับ

7.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

7.2.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการนำเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มาเลี้ยงในอาหารซึ่งมีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.1 และติดตามการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส โดยนำเอามาบ่มกับสารละลายออร์โธไนโตรเฟนิล-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ ซึ่งมีความเข้มข้น 5.0 มิลลิโมลาร์ ทำการวัดหาปริมาณออร์โธไนโตรฟีนอล ตามวิธีในข้อ 3.6 (รูปที่ 4.53) พบว่าเมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) เป็นเวลา 12 วัน เชื้อราทั้งสองสายพันธุ์จะผลิตเอนไซม์เบตาดีกลูโคไพราโนไซด์ ได้สูงสุดเท่ากับ 1.34×10^3 และ 6.16×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าง ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดสจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดสได้สูงสุดเท่ากับ 2.24×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว



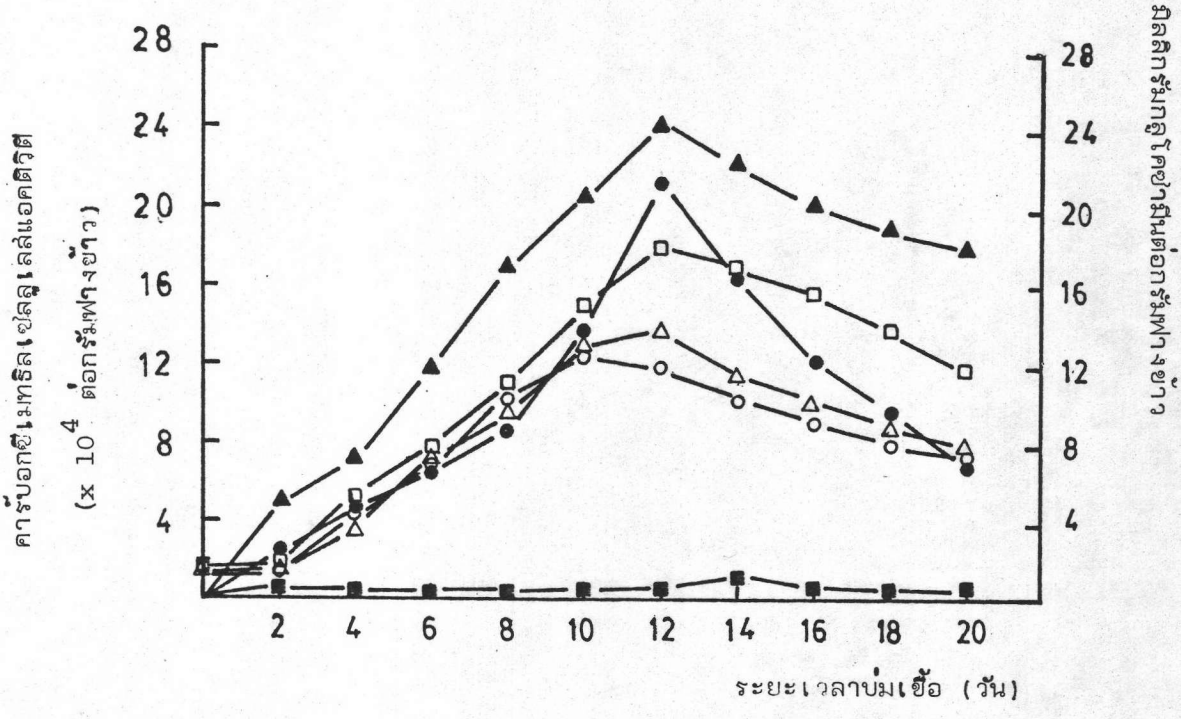
รูปที่ 4.43 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอนซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.1)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



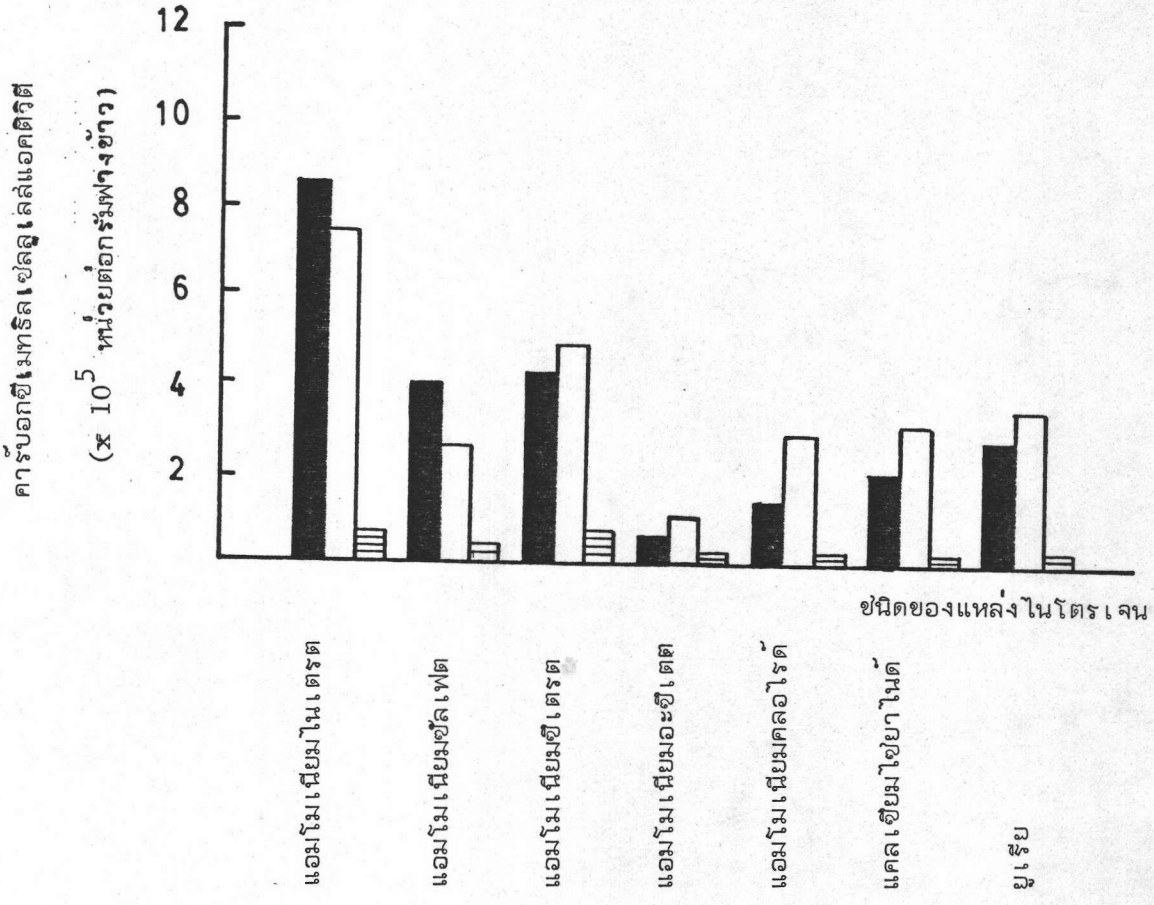
รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.2)

การเจริญ — คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิ

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) ●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) ▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

□——□ *Humicola* sp. (H-30) ■——■ *Humicola* sp. (H-30)



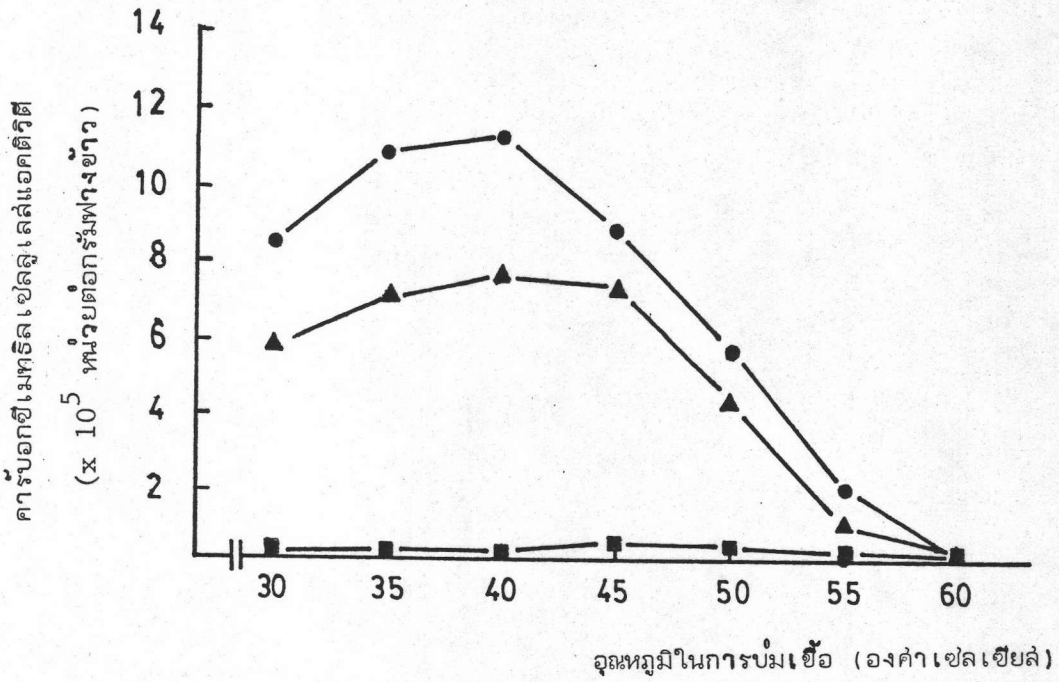
รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.3)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์แอคติวิตี

■ *Aspergillus* sp. (A-8)

□ *Aspergillus* sp. (B-25)

▤ *Humicola* sp. (H-30)



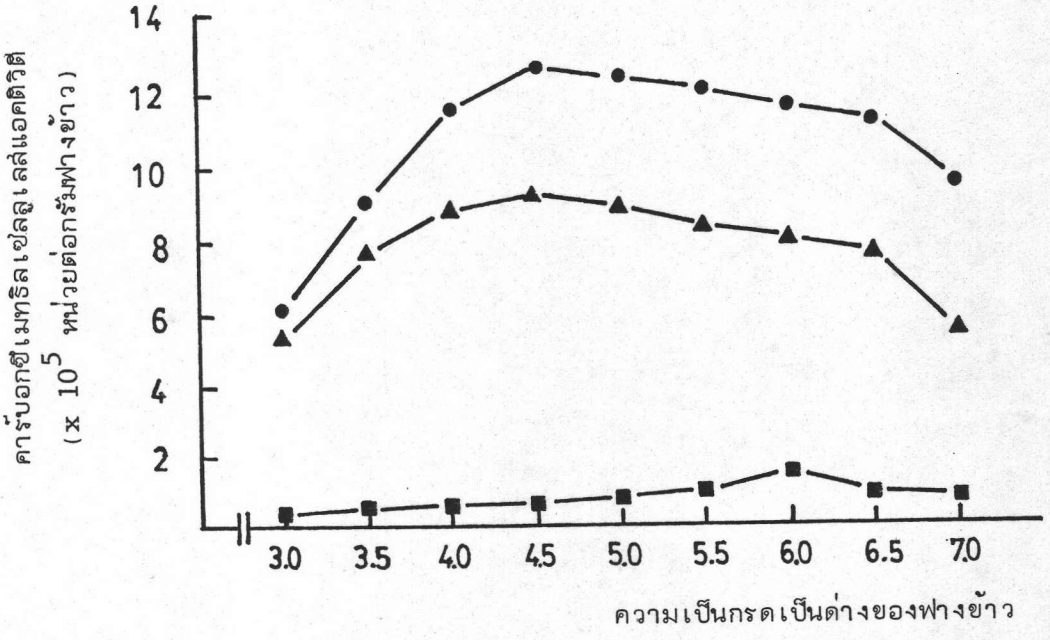
รูปที่ 4.46 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิต่างกันและใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.4

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●—● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲—▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■—■ *Humicola* sp. (H-30)



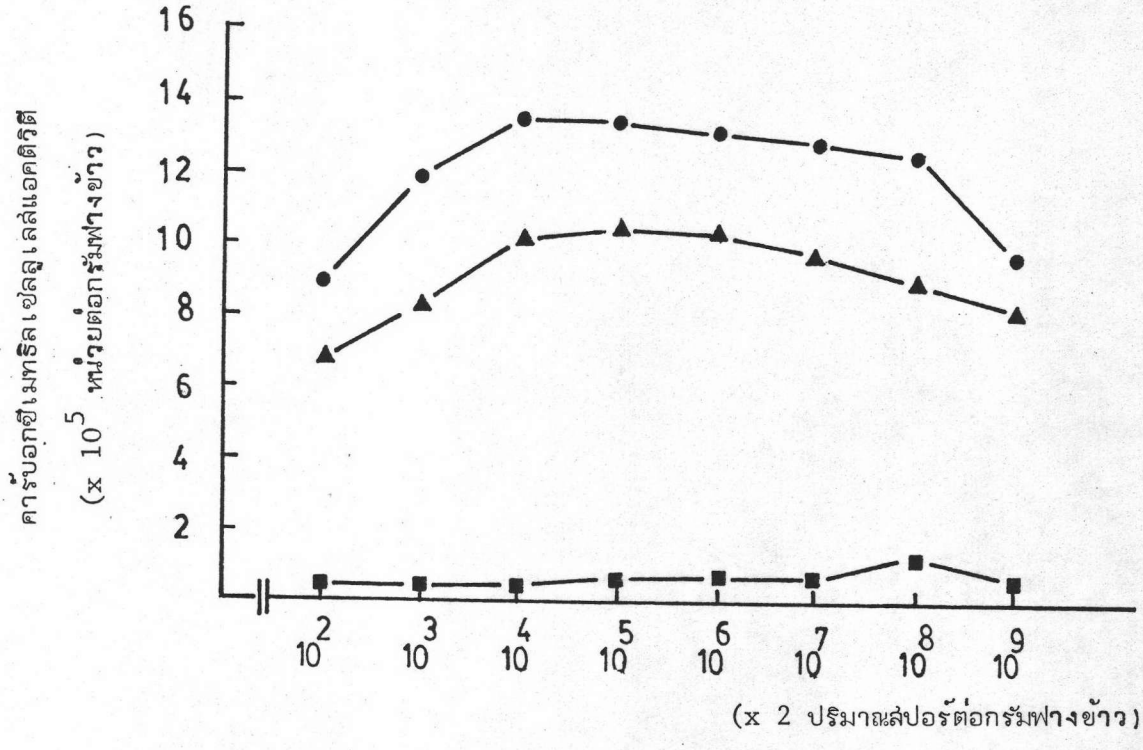
รูปที่ 4.47 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.5)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



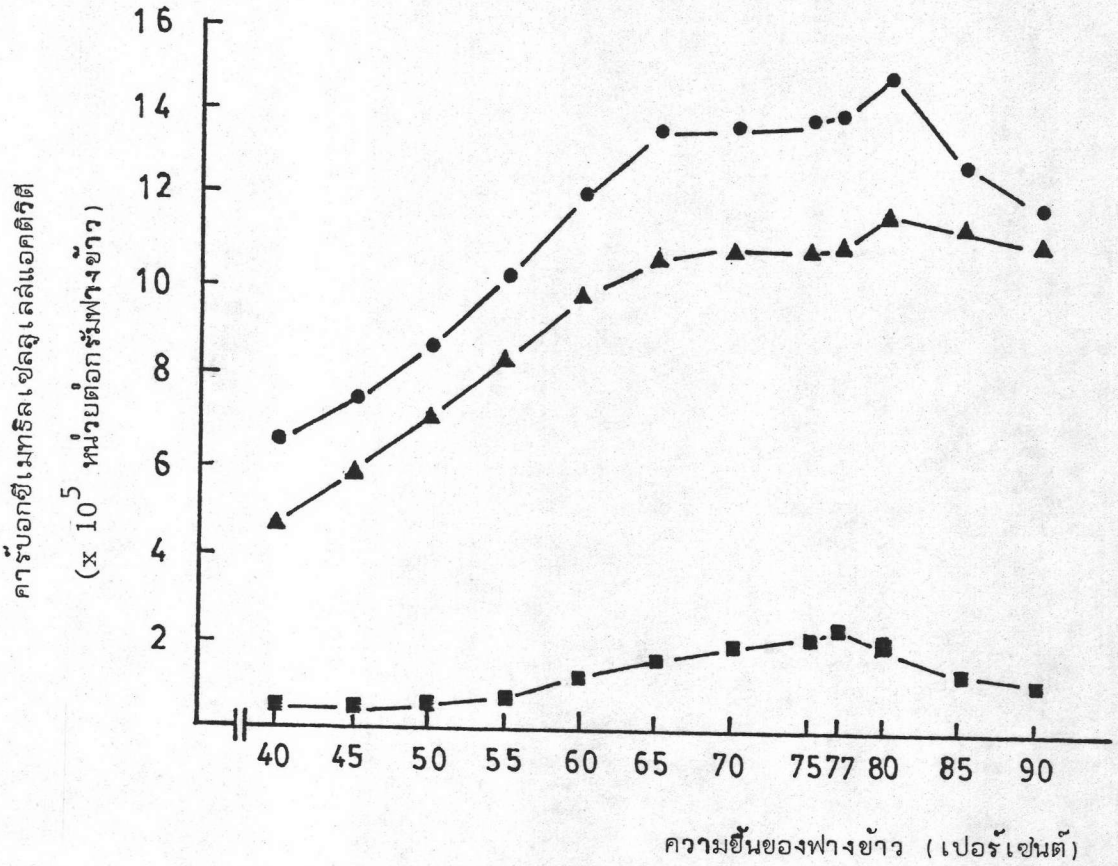
รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.6)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



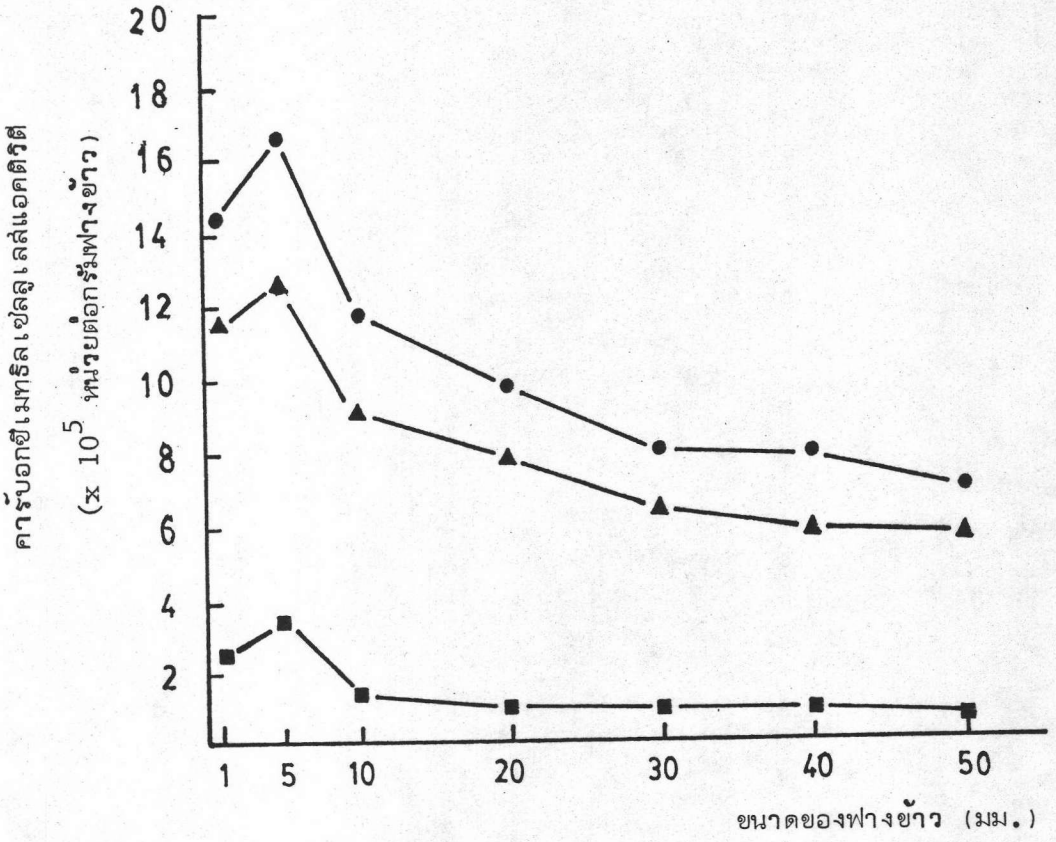
รูปที่ 4.49 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.7)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



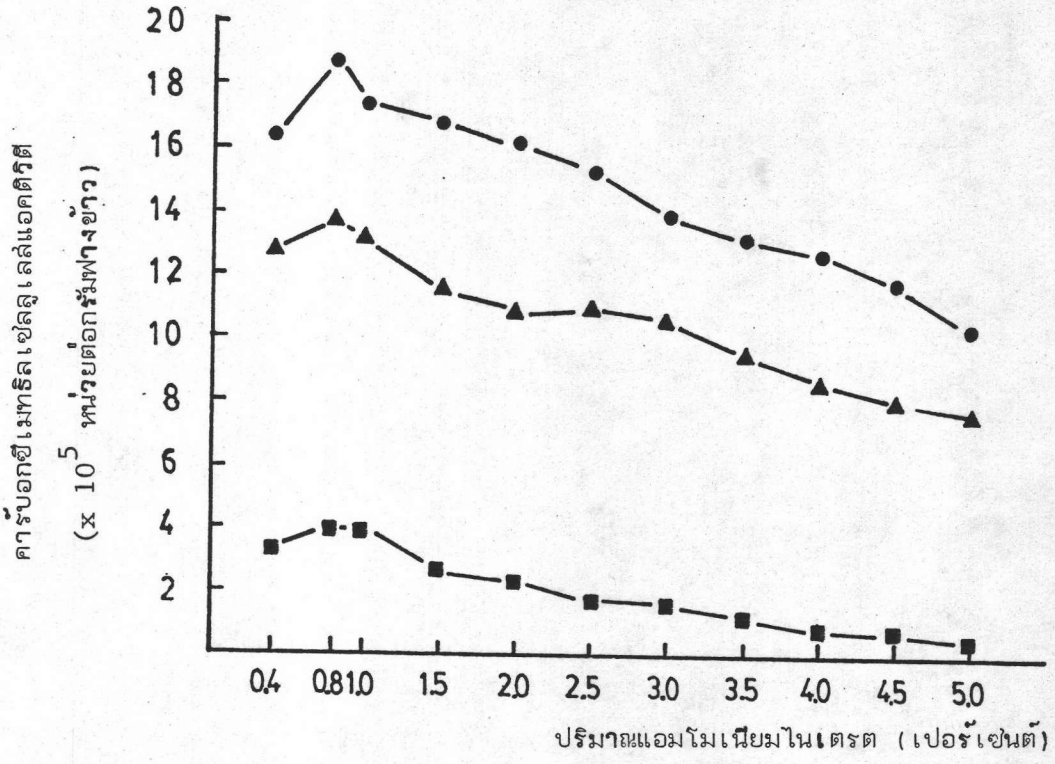
รูปที่ 4.50 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.8)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●—● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲—▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■—■ *Humicola* sp. (H-30)



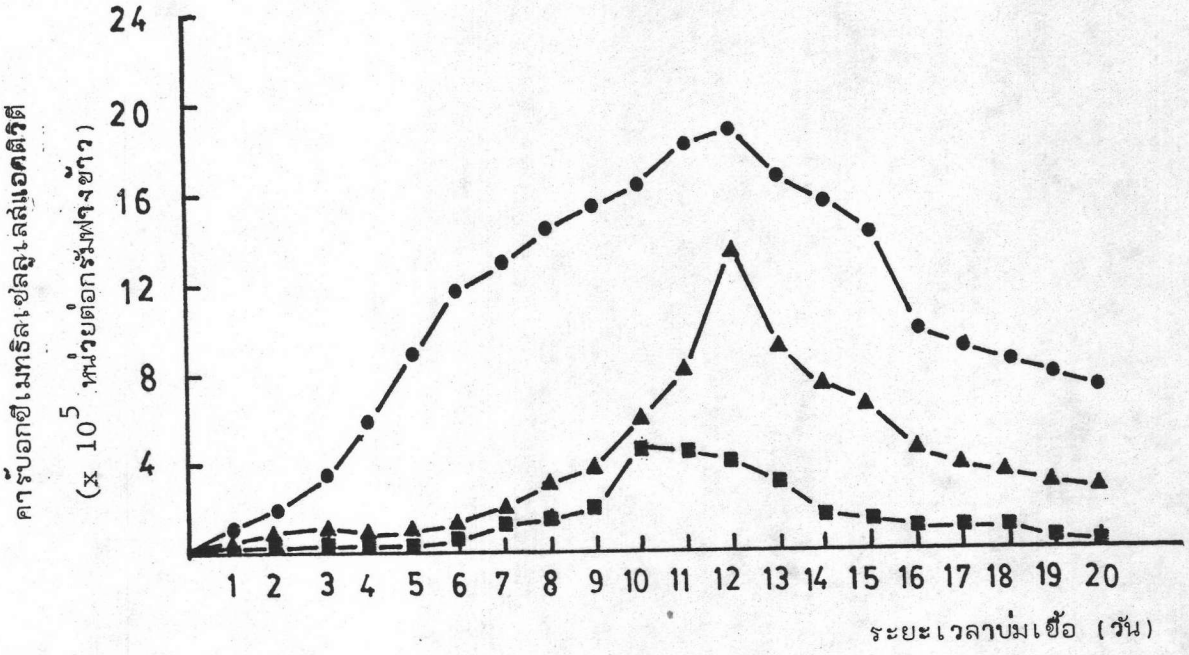
รูปที่ 4.51 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.9)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.52 เปรียบเทียบแอคติวิตี้ของเอนไซม์คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.10)

คารับอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

เมื่อบ่มเชื้อราเป็นเวลา 10 วัน และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่จะลดลง

7.2.2 ผลการศึกษาการเจริญและการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ได้ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อรา โดยวัดจากปริมาณกลูโคซ่ามีนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลอง ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.2 (รูปที่ 4.54) เมื่อบ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เป็นระยะเวลา 10, 12 และ 12 วัน พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณกลูโคซ่ามีนสูงสุดเท่ากับ 12.88, 13.81 และ 18.54 มิลลิกรัมกลูโคซ่ามีนต่อกรัมฟางข้าว ขณะที่มีการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่ได้เท่ากับ 1.06×10^3, 6.16×10^3 และ 1.84×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่า ปริมาณกลูโคซ่ามีนและการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่จะลดลงตามลำดับ

7.2.3 ผลการศึกษาชนิดและแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการหาประสิทธิภาพในการย่อยสลายเบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ ของเอนไซม์ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อฟางข้าวที่มีการเติมสารประกอบไนโตรเจนต่างชนิดกัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.3 (รูปที่ 4.55) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่ได้สูงสุดเท่ากับ 2.06×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส่จะลดลงตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียมซีเตรต, แคลเซียมไซยาไนด์, ยูเรีย, แอมโมเนียมอะซีเตต, แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นแหล่งไนโตรเจน ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตา-กลูโคซีเดส่ได้สูงสุดเท่ากับ 12.16×10^3 และ 3.42×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ

เมื่อใช้แอมโมเนียมซีเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์จะลดลง เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต, แคลเซียมไซยาไนด์, ยูเรีย, แอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และ แอมโมเนียมอะซีเตต เป็นแหล่งไนโตรเจน

7.2.4 ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิในการบ่มเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ และจากการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.4 (รูปที่ 4.56) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 2.84×10^3 และ 15.74×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส์ แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 45, 50, 55 องศาเซลเซียส์ พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ลดลง และจะไม่มีการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส์ สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 3.76×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส์ แต่เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 30, 35, 40, 50 และ 55 องศาเซลเซียส์ พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์จะลดลงและจะไม่มีการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์เมื่อบ่มเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส์

7.2.5 ผลการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซีเดส์ ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีการปรับความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวให้มีค่าตั้งแต่ 3.0 ถึง 7.0 ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.5 (รูปที่ 4.57) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์

เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 3.84×10^3 และ 20.24×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.5 แต่เมื่อเลี้ยงเชื้อราทั้งสองสายพันธุ์ในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 3.80×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0 แต่การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง เมื่อเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.5 และ 7.0

7.2.6 ผลการศึกษาจำนวนสปอร์เริ่มต้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

จากการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนสปอร์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.6 (รูปที่ 4.58) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดเท่ากับ 4.12×10^3 และ 22.46×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^4 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^2, 2×10^3, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7, 2×10^8 และ 2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าง พบว่า การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อราจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 4.20×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^8 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว แต่ถ้าใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้น 2×10^2, 2×10^3, 2×10^4, 2×10^5, 2×10^6, 2×10^7, และ2×10^9 สปอร์ต่อกรัมฟางข้าว พบว่า การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง

7.2.7 ผลของความชื้นที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เป็นที่ทราบกันดีว่าความชื้นจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ จากการศึกษาความชื้นของฟางข้าวที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ เบตากลูโคซิเดส์ ตามวิธีการทดลองข้อ

3.6.13.7 (รูปที่ 4.59) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 4.48×10^3 และ 24.76×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าวตามลำดับ เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 77, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ การผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อราจะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 7.22×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าฟางข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตา-กลูโคซิเดส์ของเชื้อราจะลดลง

7.2.8 ผลของขนาดฟางข้าวที่มีต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp.,(A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

ขนาดของฟางข้าวมักจะมีอิทธิพลต่อการผลิตเอนไซม์ โดยทั่วไปฟางข้าวที่มีขนาดเล็กจะมีผลทำให้เชื้อรามีการผลิตเอนไซม์ได้มากกว่าการใช้ฟางข้าวขนาดใหญ่ จากการศึกษาขนาดของฟางข้าวที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.6.13.8 (รูปที่ 4.60) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 5.94×10^3, 8.12×10^3 และ 26.86×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าวตามลำดับ เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร แต่ถ้าฟางข้าวขนาดยาวประมาณ 1, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิเมตร พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง

7.2.9 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนเตรตที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) , เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

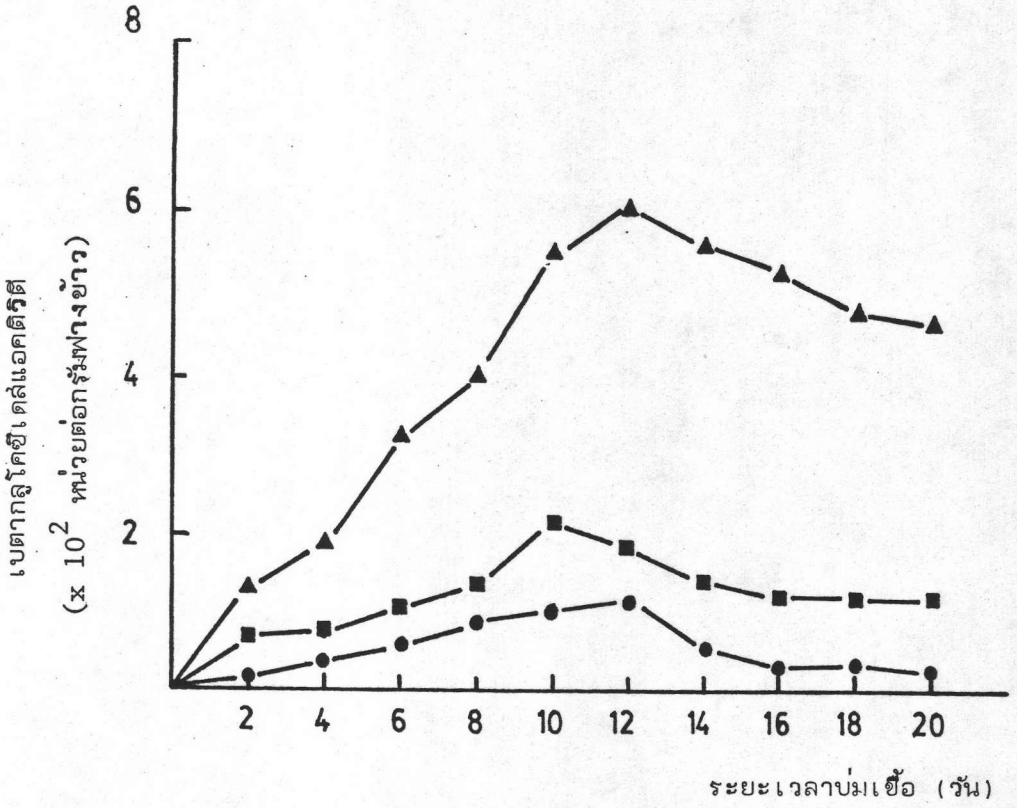
จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายออร์โธไนโตรเฟนิล-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อราในฟางข้าวที่มีแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่าง ๆ กันตามวิธีการทดลองข้อ 3.6.13.9 (รูปที่ 4.61) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ

7.00×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 0.8, 1.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 30.76×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 0.8, 1.0, 1.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง สำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุด 12.44×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรต 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก แต่ถ้าใช้แอมโมเนียมไนเตรต 0.4, 0.8, 1.0, 1.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลง

7.2.10 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์หลังจากทราบสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ได้แล้ว จึงทำการบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ในสภาพที่เหมาะสมของแต่ละเชื้อ ตามผลการทดลองในข้อ 3.6.13.10 (รูปที่ 4.62) พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ได้สูงสุดเท่ากับ 7.30×10^3, 30.80×10^3 และ 12.62×10^3 หน่วยต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อรานาน 12, 12 และ 14 วัน ตามลำดับ และเมื่อบ่มเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าการผลิตเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์จะลดลงตามลำดับ

8. ผลการศึกษาการทำอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)

เมื่อนำเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 สูตรด้วยกันโดยอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรแรกประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 ตามลำดับ สำหรับอาหาร



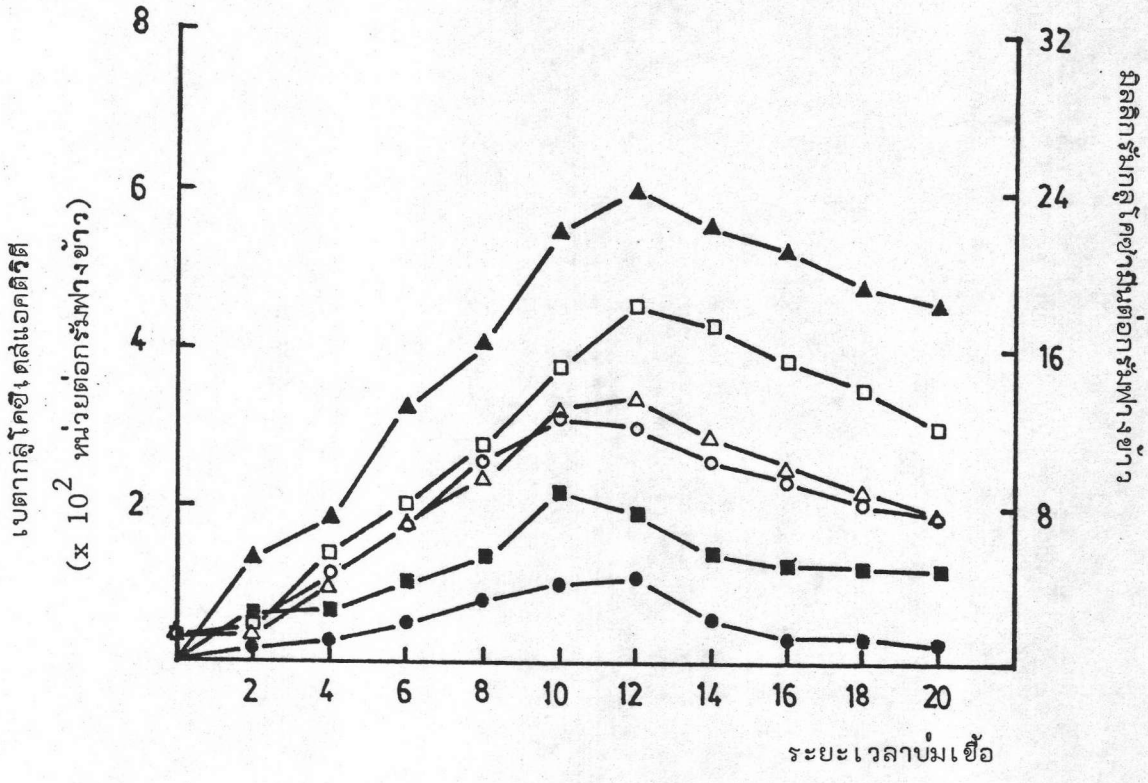
รูปที่ 4.53 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.1)

เบตา กลูโคซิเดสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.54 เปรียบเทียบการเจริญและแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในระยะเวลาต่างกัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.2)

การเจริญ

o—o *Aspergillus* sp. (A-8)

Δ—Δ *Aspergillus* sp. (B-25)

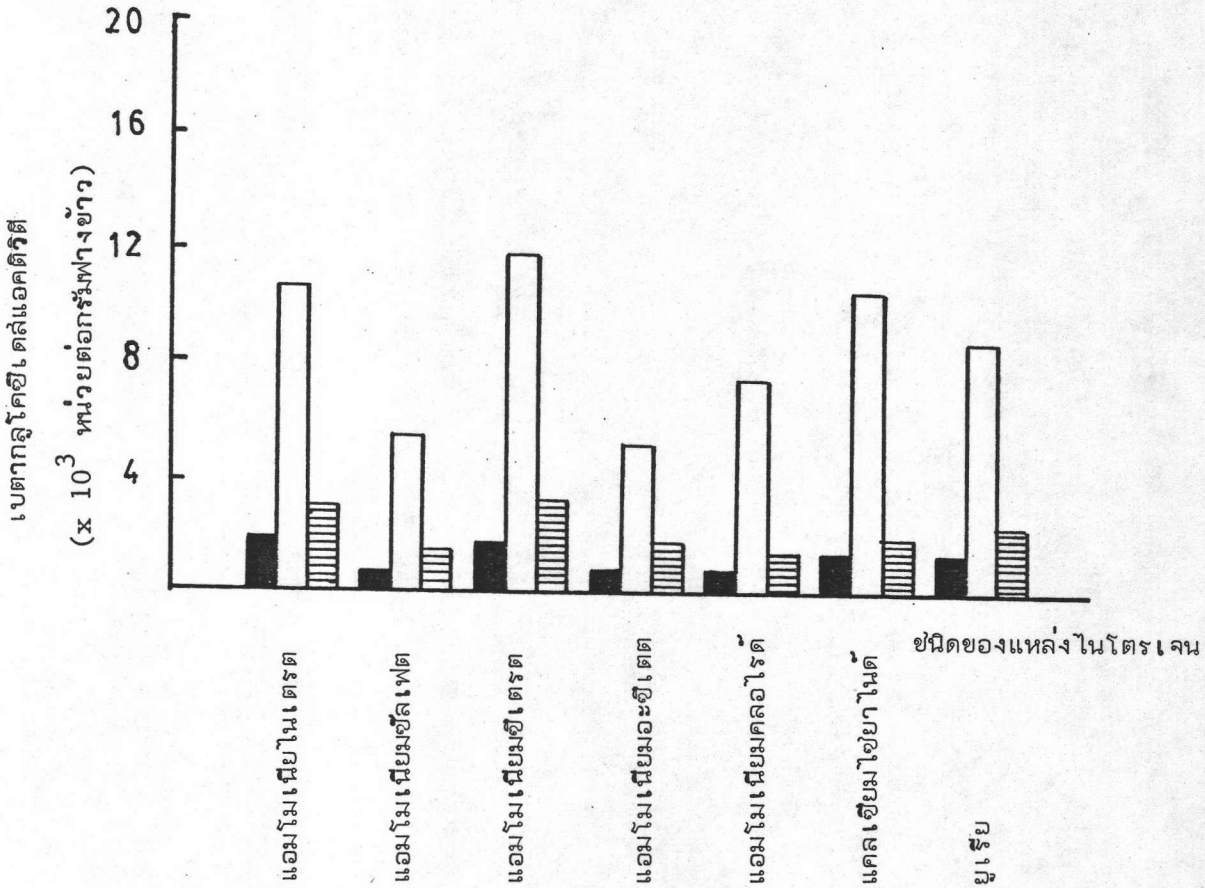
□—□ *Humicola* sp. (H-30)

เบตากลูโคซิเดสแอคติวิตี

●—● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲—▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■—■ *Humicola* sp. (H-30)



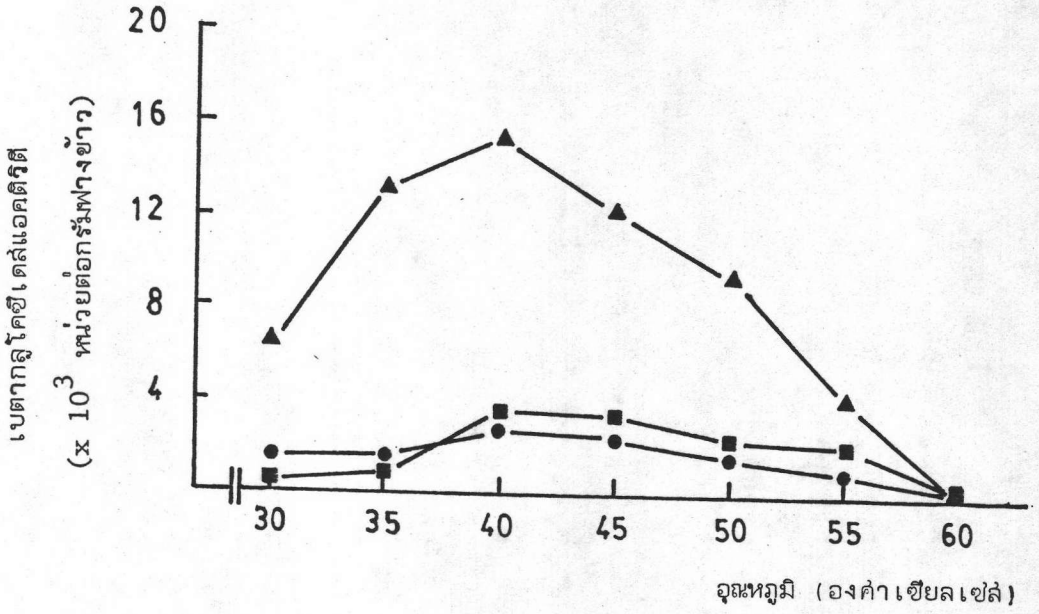
รูปที่ 4.55 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.3)

เบตากลูโคซิเดสแอคติวิตี

■ *Aspergillus* sp. (A-8)

□ *Aspergillus* sp. (B-25)

▤ *Humicola* sp. (H-30)



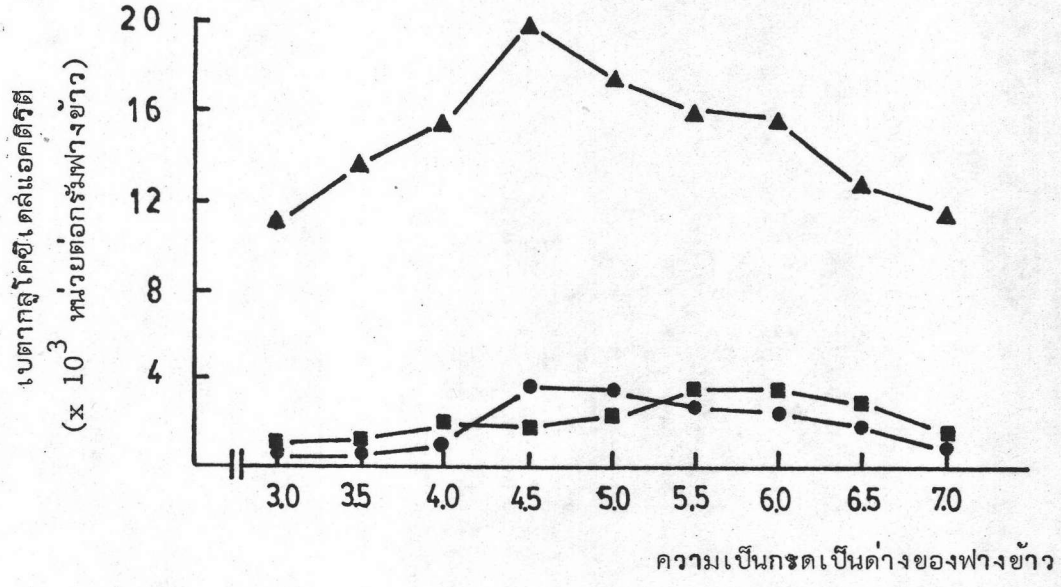
รูปที่ 4.56 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิต่างกันและใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.4)

เบตากลูโคซิเดส์แอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



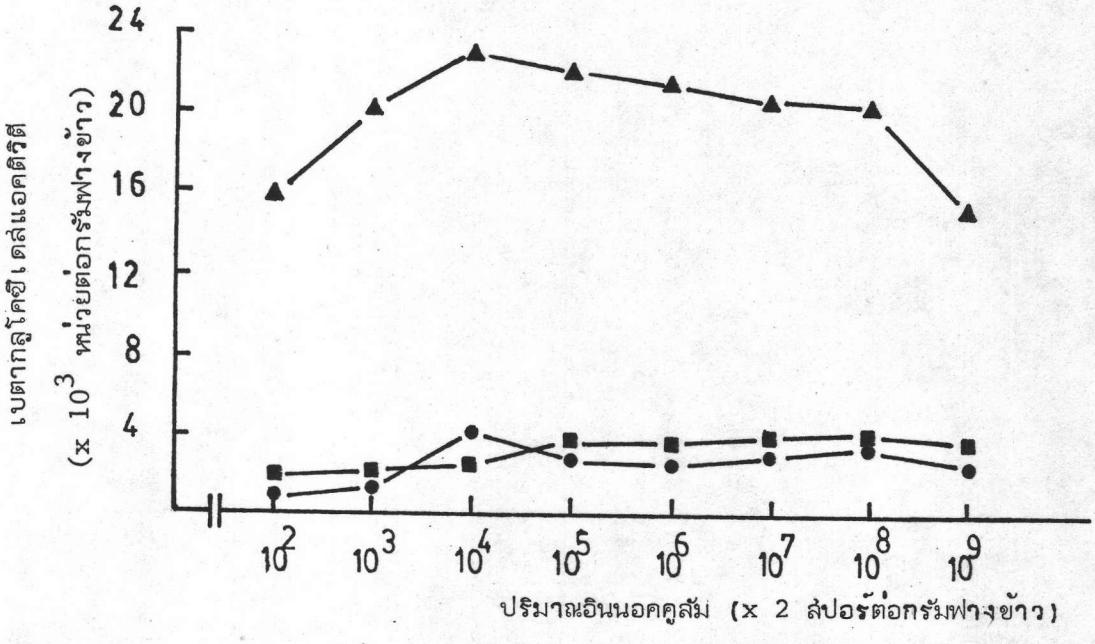
รูปที่ 4.57 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.5)

เบตากลูโคซิเดส์แอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



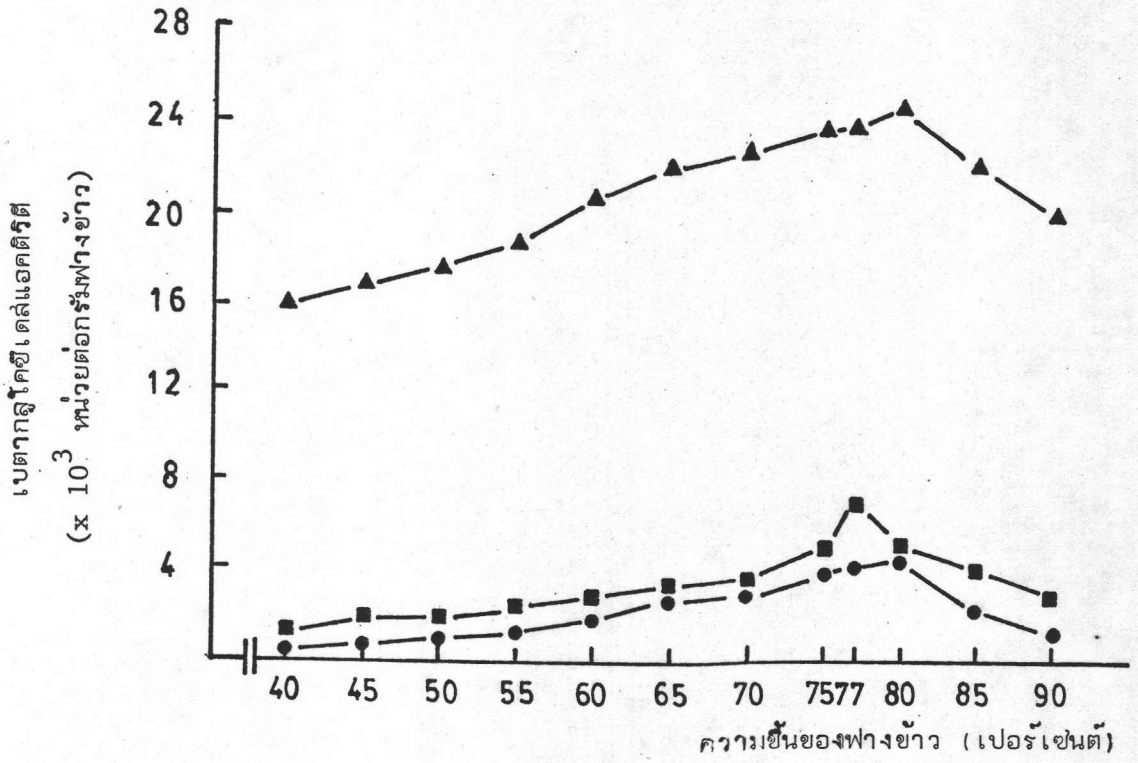
รูปที่ 4.58 เปรียบเทียบแอคติวิตีเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้จำนวนสปอร์เริ่มต้นต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.6)

เบตากลูโคซิเดส์แอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



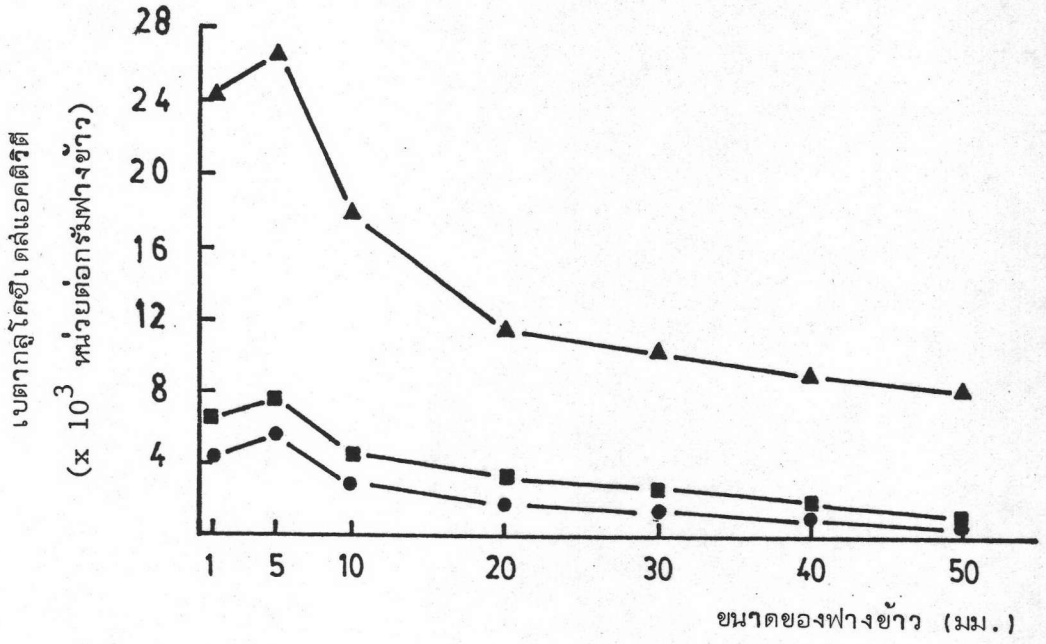
รูปที่ 4.59 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อความชื้นเริ่มต้นของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.7)

เบตากลูโคซิเดสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



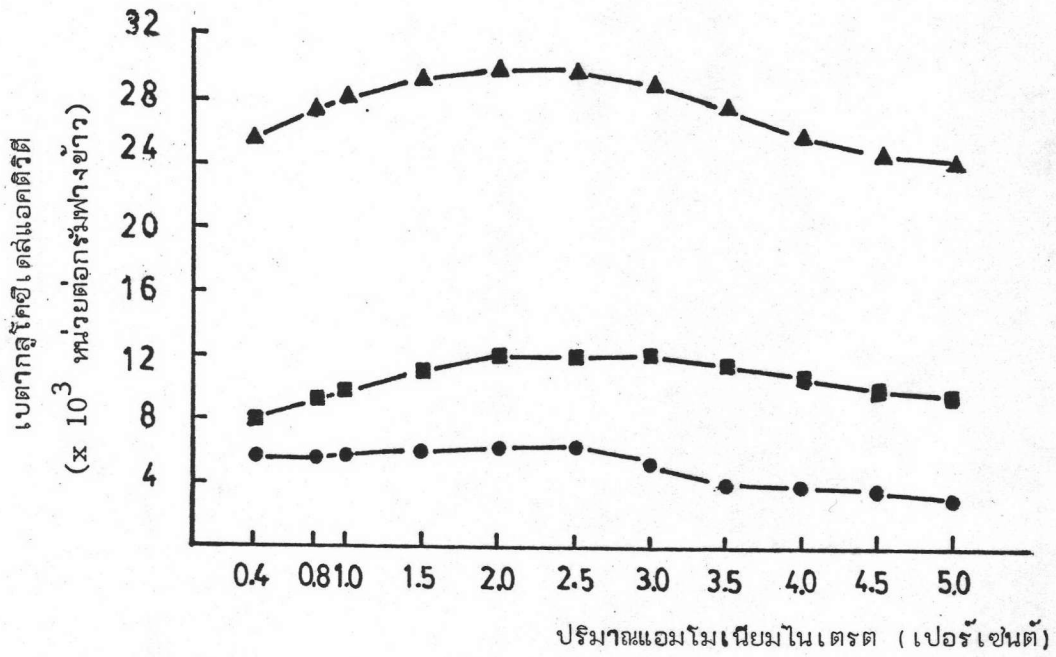
รูปที่ 4.60 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ขนาดของฟางข้าวต่างกัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.8)

เบตากลูโคซิเดส์แอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



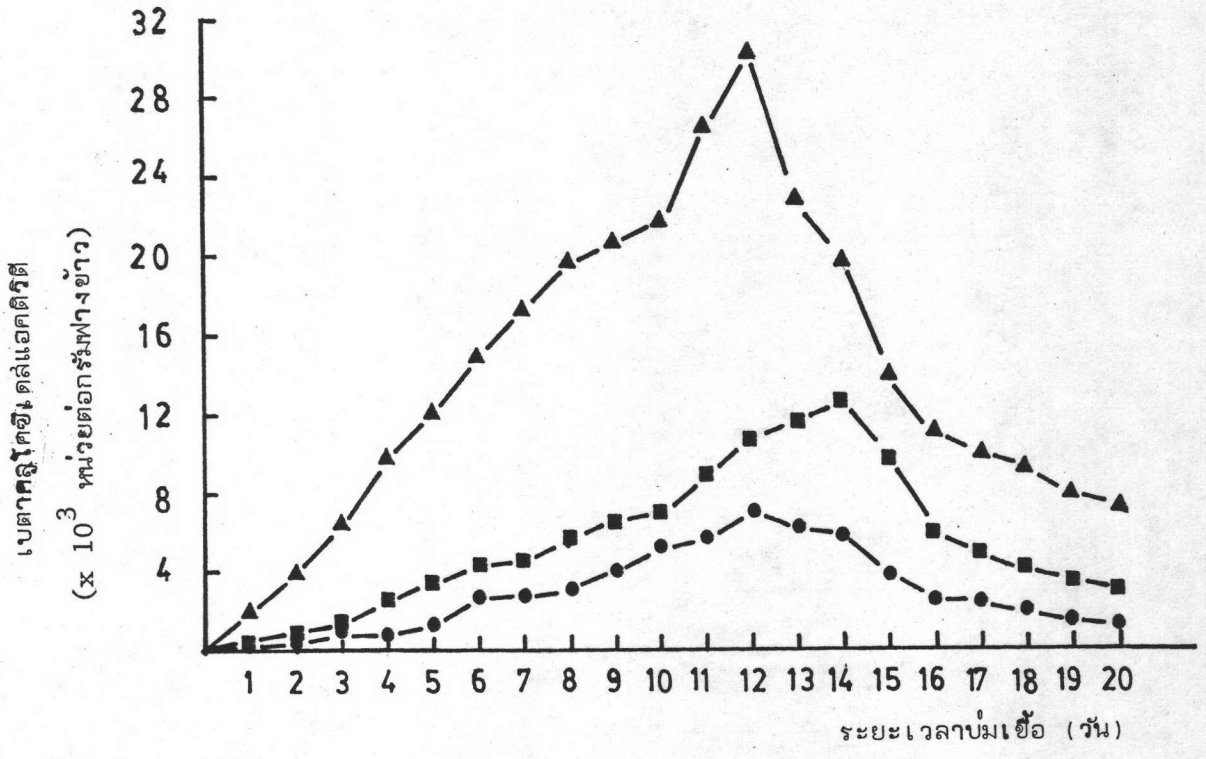
รูปที่ 4.61 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดสของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.9)

เบตากลูโคซิเดสแอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)



รูปที่ 4.62 เปรียบเทียบแอคติวิตีของเอนไซม์เบตากลูโคซิเดส์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มเชื้อต่างกัน และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.13.10)

เบตากลูโคซิเดส์แอคติวิตี

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

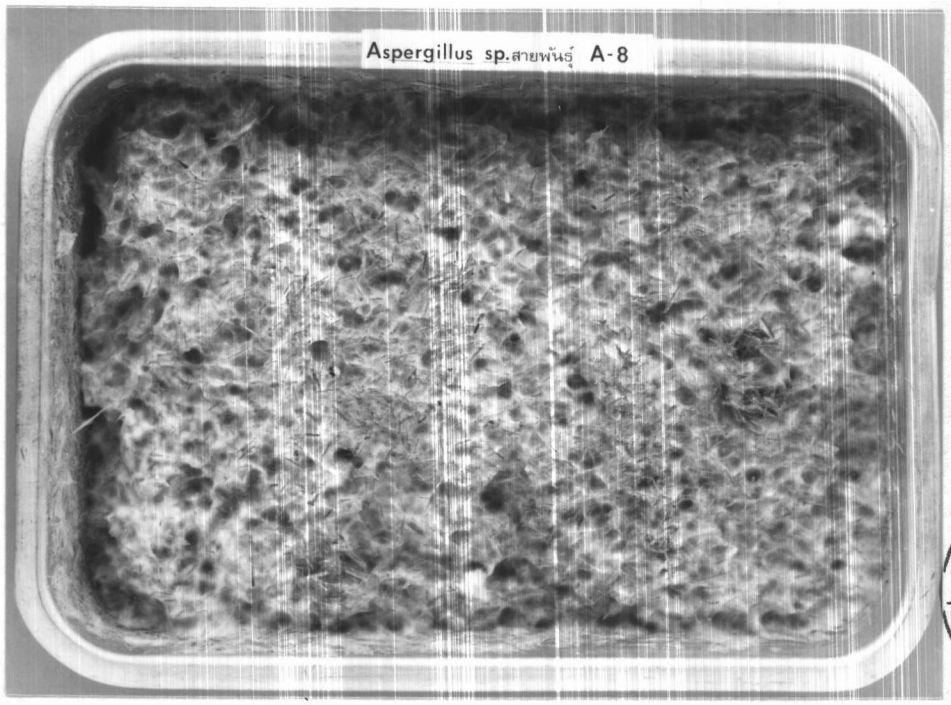
▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

เลี้ยงเชื้อสูตรที่ส่องประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน คือ 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 ตามลำดับ จากการทดลอง (รูปที่ 4.63, 4.64 และ 4.65) พบว่าเชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ จะสร้างสปอร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 2 (ฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียด) มากกว่าเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 1 (รำข้าวหยาบผสมกับรำข้าวละเอียด) และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 2 ที่ทำให้เชื้อราทั้งสามสายพันธุ์ สร้างสปอร์ได้มากที่สุดพบว่าเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะสร้างสปอร์ได้มากที่สุดเมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 5 : 5 (รูปที่ 4.66 และ 4.67) แต่เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 พบว่าการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะลดลงสำหรับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) จะสร้างสปอร์ได้มากที่สุดเมื่อใช้อัตราส่วนของฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตรต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 : 9 (รูปที่ 4.68) แต่เมื่อใช้ฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ผสมกับรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 พบว่าการสร้างสปอร์จะลดลงตามลำดับ

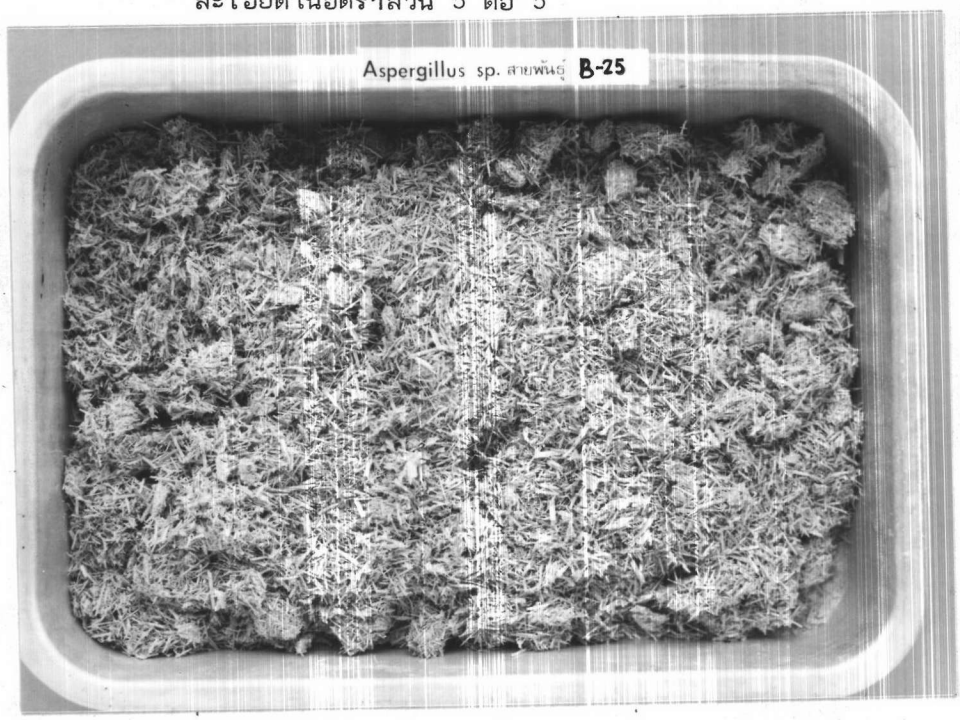
9. ผลการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในโหลหมักโดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (รูปที่ 4.69)

ทำการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในโหลหมักโดยเติมเชื้อราต่างชนิดกัน พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง, ปริมาณคาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว, ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (โปตัสเซียมออกไซด์และฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์) ตลอดจนศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว

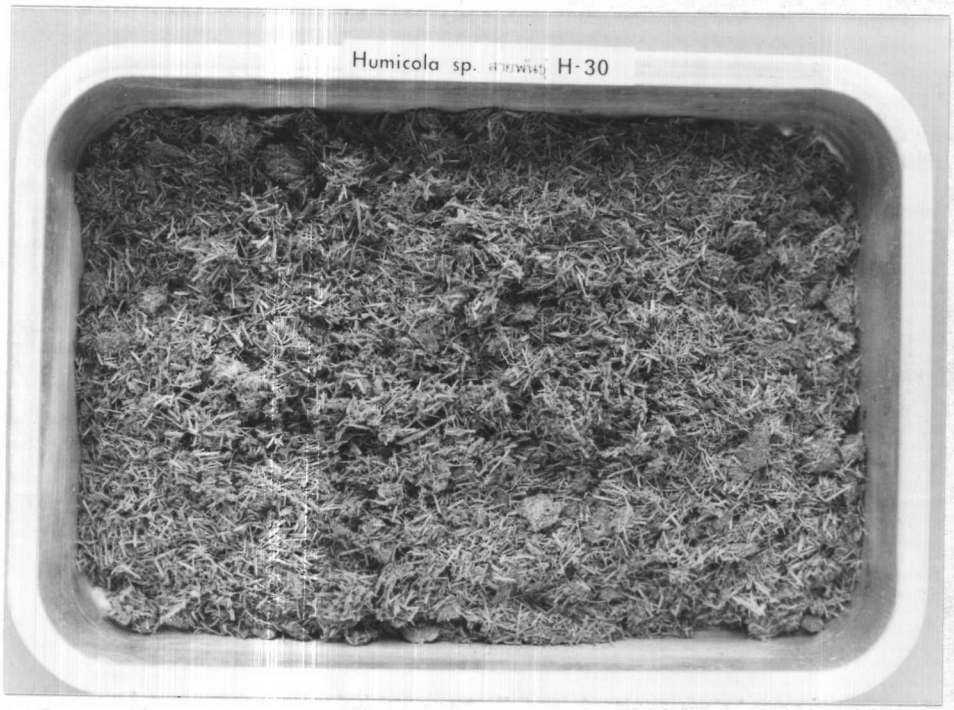


หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

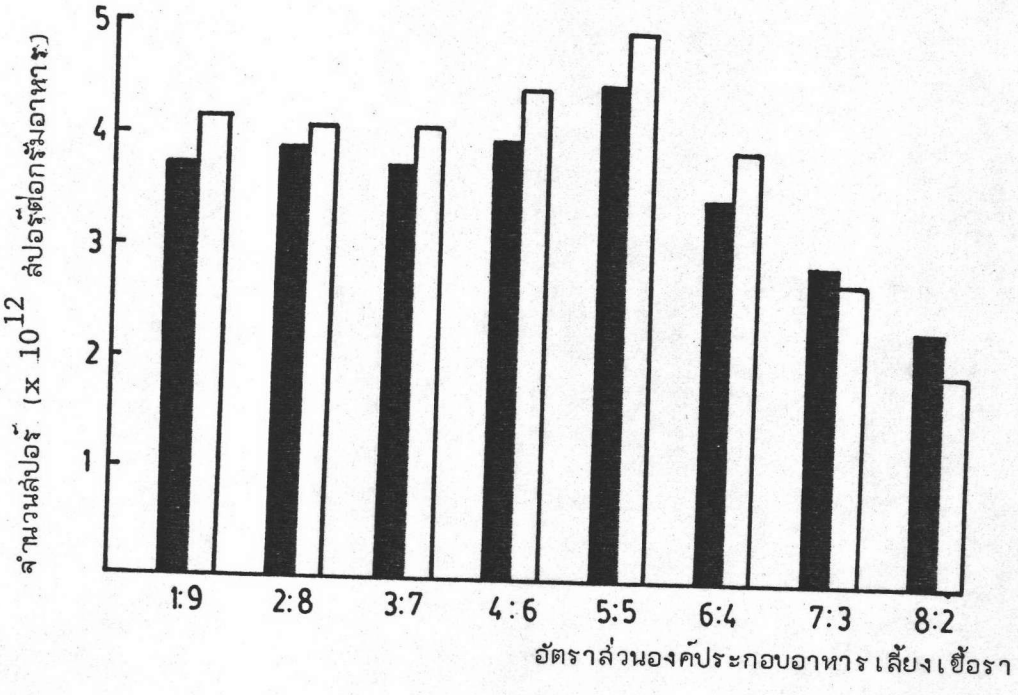
รูปที่ 4.63 แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตรต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 5 ต่อ 5



รูปที่ 4.64 แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 5 ต่อ 5



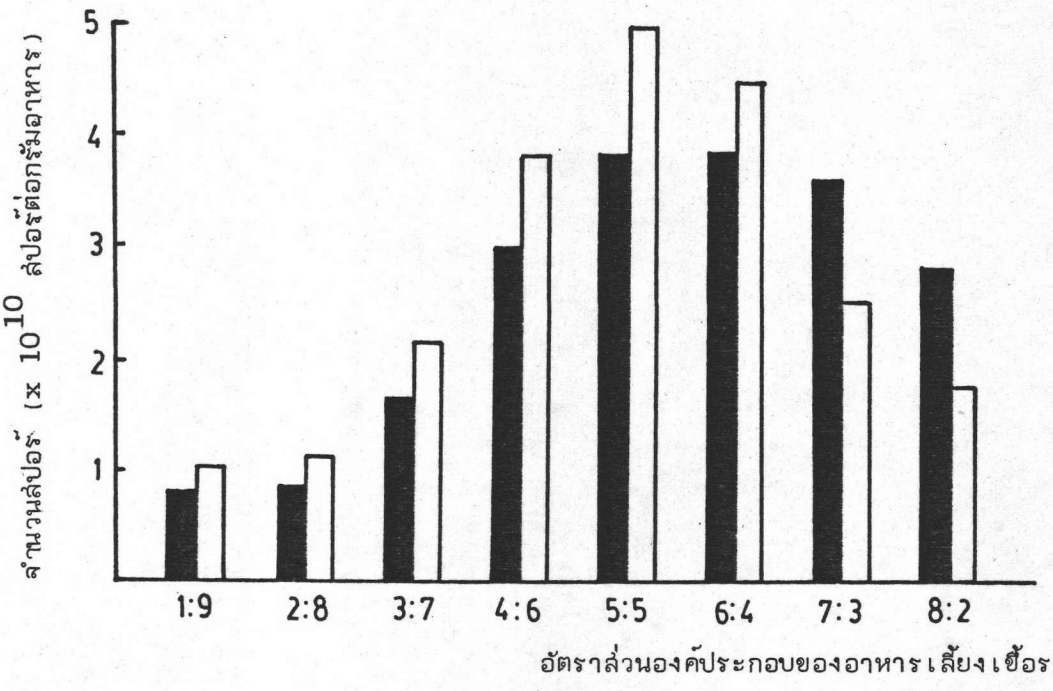
รูปที่ 4.65 แสดงการเตรียมอินนอคคูลัมของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยฟางข้าวขนาดยาว 5 มิลลิเมตร ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 ต่อ 9



รูปที่ 4.66 แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด และฟางข้าวขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียด ในอัตราส่วน 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 ตามลำดับ

■ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด

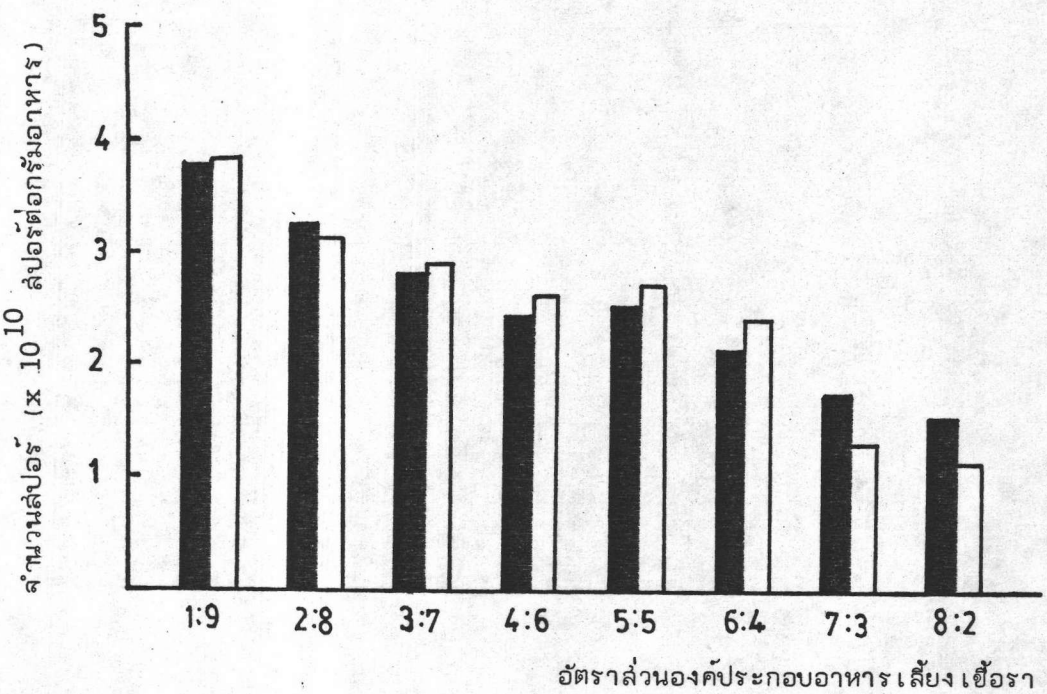
□ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยฟางข้าวขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียด



รูปที่ 4.67 แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด และฟางข้าวขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียด ในอัตราส่วน 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 ตามลำดับ

■ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด

□ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยฟางข้าวขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียด



รูปที่ 4.68 แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด และฟางข้าว ขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียดในอัตราส่วน 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 และ 8 : 2 ตามลำดับ

■ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยรำข้าวหยาบต่อรำข้าวละเอียด

□ อาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วยฟางข้าวขนาด 5 ม ม. ต่อรำข้าวละเอียด

รูปที่ 4.69 แสดงการหมักฟางข้าวในโหลหมัก โดยมีท่อเอสลอนสำหรับระบายอากาศบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 ถึง 32 องศาเซลเซียส)

9.1 ผลการเปรียบเทียบอุหณภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30), และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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)และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 30.42 ± 0.32, 30.81 ± 0.14, 30.24 ± 0.26, 29.94 ± 0.13, 28.78 ± 0.42, 29.92 ± 0.33 และ 30.05 ± 0.21 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 35.31 ± 0.21, 36.15 ± 0.33, 33.26 ± 0.24, 32.36 ± 0.16, 33.42 ± 0.12, 34.61 ± 0.28 และ 33.04 ± 0.16 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 4.70) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งพบว่าอุณหภูมิในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 33.56 ± 0.74, 34.17 ± 0.60, 34.90 ± 0.17, 32.97 ± 0.78, 32.80 ± 0.79 และ 31.20 ± 0.36 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 33.10 ± 0.44 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติม

เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp.(A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.19)

9.2 ผลการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา และไม่เติมเชื้อราจะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา มีความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากับ 4.51 ± 0.32, 4.58 ± 0.16, 6.02 ± 0.15, 4.48 ± 0.18, 4.52 ± 0.32, 4.50 ± 0.14 และ 4.51 ± 0.26 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 4.32 ± 0.22, 4.21 ± 0.18, 5.81 ± 0.18, 4.37 ± 0.17, 4.41 ± 0.12, 4.32 ± 0.19 และ 4.48 ± 0.23 ตามลำดับ (รูปที่ 4.71) เมื่อทำการหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.81 ± 0.09, 6.64 ± 0.16, 6.38 ± 0.11, 6.42 ± 0.20, 5.99 ± 0.11 และ 5.76 ± 0.14 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.14 ± 0.16 เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus*

sp. (B-25) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราและโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีการแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.20)

9.3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป 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

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความชื้นของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้นโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความชื้นของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 80.44 ± 0.16, 79.32 ± 0.24, 80.21 ± 0.19, 81.02 ± 0.06, 80.42 ± 0.09, 81.02 ± 0.18 และ 79.93 ± 0.21 ตามลำดับ จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 81.27 ± 0.32, 80.81 ± 0.27, 80.52 ± 0.53, 81.48 ± 0.61, 80.02 ± 0.41, 80.03 ± 0.29 และ 79.68 ± 0.18 ตามลำดับ (รูปที่ 4.72) เมื่อทำการหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งพบว่าความชื้นของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า

โหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) มีความยืนของฟางข้าวลดลงเหลือ 77.42 ± 1.00, 76.02 ± 0.92, 75.81 ± 1.13, 77.50 ± 1.23, 77.37 ± 1.21 และ 76.10 ± 1.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความยืนของฟางข้าวลดลงเหลือ 76.17 ± 1.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ลดลงน้อยที่สุดและเมื่อนำข้อมูลความยืนของฟางข้าวเมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.21)

9.4 ผลการเปรียบเทียบคารับอนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป 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

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และไม่เติมเชื้อรามีปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นเท่ากับ 46.23 $\pm$ 0.15, 46.42 $\pm$ 0.14, 46.31 $\pm$ 0.09, 46.23 $\pm$ 0.08, 46.13 $\pm$ 0.17, 46.35 $\pm$ 0.26 และ 46.34 $\pm$ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคาร์บอนลดลงเหลือ 44.18 $\pm$ 0.12, 43.38 $\pm$ 0.09, 44.63 $\pm$ 0.16, 44.32 $\pm$ 0.29, 44.38 $\pm$ 0.13, 45.12 $\pm$ 0.17 และ 45.22 $\pm$ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.73) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราลดลงตามลำดับ และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 37.14 $\pm$ 0.09, 38.06 $\pm$ 0.17, 38.14 $\pm$ 0.09, 38.81 $\pm$ 0.05, 39.06 $\pm$ 0.07 และ 38.42 $\pm$ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 39.64 $\pm$ 0.12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น

และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.22)

9.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป 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) และที่ไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซนต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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 มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.78 ± 0.03, 0.77 ± 0.13, 0.78 ± 0.12, 0.78 ± 0.05, 0.77 ± 0.15, 0.78 ± 0.16 และ 0.77 ± 0.05 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 0.84 ± 0.04, 0.83 ± 0.24, 0.81 ± 0.17, 0.82 ± 0.33, 0.80 ± 0.18, 0.82 ± 0.05 และ 0.84 ± 0.15 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.74) เมื่อทำการหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.32 $\pm$ 0.05, 1.27 $\pm$ 0.06, 1.08 $\pm$ 0.08, 1.24 $\pm$ 0.07, 1.19 $\pm$ 0.07 และ 1.14 $\pm$ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณไนโตรเจนลดลงเหลือ 1.06 $\pm$ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมัก

ที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.23)

9.6 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา และไม่เติมเชื้อราจะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และไม่เติมเชื้อรามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ $59.34 \pm .34$, 60.36 ± 2.67, 59.39 ± 1.41, 59.31 ± 1.88, 60.05 ± 3.55, 59.71 ± 1.50 และ 60.51 ± 2.52 ตามลำดับ จะลดลงเหลือ 52.69 ± 2.72, 52.36 ± 2.73, 55.19 ± 2.69, 54.12 ± 2.24, 55.54 ± 2.30, 55.12 ± 2.75 และ 53.94 ± 2.90 ตามลำดับ (รูปที่ 4.75) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลงตามลำดับ และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ

28.16 $\pm$ 1.09, 30.01 $\pm$ 1.35, 35.44 $\pm$ 2.70, 31.36 $\pm$ 1.66, 32.90 $\pm$ 1.94 และ 33.73 $\pm$ 1.29 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 38.52 $\pm$ 1.62 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าลดลงมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนของไนโตรเจนของฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่เติม

เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนการับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.24)

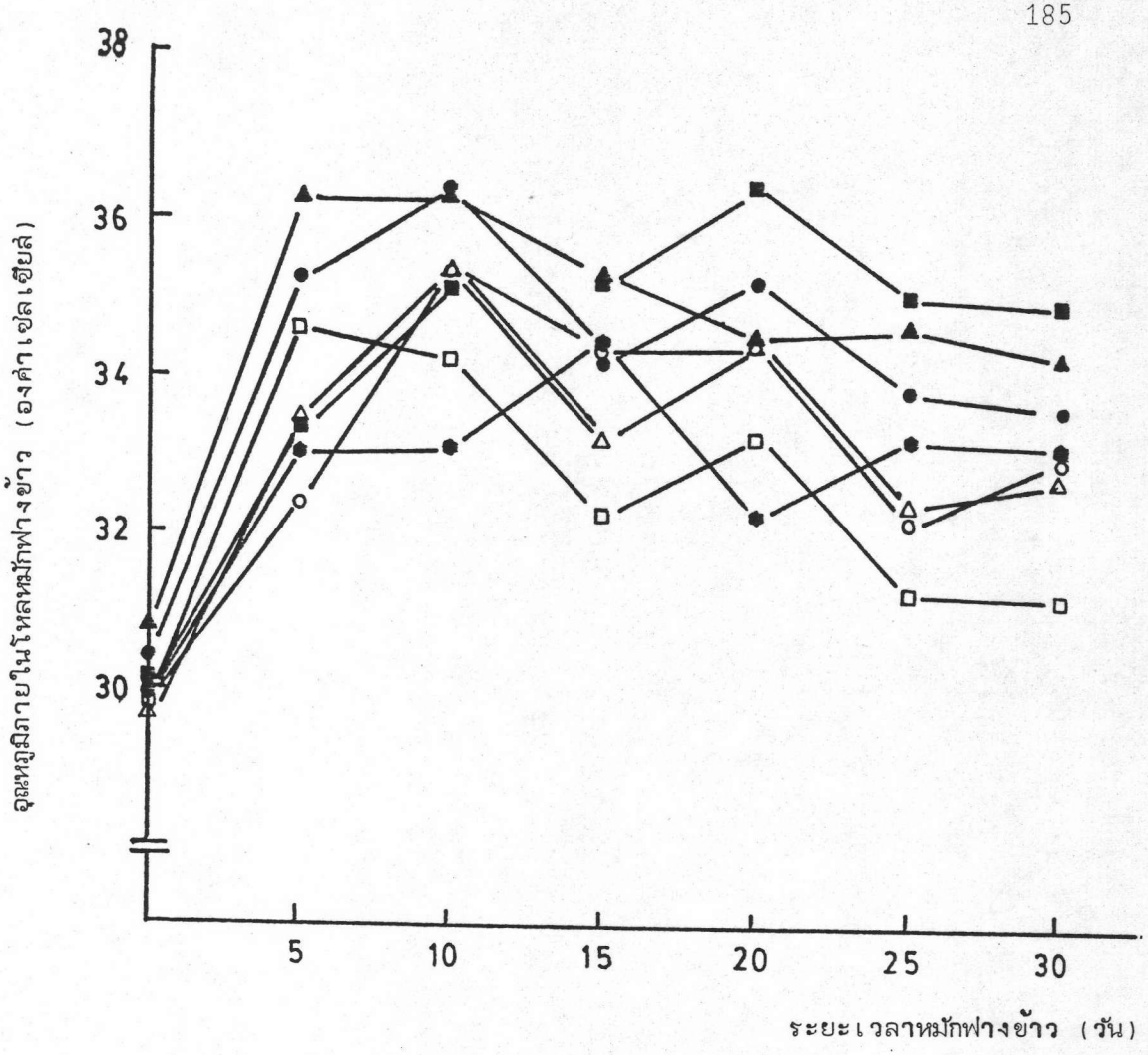
9.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์ จะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์เริ่มต้นเท่ากับ 0.91 ± 0.12, 0.92 ± 0.03, 0.91 ± 0.14, 0.93 ± 0.07, 0.92 ± 0.16, 0.90 ± 0.11 และ 0.91 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ลดลงเหลือ 0.77 ± 0.02, 0.79 ± 0.004, 0.88 ± 0.02, 0.84 ± 0.03, 0.86 ± 0.04, 0.81 ± 0.03 และ 0.82 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.76) เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ลดน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา

Aspergillus sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่น และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหักที่เติมเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30), โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราชนิดอื่นและโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.25)

9.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไป 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

เมื่อทำการหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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 มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.12 ± 0.06, 0.09 ± 0.04, 0.10 ± 0.03, 0.11 ± 0.05, 0.08 ± 0.04, 0.10 ± 0.08 และ 0.08 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.16 ± 0.02, 0.14 ± 0.03, 0.13 ± 0.03, 0.14 ± 0.02, 0.13 ± 0.04, 0.12 ± 0.02 และ 0.12 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.77) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับเชื้อรา *Humicola* sp. (H-30) เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *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) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.26)



รูปที่ 4.70 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△——△ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□——□ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

⬢——⬢ ไม่เติมเชื้อรา

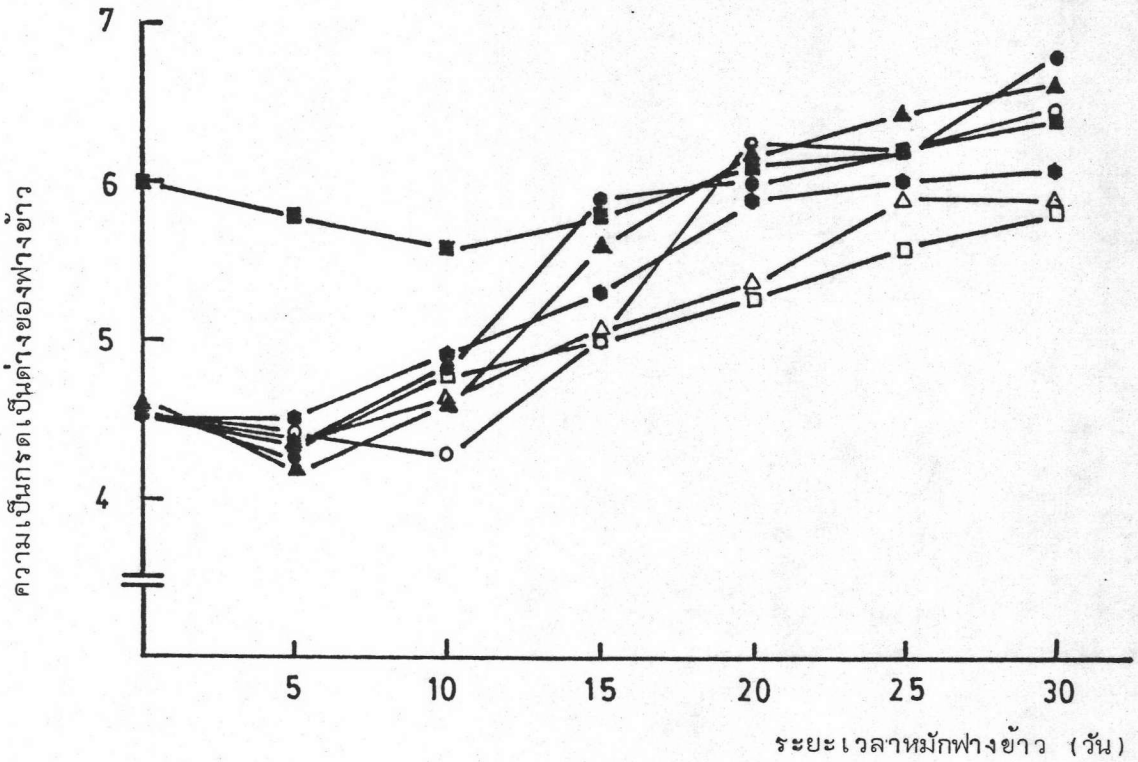
ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
Humicola sp. (H-30)	34.90 a
Aspergillus sp. (B-25)	34.17 ab
Aspergillus sp. (A-8)	33.56 bc
ไม่เติมเชื้อรา	33.10 c
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	32.97 c
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	32.80 c
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	31.20 d
significant difference	*
C.V. (%)	3.52

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.71 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ชนิดของเชื้อรา

● ——— ● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲ ——— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■ ——— ■ *Humicola* sp. (H-30)

○ ——— ○ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△ ——— △ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□ ——— □ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

⬢ ——— ⬢ ไม่เติมเชื้อรา

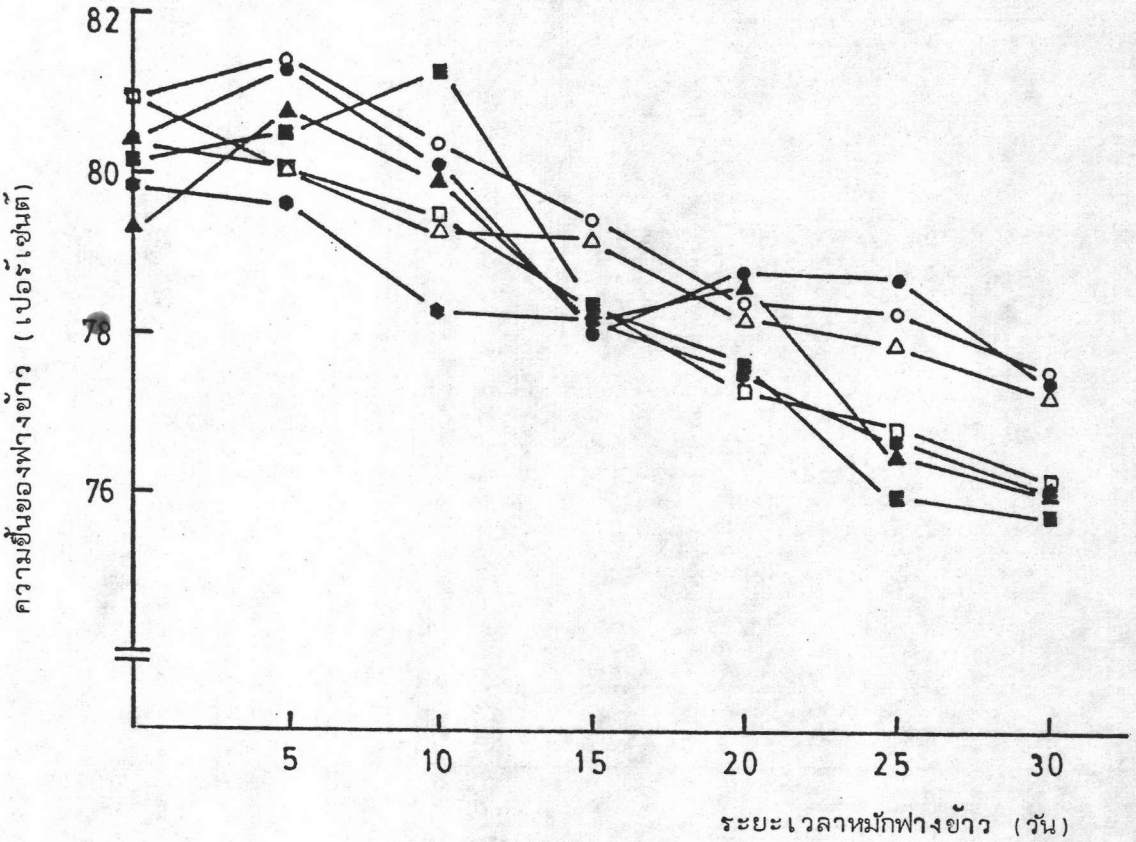
ตารางที่ 4.20 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อรา ต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	6.81 a
Aspergillus sp. (B-25)	6.64 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	6.42 b
Humicola sp. (H-30)	6.38 c
ไม่เติมเชื้อรา	6.14 d
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	5.99 d
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	5.76 e
significant difference	*
C.V. (%)	5.86

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.72 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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 พร้อมกับเติมแอมโมเนียไนเตรต 0.8 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△——△ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□——□ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

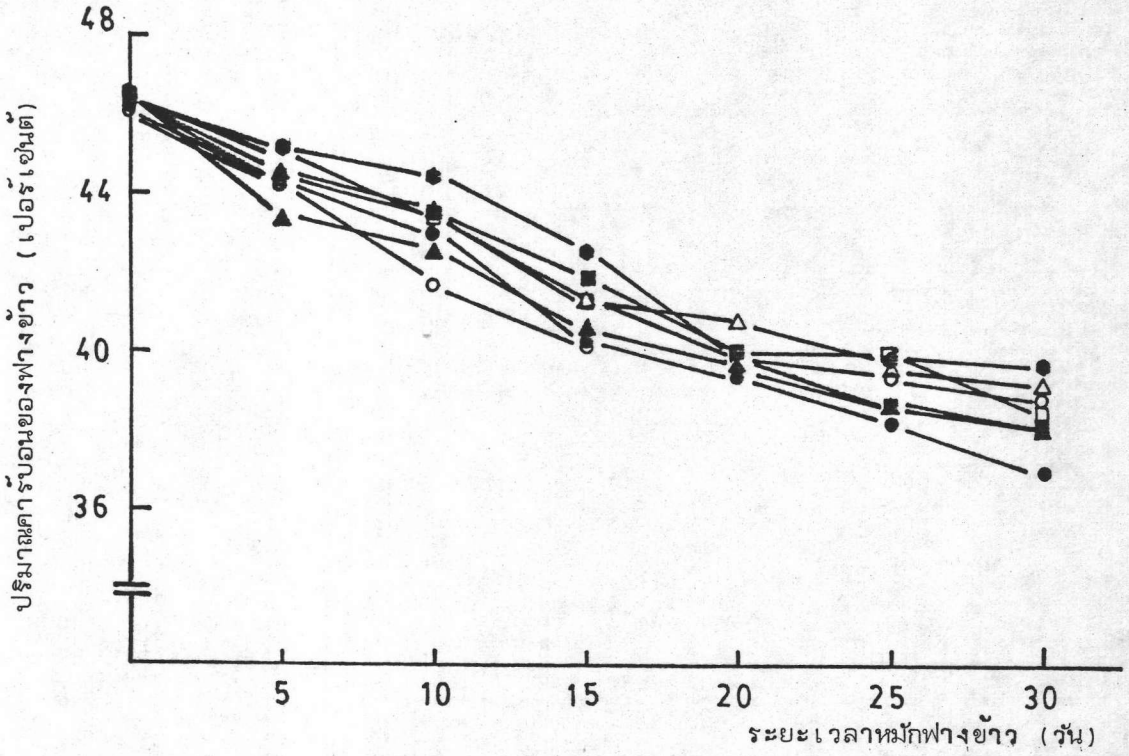
⬡——⬡ ไม่เติมเชื้อรา

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการวิเคราะห์ความยืนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยความยืนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	77.50 a
Aspergillus sp. (A-8)	77.42 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	77.37 a
ไม่เติมเชื้อรา	76.17 a
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	76.10 a
Aspergillus sp. (B-25)	76.02 a
Aspergillus sp. (H-30)	75.81 a
significant difference	NS
C.V. (%)	0.99

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.73 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการรับออนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

o——o *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△——△ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□——□ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

●——● ไม่เติมเชื้อรา

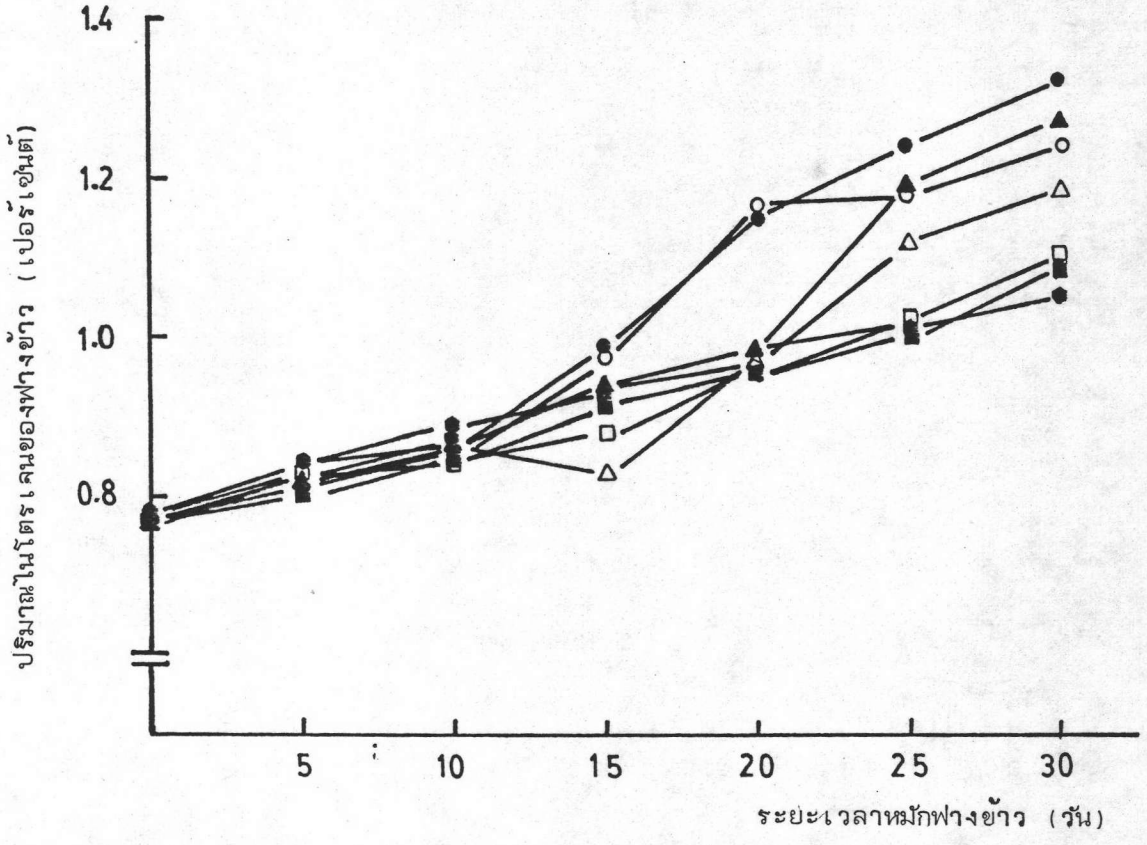
ตารางที่ 4.22 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
ไม่เติมเชื้อรา	39.64 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	39.06 b
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	38.81 c
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	38.42 d
Humicola sp. (H-30)	38.14 e
Aspergillus sp. (B-25)	38.06 e
Aspergillus sp. (A-8)	37.14 f
significant difference	*
C.V. (%)	2.08

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.74 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△——△ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□——□ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

⬢——⬢ ไม่เติมเชื้อรา

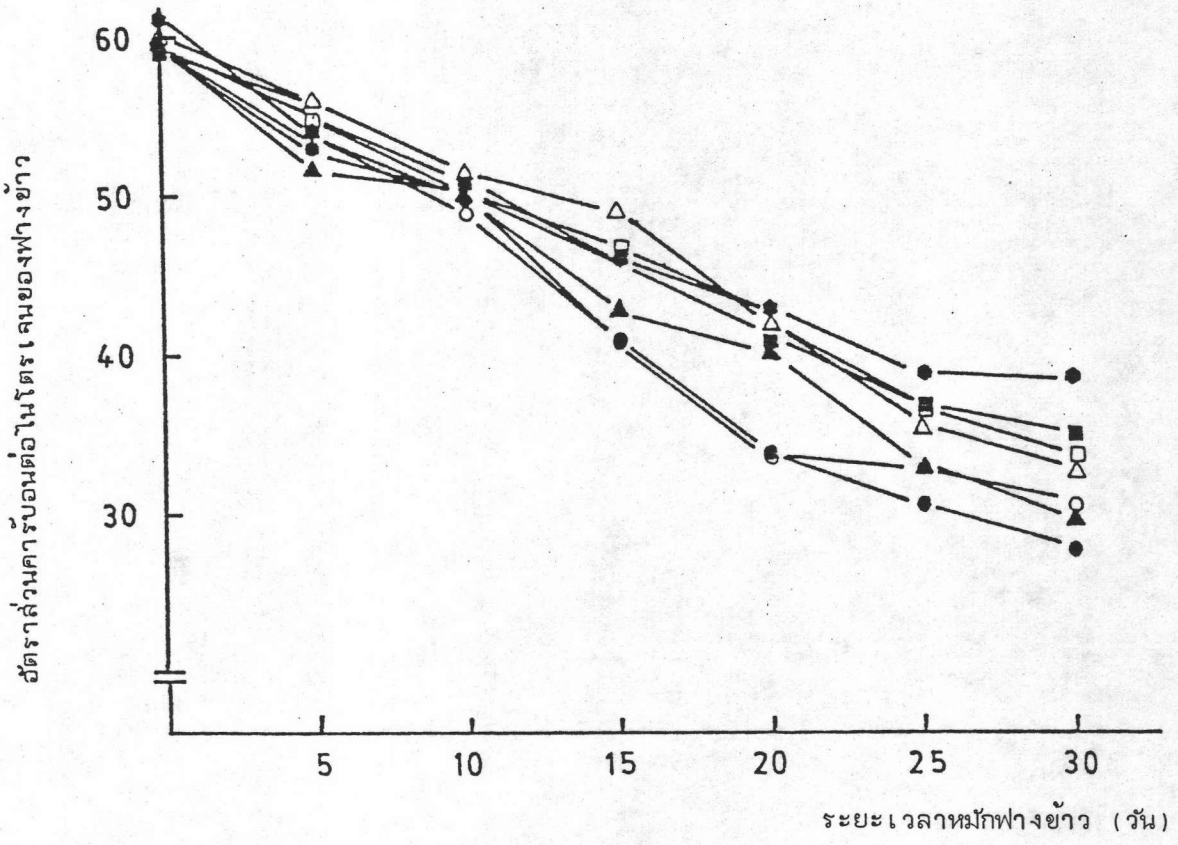
ตารางที่ 4.23 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	1.32 a
Aspergillus sp. (B-25)	1.27 ab
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	1.24 bc
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	1.19 cd
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	1.14 d
Humicola sp. (H-30)	1.08 e
ไม่เติมเชื้อรา	1.06 e
significant difference	*
C.V. (%)	7.56

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.75 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ *Humicola* sp. (H-30)

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Aspergillus* sp. (B-25)

△——△ *Aspergillus* sp. (A-8) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

□——□ *Aspergillus* sp. (B-25) ร่วมกับ *Humicola* sp. (H-30)

⬢——⬢ ไม่เติมเชื้อรา

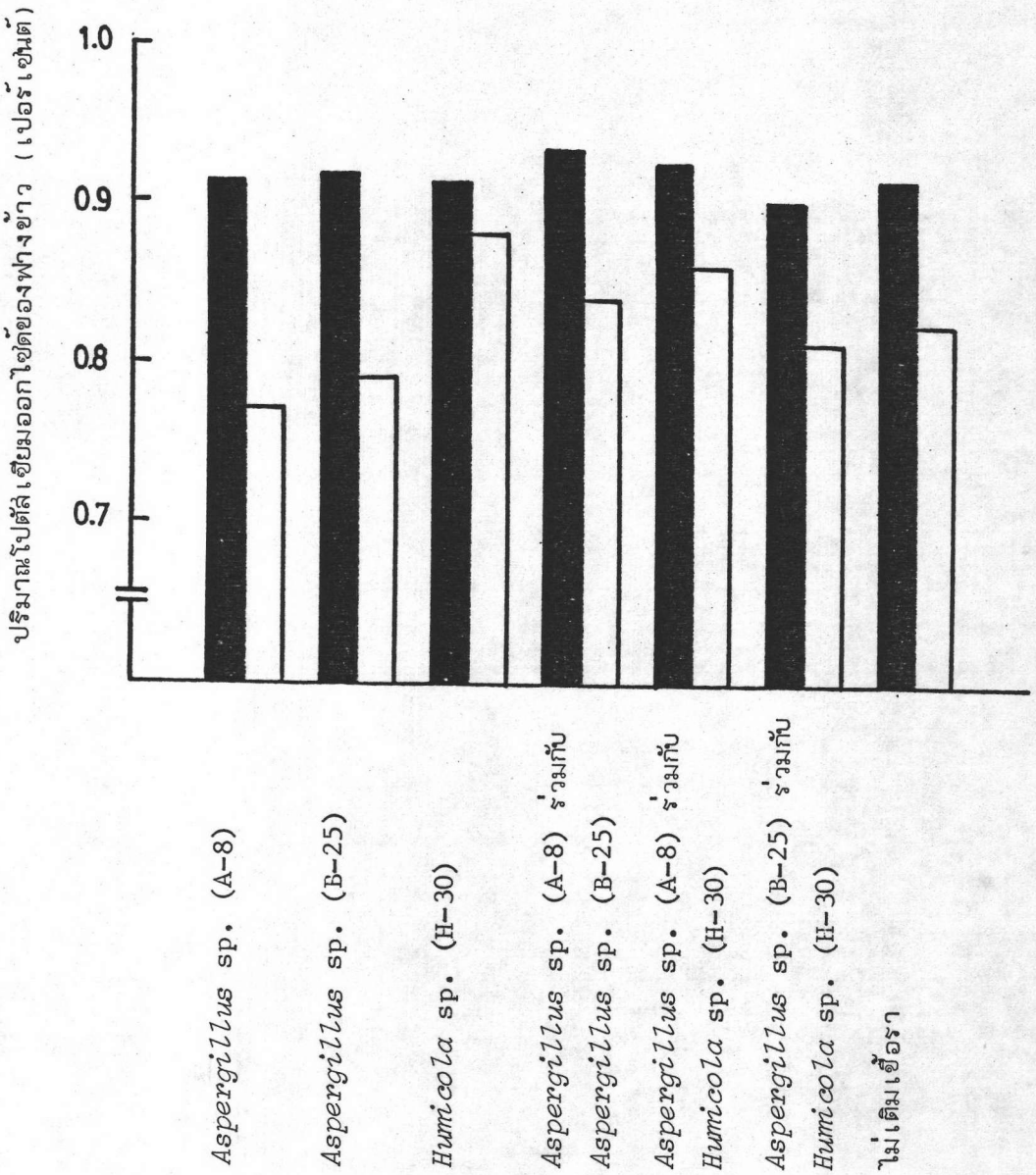
ตารางที่ 4.24 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
ไม่เติมเชื้อรา	38.52 a
Humicola sp. (H-30)	35.44 b
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	33.73 bc
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	32.90 c
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	31.36 cd
Aspergillus sp. (B-25)	30.01 de
Aspergillus sp. (A-8)	28.16 e
significant difference	*
C.V. (%)	10.53

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.76 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ระยะเวลาหมักฟางข้าว

■ 0 วัน

□ 30 วัน

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซี่ยมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อรา ต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

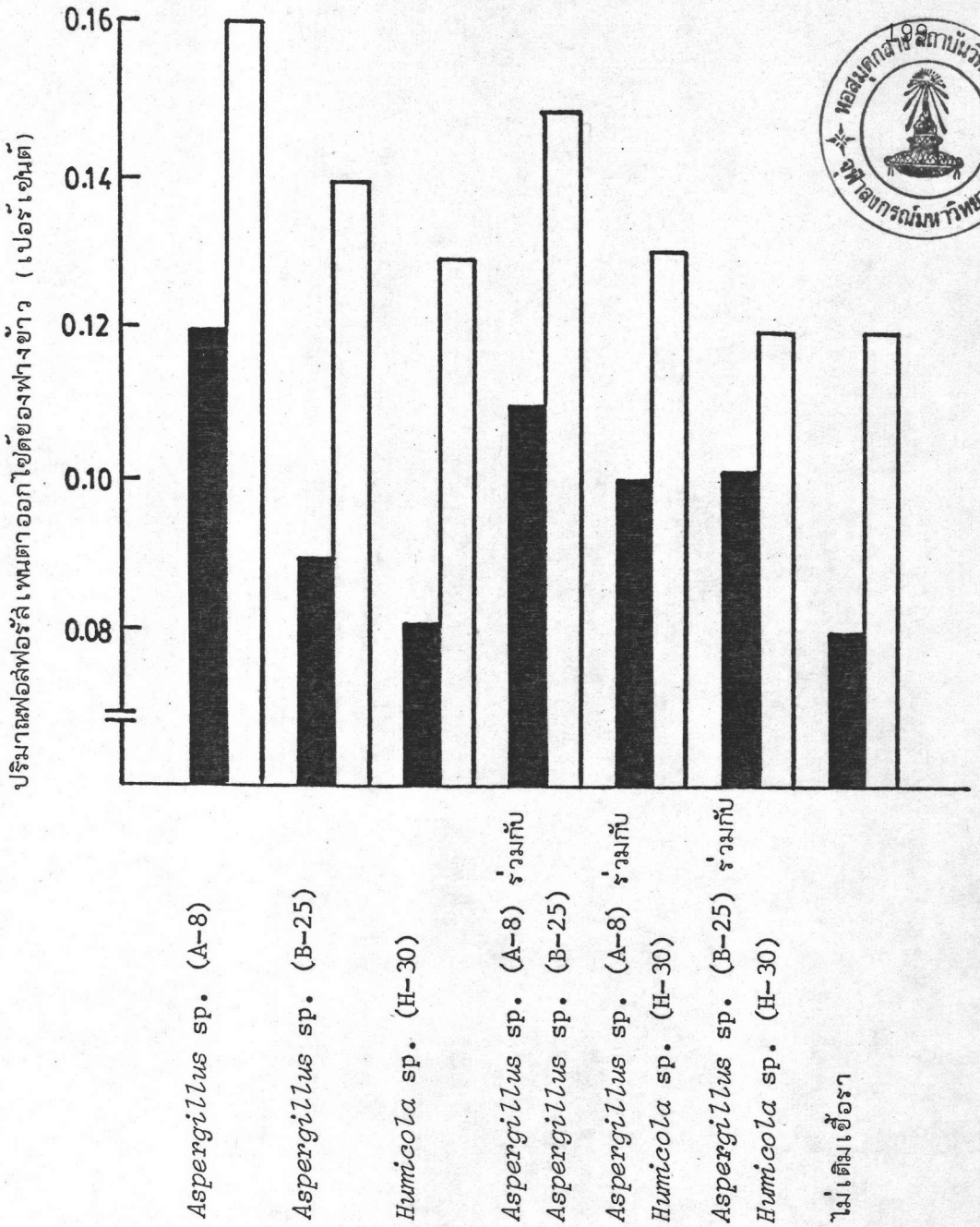
ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปตัสเซี่ยมออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซนต์) เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
Humicola sp. (H-30)	0.88 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	0.86 ab
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	0.84 abc
ไม่เติมเชื้อรา	0.82 bcd
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	0.81 cde
Aspergillus sp. (B-25)	0.79 de
Aspergillus sp. (A-8)	0.77 e
significant difference	*
C.V. (%)	4.88

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.77 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *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

ระยะเวลาหมักฟางข้าว

■ 0 วัน

□ 30 วัน

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	0.16 a
Aspergillus sp. (B-25)	0.14 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Aspergillus* sp. (B-25)	0.16 a
Aspergillus sp. (A-8) + *Humicola* sp. (H-30)	0.13 a
Humicola sp. (H-30)	0.13 a
ไม่เติมเชื้อรา	0.12 a
Aspergillus sp. (B-25) + *Humicola* sp. (H-30)	0.12 a
significant difference	NS
C.V. (%)	7.69

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

10. ผลการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในโหลหมักโดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

ทำการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในโหลหมักโดยเติมเชื้อราต่างชนิดกันพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง, ปริมาณคาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว, ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (โปตัสเซียมออกไซด์และฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์) ตลอดจนศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว

10.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่าง ๆ กัน จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 30.09 ± 0.36, 31.03 ± 0.24 และ 30.21 ± 0.18 องศาเซลเซียส จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวสูงขึ้นเป็น 40.86 ± 0.12, 41.88 ± 0.32 และ 41.12 ± 0.41 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 31.12 ± 0.26, 30.02 ± 0.19 และ 29.98 ± 0.14 องศาเซลเซียส จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวสูงขึ้นเป็น 39.89 ± 0.36, 40.34 ± 0.37 และ 41.82 ± 0.22 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 29.84 ± 0.39, 30.42 ± 0.42, และ 31.04 ± 0.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 36.27 ± 2.21, 36.77 ± 1.86 และ 37.83 ± 1.99 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 4.78) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติม

แอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเท่ากับ 36.10 $\pm$ 2.08, 38.87 $\pm$ 1.12 และ 38.70 $\pm$ 1.85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเท่ากับ 37.27 $\pm$ 1.34, 36.43 $\pm$ 2.75 และ 37.20 $\pm$ 1.74 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวเท่ากับ 36.27 $\pm$ 2.21, 36.77 $\pm$ 1.86 และ 37.83 $\pm$ 1.99 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.27)

10.2 ผลการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 4.50 $\pm$ 0.32, 4.52 $\pm$ 0.23 และ 4.48 $\pm$ 0.18 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 4.43 $\pm$ 0.34, 4.18 $\pm$ 0.13 และ 4.12 $\pm$ 0.27

ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 4.53 ± 0.21, 4.58 ± 0.37 และ 4.51 ± 0.43 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 4.41 ± 0.28, 4.23 ± 0.18 และ 4.20 ± 0.21 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 4.59 ± 0.11, 4.42 ± 0.09 และ 4.42 ± 0.33 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวลดลงเหลือ 4.42 ± 0.32, 4.40 ± 0.28 และ 4.32 ± 0.19 ตามลำดับ (รูปที่ 4.79) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.55 ± 0.06, 6.56 ± 0.08 และ 6.64 ± 0.06 ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.78 ± 0.07, 6.54 ± 0.08 และ 6.48 ± 0.14 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.64 ± 0.12, 6.41 ± 0.14 และ 6.38 ± 0.13 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.28)

10.3 ผลการเปรียบเทียบความยืนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความยืนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะเพิ่มขึ้น โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความยืนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 79.94 ± 0.12, 80.42 ± 0.24 และ 80.38 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีความยืนของ

ฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 80.81 ± 0.41, 80.67 ± 0.33 และ 80.58 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 80.09 ± 0.17, 79.43 ± 0.33 และ 79.39 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีความชื้นของฟางข้าวเพิ่มเป็น 80.65 ± 0.23, 79.86 ± 0.31 และ 79.78 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 80.40 ± 0.36, 79.81 ± 0.41 และ 80.44 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีความชื้นของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 80.69 ± 0.22, 80.33 ± 0.13 และ 80.42 ± 0.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.80) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งพบว่า ความชื้นของฟางข้าวลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของฟางข้าวลดลงเหลือ 77.19 ± 1.45, 76.24 ± 2.09 และ 78.18 ± 1.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของฟางข้าวลดลงเหลือ 75.42 ± 2.04, 76.84 ± 1.91 และ 76.12 ± 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของฟางข้าวลดลงเหลือ 77.06 ± 1.67, 77.22 ± 1.63 และ 75.31 ± 2.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความชื้นของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลดลงมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ ลดน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลความชื้นของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความชื้นของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.29)

10.4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคารับอนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.23 ± 0.08, 46.27 ± 0.32 และ 46.63 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 42.68 ± 0.16, 44.36 ± 0.27 และ 45.67 ± 0.07 ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.36 ± 0.17, 46.28 ± 0.07 และ 46.58 ± 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 43.02 ± 0.09, 43.97 ± 0.16 และ 45.48 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.31 ± 0.34, 46.34 ± 0.06 และ 46.39 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคารับอนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 44.88 ± 0.08, 44.98 ± 0.29 และ 45.68 ± 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.81) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณคารับอนของฟางข้าวจะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 32.18 ± 0.05, 33.88 ± 0.09 และ 38.99 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 33.14 ± 0.06, 35.13 ± 0.04 และ 38.72 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคารับอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 37.15 ± 0.05, 37.98 ± 0.10 และ 40.88 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณคารับอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา

Aspergillus sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ ลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.30)

10.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะเพิ่มขึ้นโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.99 ± 0.01, 1.26 ± 0.04 และ 2.11 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.09 ± 0.04, 1.32 ± 0.03 และ 2.17 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 1.01 ± 0.05, 1.24 ± 0.07 และ 2.10 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.08 ± 0.08, 1.33 ± 0.12 และ 2.15 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 0.99 ± 0.04, 1.26 ± 0.06 และ 2.10 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.02 ± 0.13, 1.29 ± 0.06 และ 2.12 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.82) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าโหลหมัก

ที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1,5, 2,5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.62 $\pm$ 0.06, 1.87 $\pm$ 0.05 และ 2.43 $\pm$ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.58 $\pm$ 0.07, 1.67 $\pm$ 0.06 และ 2.39 $\pm$ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.24 $\pm$ 0.05, 1.40 $\pm$ 0.05 และ 2.20 $\pm$ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณ 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.31)

10.6 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.86 $\pm$ 0.24, 36.72 $\pm$ 1.18 และ 22.11 $\pm$ 0.45 ตามลำดับ จะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 39.17 $\pm$ 0.95, 33.63 $\pm$ 0.27 และ 21.05 $\pm$ 0.25 ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp, (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 45.98 $\pm$ 2.25, 37.40 $\pm$ 2.12 และ 22.04 $\pm$ 0.33 ตามลำดับ จะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 39.86 $\pm$ 1.26, 33.11 $\pm$ 1.45 และ 20.78 $\pm$ 0.64 ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียม-ไนเตรตในปริมาณ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.82 $\pm$ 1.59, 36.80 $\pm$ 1.88 และ 22.06 $\pm$ 0.05 ตามลำดับ จะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 43.84 $\pm$ 1.45, 34.40 $\pm$ 1.28 และ 21.67 $\pm$ 0.58 ตามลำดับ (รูปที่ 4.83) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวยังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไน-เตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 19.88 $\pm$ 0.66, 18.13 $\pm$ 0.48 และ 16.05 $\pm$ 0.40 ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 21.00 $\pm$ 0.94, 21.05 $\pm$ 0.77 และ 16.21 $\pm$ 0.51 ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 29.99 $\pm$ 1.17, 27.15 $\pm$ 0.93 และ 18.59 $\pm$ 0.54 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus*

sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลดลงมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ ลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมัก

ที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.32)

10.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวจะลดลง โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.93 ± 0.04, 0.91 ± 0.02 และ 0.92 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวลดลงเหลือ 0.87 ± 0.01, 0.83 ± 0.02 และ 0.53 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.91 ± 0.06, 0.90 ± 0.03 และ 0.92 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวลดลงเหลือ 0.74 ± 0.02, 0.78 ± 0.03 และ 0.62 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.91 ± 0.04, 0.90 ± 0.03 และ 0.90 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวลดลงเหลือ 0.82 ± 0.03, 0.78 ± 0.04 และ 0.67 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.84) เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับโติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ลดลงน้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มา

วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์, โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวใน

โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.33)

10.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

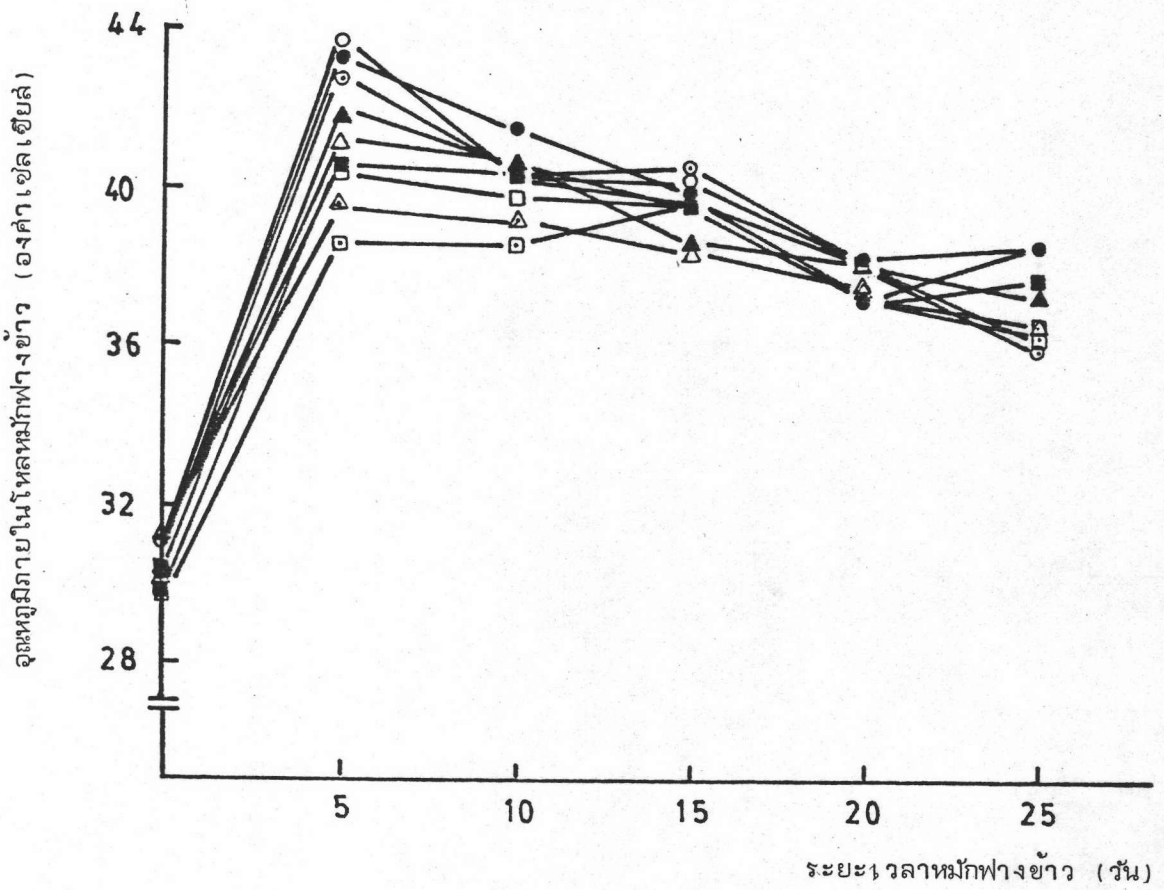
เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวจะลดลงโดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.13 ± 0.05, 0.13 ± 0.06 และ 0.12 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.20 ± 0.02, 0.31 ± 0.03 และ 0.18 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.12 ± 0.02, 0.12 ± 0.03 และ 0.13 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.17 ± 0.05, 0.13 ± 0.03 และ 0.18 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์เริ่มต้นเท่ากับ 0.13 ± 0.01, 0.12 ± 0.05, 0.12 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 0.13 ± 0.02, 0.16 ± 0.01 และ 0.14 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.85) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8)

พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่เพิ่มขึ้นเลย และเมื่อนำข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp.(A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์, โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์, โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อม

กับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.34)

11. ผลการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะมีการย่อยสลายฟางข้าว

ในขณะที่มีการย่อยสลายฟางข้าวโดยเชื้อจุลินทรีย์ คาร์บอนที่อยู่ในฟางข้าวจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ โดยส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีกส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารอื่น เช่น แอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ (Gray และคณะ, 1971; Lynch, 1979) และเมื่อระยะเวลาในการย่อยสลายฟางข้าวผ่านไป จะทำให้ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงตามลำดับ ดังนั้น การศึกษาการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขณะที่มีการย่อยสลายฟางข้าว จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายคาร์บอน (รูปที่ 4.86) โดยถ้าจุลินทรีย์มีการย่อยสลายคาร์บอนในฟางข้าวได้มาก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาก็จะมากตามขึ้นด้วย จากผลการทดลอง (รูปที่ 4.87) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 5 วัน ของการหมัก จะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นในทุกโหลหมัก เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 30.05 ± 0.16, 28.94 ± 0.25 และ 31.62 ± 0.31 มิลลิกรัม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25)พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 24.50 ± 0.61, 35.41 ± 0.42 และ 39.16 ± 0.23 มิลลิกรัม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 12.11 ± 0.36, 15.62 ± 0.18 และ 18.68 ± 0.44 มิลลิกรัม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันแรกของการหมัก พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากที่สุด



รูปที่ 4.78 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙——⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

●——● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡——⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□——□ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

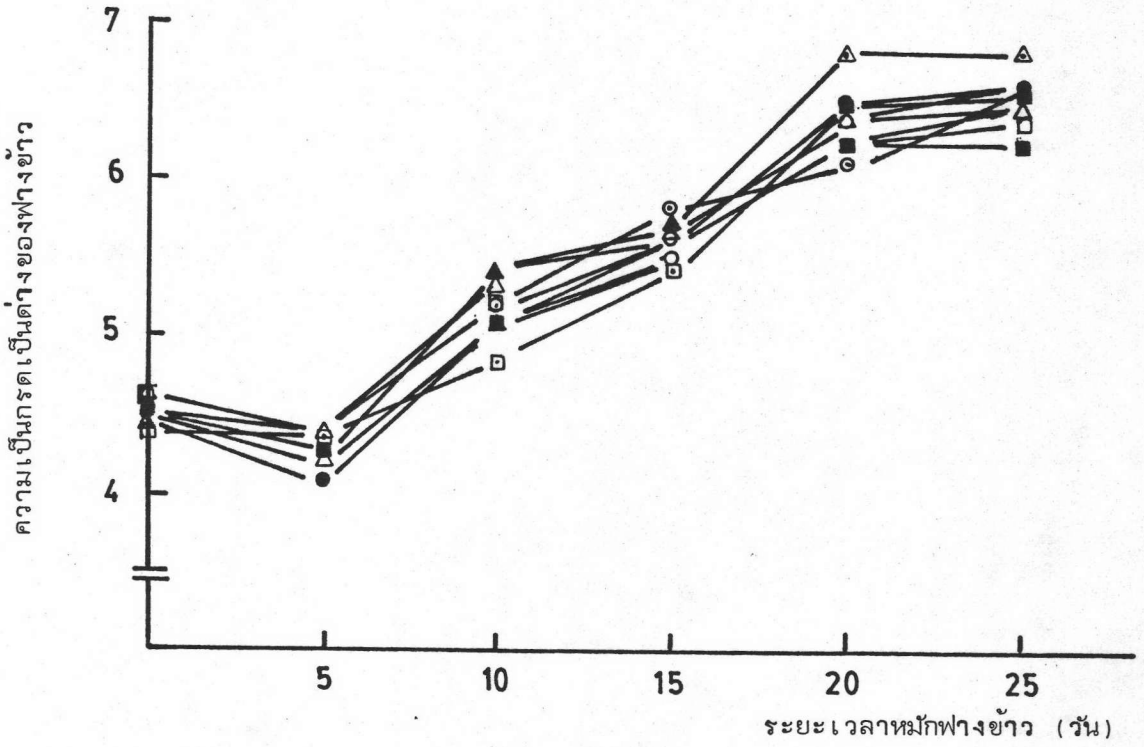
■——■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโหลหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	38.87 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	38.70 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	37.83 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	37.27 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	37.20 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	36.77 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	36.43 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	36.27 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	36.10 a
significant difference	NS
C.V. (%)	4.99

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.79 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙ —— ⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○ —— ○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

● —— ● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

◬ —— ◬ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△ —— △ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲ —— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡ —— ⊡ ไม่เติมเชื้อรา + 1.5%

□ —— □ ไม่เติมเชื้อรา + 2.5%

■ —— ■ ไม่เติมเชื้อรา + 5.0%

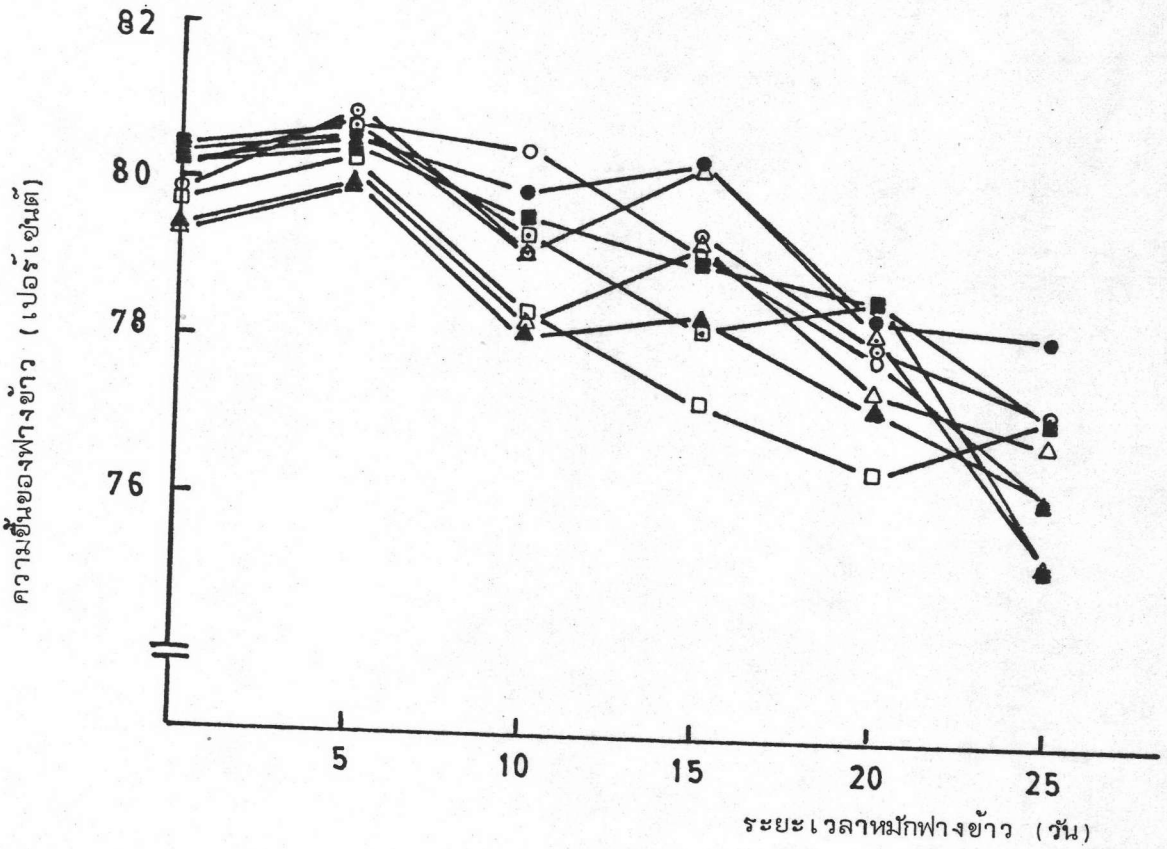
ตารางที่ 4.28 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	6.78 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	6.64 ab
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	6.64 ab
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	6.56 bc
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	6.55 bc
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	6.54 bc
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	6.48 bc
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	6.41 c
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	6.38 c
significant difference	*
C.V. (%)	2.29

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.80 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียม-ไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙——⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

●——● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡——⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□——□ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

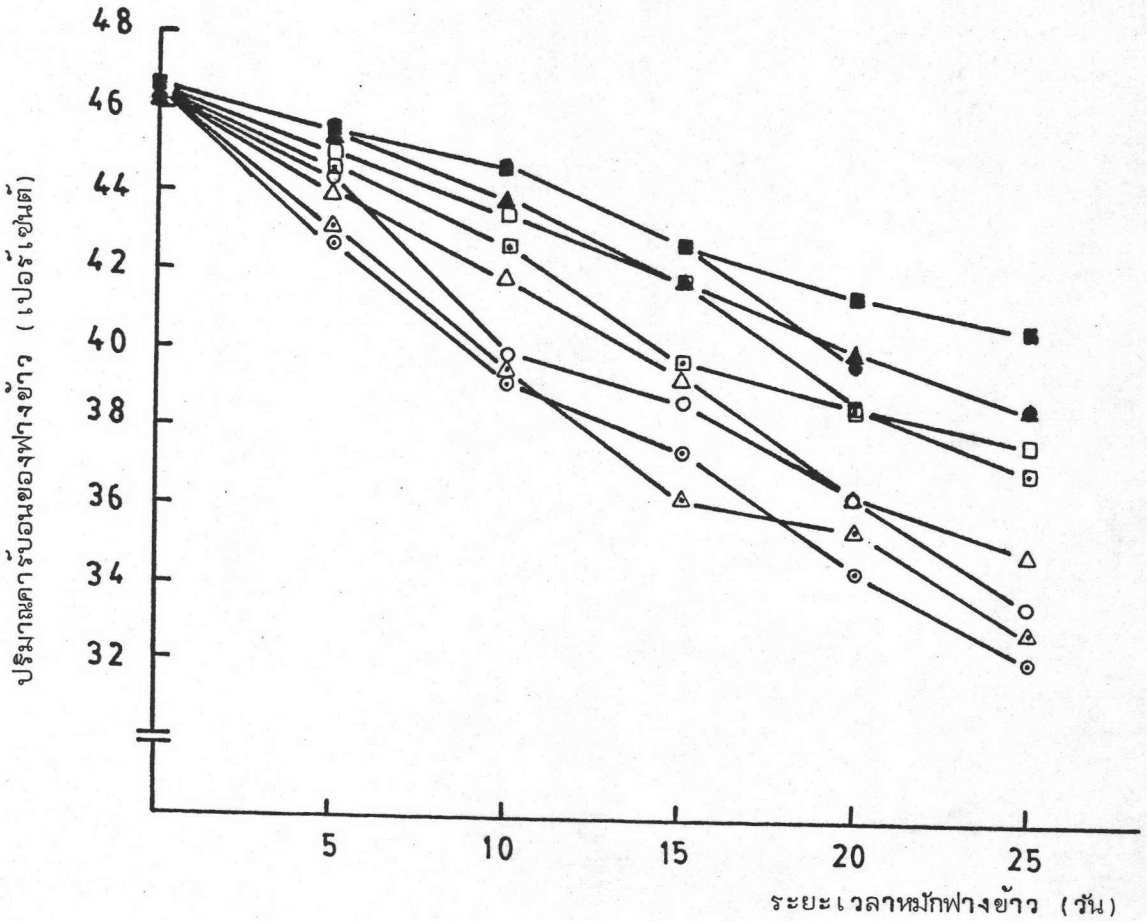
■——■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	78.18 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	77.22 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	77.19 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	77.06 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	76.84 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	76.24 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	76.12 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	75.42 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	75.31 a
significant difference	NS
C.V. (%)	2.26

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.81 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียม-ไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙ ——— ⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○ ——— ○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

● ——— ● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

◬ ——— ◬ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△ ——— △ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲ ——— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡ ——— ⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□ ——— □ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

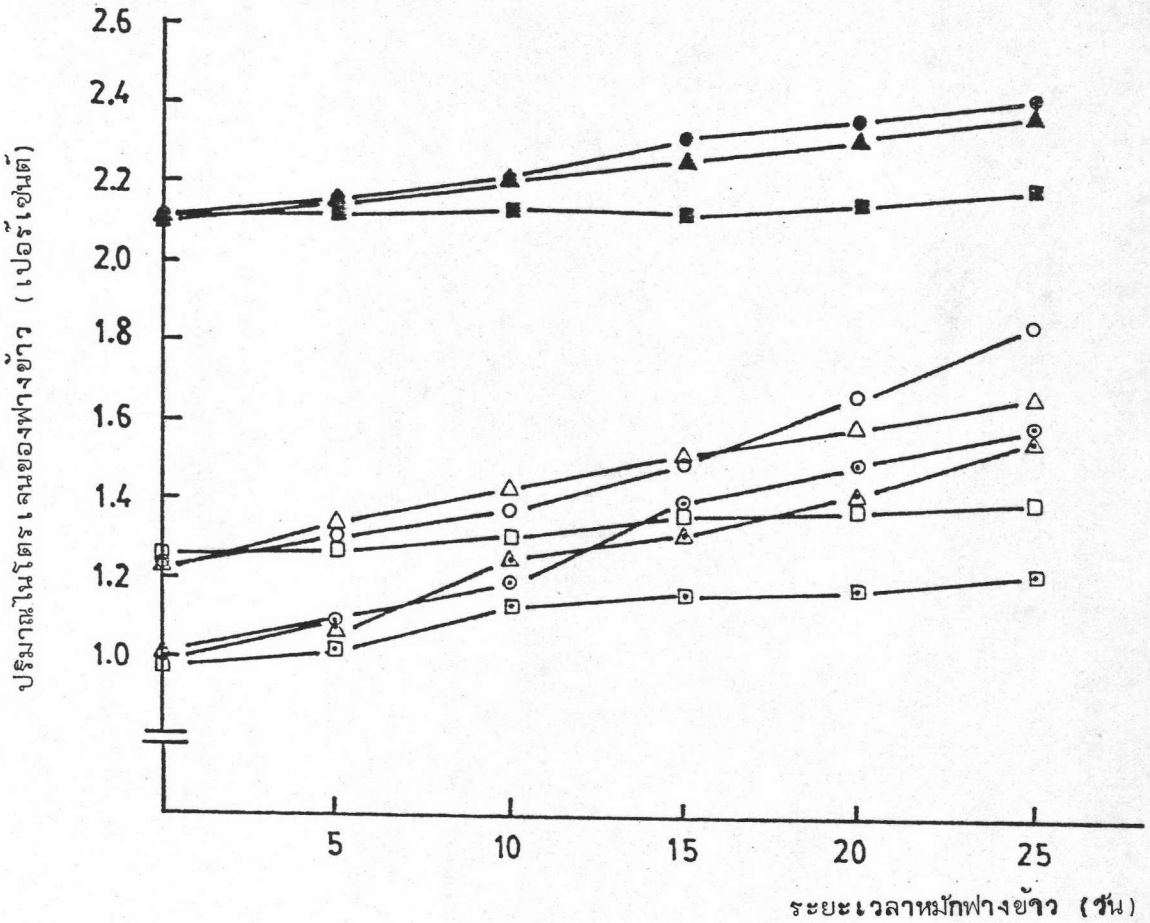
■ ——— ■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการวิเคราะห์คาร์บอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	40.88 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	38.99 b
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	38.72 c
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	37.98 d
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	37.15 e
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	35.13 f
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	33.88 g
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	33.14 h
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	32.18 i
significant difference	*
C.V. (%)	8.20

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.82 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙ ——— ⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○ ——— ○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

● ——— ● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

◬ ——— ◬ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△ ——— △ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲ ——— ▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

□ ——— □ ไม่เติมเชื้อรา + 1.5%

□ ——— □ ไม่เติมเชื้อรา + 2.5%

■ ——— ■ ไม่เติมเชื้อรา + 5.0%

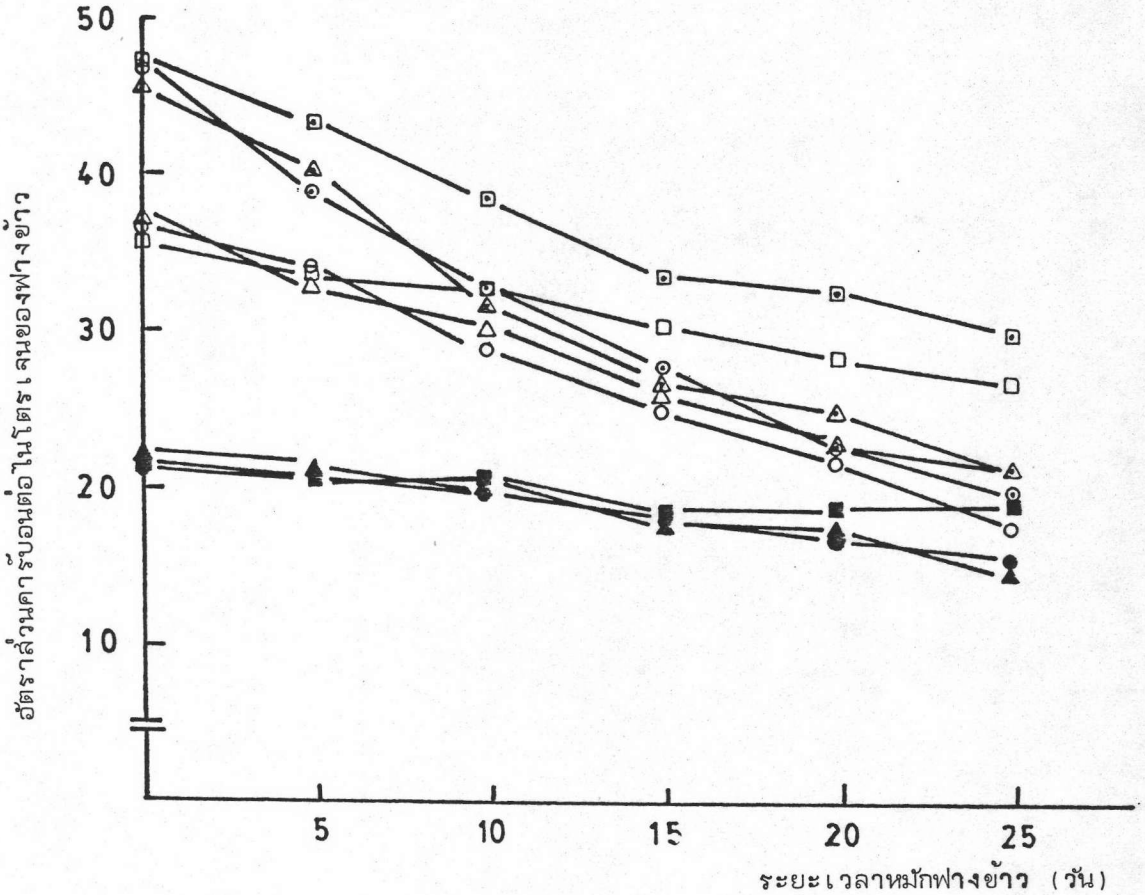
ตารางที่ 4.31 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	2.43 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	2.39 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	2.20 b
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	1.87 c
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	1.67 d
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	1.62 e
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	1.58 e
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	1.40 f
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	1.24 g
significant difference	*
C.V. (%)	23.62

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.83 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียม-ไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙——⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

●——● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡——⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□——□ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

■——■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

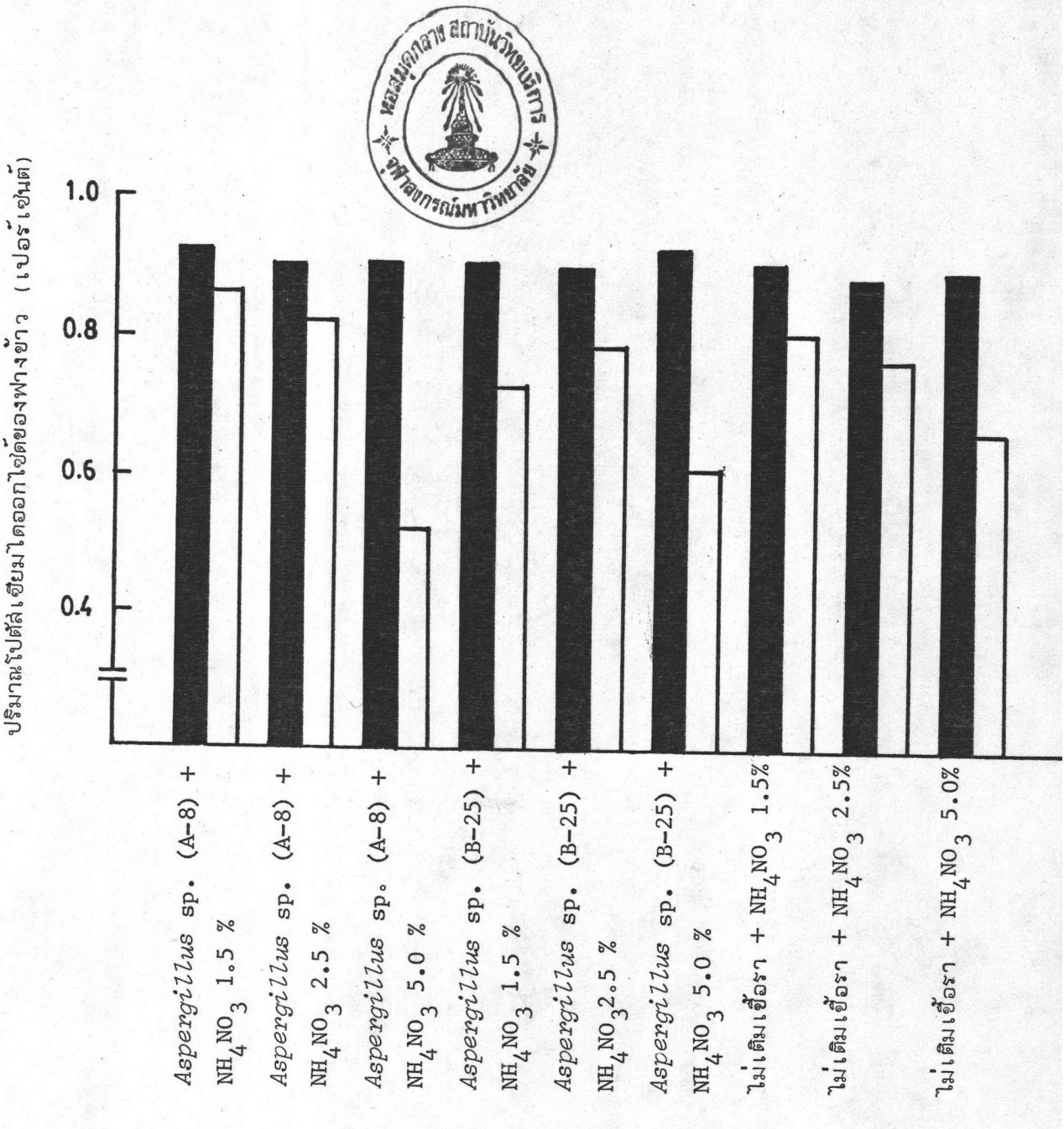
ตารางที่ 4.32 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคายรับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคายรับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	29.99 a
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	27.15 b
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	21.05 c
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	21.00 c
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	19.88 cd
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	18.59 de
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	18.13 e
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	16.21 f
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	16.05 f
significant difference	*
C.V. (%)	22.79

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.84 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

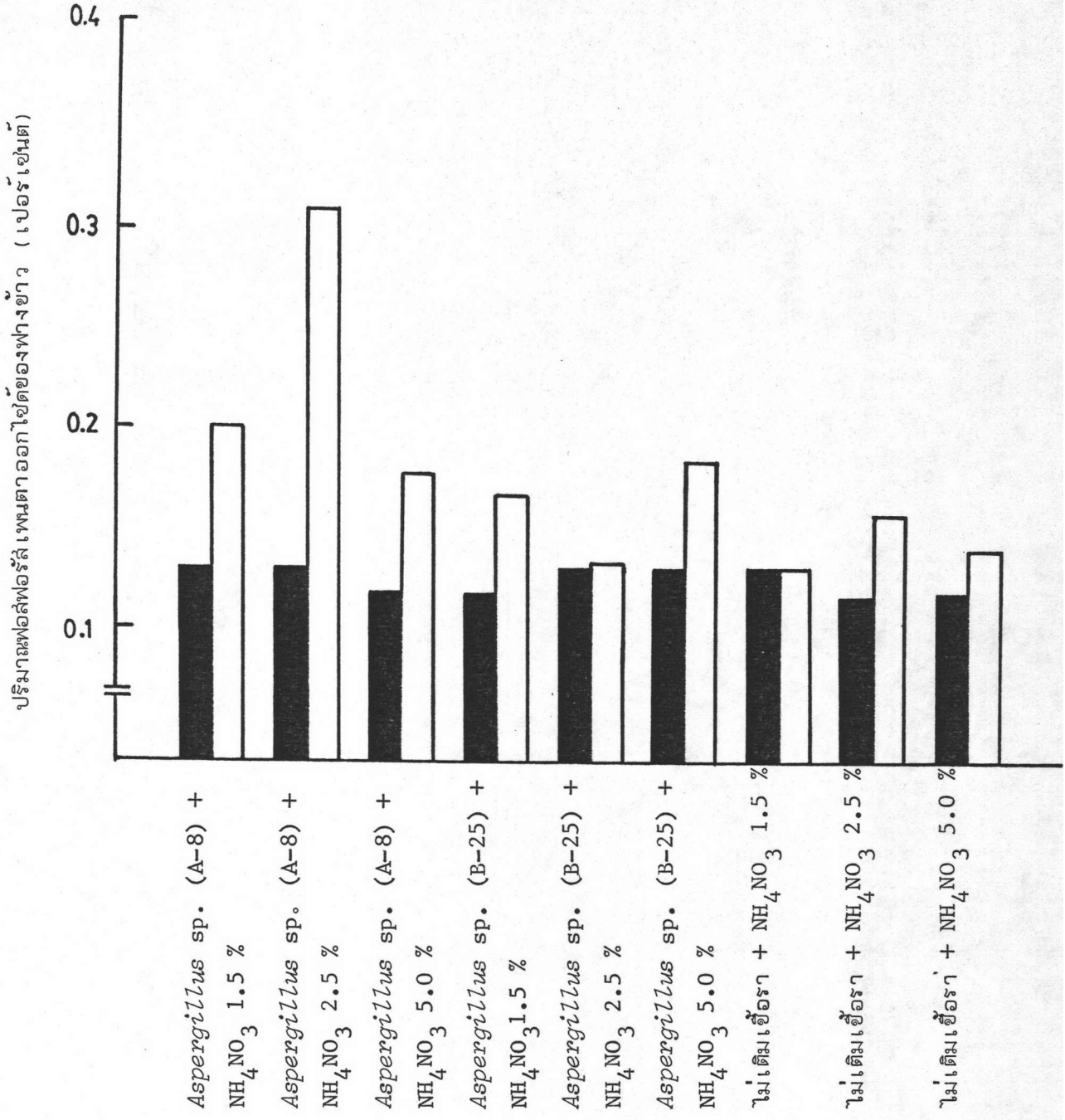
ตารางที่ 4.33 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซี่ยมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อรา และแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปตัสเซี่ยมออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	0.87 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	0.83 ab
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	0.82 bc
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	0.78 cd
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	0.78 cd
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	0.74 d
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	0.67 e
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	0.62 f
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	0.53 g
significant difference	*
C.V. (%)	14.86

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.85 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกันคือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ระยะเวลาหมักฟางข้าว

■ 0 วัน

□ 25 วัน

ตารางที่ 4.34 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออก-ไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	0.31 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	0.20 b
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	0.18 bc
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	0.18 bc
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	0.17 bc
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	0.16 bc
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	0.14 c
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	0.13 c
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	0.13 c
significant difference	*
C.V. (%)	33.33

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกับโหลหมักอื่น ๆ และเมื่อหมักฟางข้าวในระยะเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในทุกโหลหมักจะน้อยกว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันแรกของการหมัก และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 15 วัน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จะมากกว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรกของการหมัก แต่จะน้อยกว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันแรกของการหมัก และเมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ 5 วันของการหมักจะลดลง เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจะเพิ่มมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันสุดท้ายของการหมักมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราแต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อรา

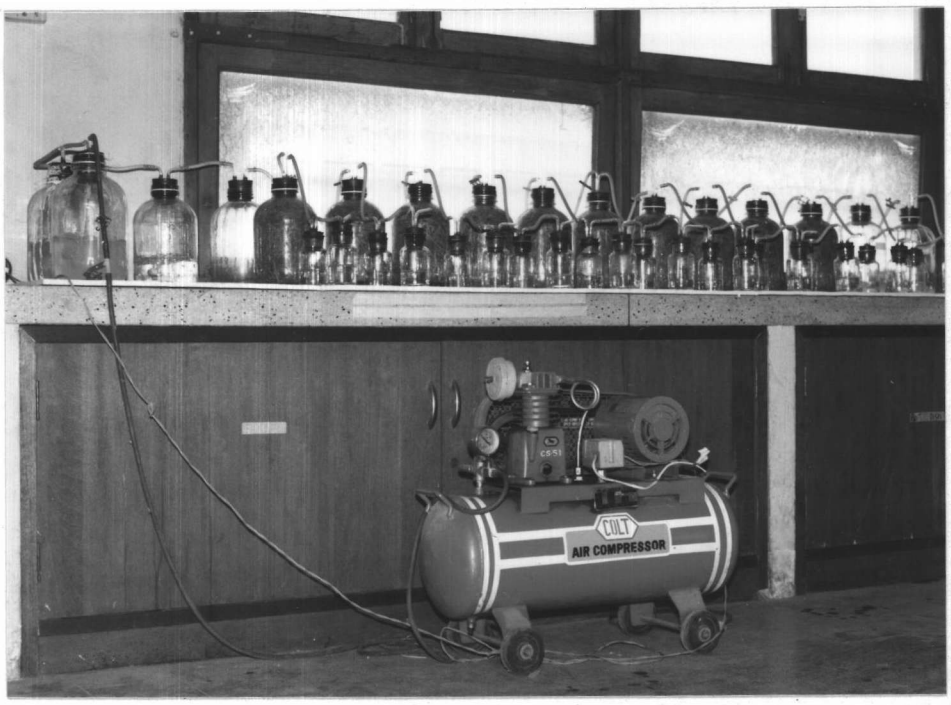
และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.35)

และจากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาในการหมักฟางข้าว (รูปที่ 4.88) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นในทุกโหลหมัก เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน โดยโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 30.05 ± 0.16, 28.94 ± 0.25 และ 31.62 ± 0.31 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 24.50 ± 0.61, 35.41 ± 0.42 และ 39.16 ± 0.23 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 12.11 ± 0.36, 15.62 ± 0.18 และ 18.68 ± 0.44 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวต่อไประยะเวลา 30 วัน พบว่าโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 105.12 ± 3.08, 124.38 ± 3.33 และ 143.71 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว สำหรับโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 112.06 ± 1.89, 100.08 ± 2.03 และ 126.46 ± 1.67 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 54.18 ± 2.43, 79.85 ± 1.73 และ 60.17 ± 1.16 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอน-

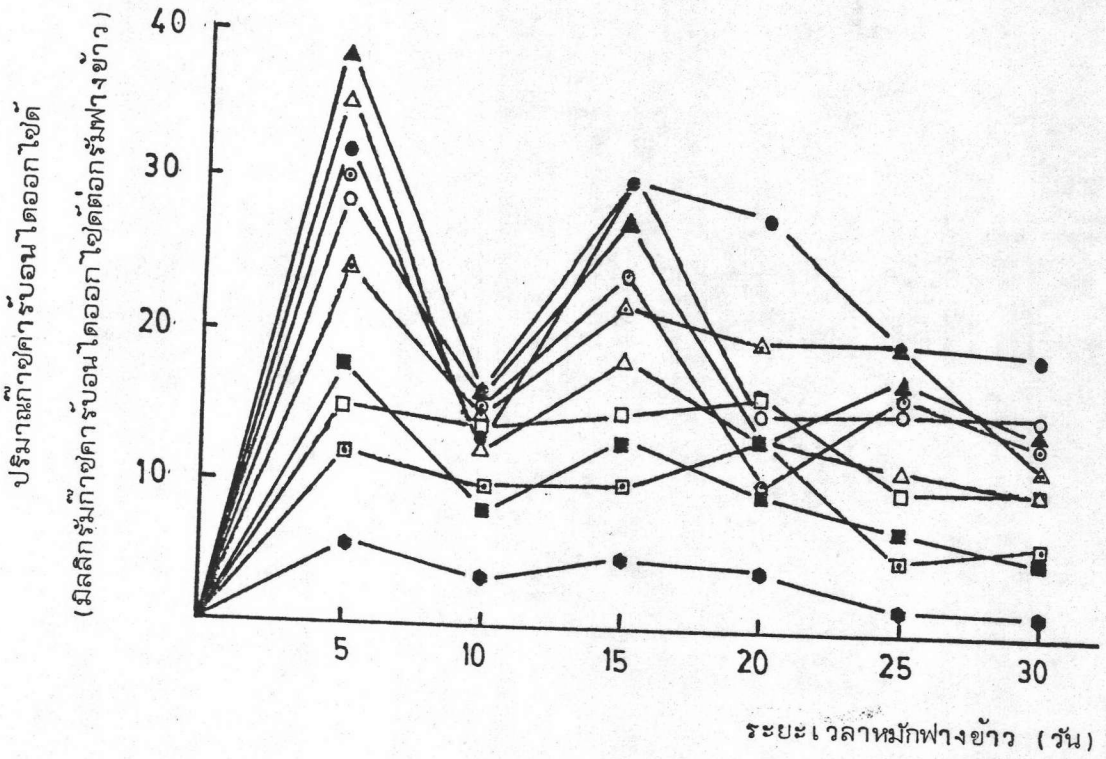
ไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเพิ่มมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 5.0 เปอร์เซ็นต์ และโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างกับโหลหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์, โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 2.5 เปอร์เซ็นต์, โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรา แต่เติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าให้ผลความแตกต่างเช่นเดียวกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.36)

12. ผลการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในถังหมักซีเมนต์ โดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.89)

ทำการศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวในถังหมักซีเมนต์โดยเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวเร่งในการย่อยสลายฟางข้าว แล้วทำการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง,



รูปที่ 4.86 แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ในระหว่างการหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 4.87 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทุก 5 วัน ของการหมักฟางข้าวเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙——⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

●——● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

◬——◬ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡——⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□——□ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

■——■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

⬢——⬢ โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรต

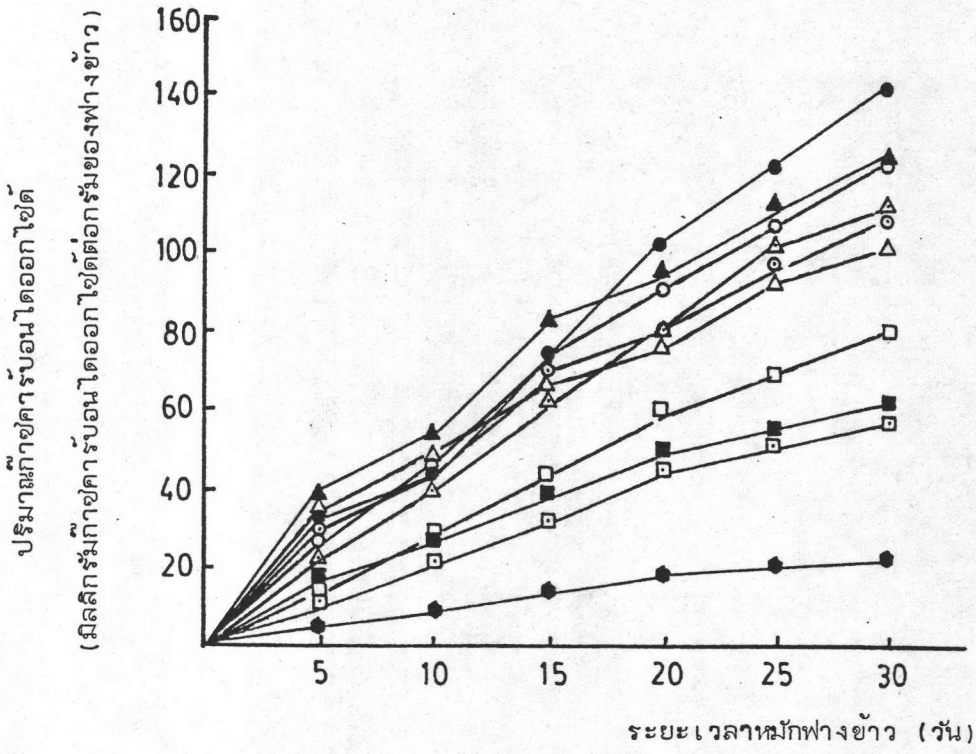
ตารางที่ 4.35 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (ม.ก.ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	19.83 a
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	15.50 b
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	14.61 b
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	13.22 c
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	13.10 c
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	10.84 d
Aspergillus sp. (B-25) 2.5 %	10.82 d
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	6.80 e
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	6.05 e
significant difference	*
C.V. (%)	33.71

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.88 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในโหลหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณที่ต่างกัน คือ 1.5, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 30 วัน

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต

⊙——⊙ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5%

○——○ *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5%

●——● *Aspergillus* sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5%

△——△ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5%

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0%

⊡——⊡ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5%

□——□ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5%

■——■ ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0%

⬢——⬢ โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรต

ตารางที่ 4.36 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อเติมเชื้อราและแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น (ม.ก.ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 5.0 %	143.71 a
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 5.0 %	126.46 b
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 2.5 %	124.38 b
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 1.5 %	112.06 c
Aspergillus sp. (A-8) + NH_4NO_3 1.5 %	105.12 d
Aspergillus sp. (B-25) + NH_4NO_3 2.5 %	100.08 e
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 2.5 %	79.85 f
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 5.0 %	60.17 g
ไม่เติมเชื้อรา + NH_4NO_3 1.5 %	54.18 h
significant difference	*
C.V. (%)	30.35

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณคาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว, ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (โปตัสเซียมออกไซด์และฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์) ตลอดจนศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิภายในถังหมักซีเมนต์ ได้ผลทดลองดังต่อไปนี้

12.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในถังหมักฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อุณหภูมิภายในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้นโดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอุณหภูมิภายในถังหมักเริ่มต้นเท่ากับ 30.81 ± 0.61, 30.64 ± 0.34 และ 30.60 ± 0.19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะมีอุณหภูมิภายในถังหมักเพิ่มขึ้นเป็น 45.88 ± 0.48, 45.90 ± 0.21 และ 42.20 ± 0.24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 4.90) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิภายในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีอุณหภูมิภายในถังหมักลดลงเหลือ 35.40 ± 0.17 และ 36.58 ± 0.23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอุณหภูมิภายในถังหมักลดลงเหลือ 36.67 ± 0.22 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าเพิ่มมากที่สุด ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราเพิ่มน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลภายในถังหมักที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอุณหภูมิภายในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ไม่มีความแตกต่างกับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าไม่มีความแตกต่างกับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พบว่าไม่มีความแตกต่างกับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.37)

12.2 ผลการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 4.54 $\pm$ 0.09, 4.51 $\pm$ 0.12 และ 4.49 $\pm$ 0.18 ตามลำดับ จะมีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 5.09 $\pm$ 0.12, 4.48 $\pm$ 0.17 และ 5.27 $\pm$ 0.23 ตามลำดับ (รูปที่ 4.91) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวยังคงเพิ่มขึ้น เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.88 $\pm$ 0.13 และ 6.75 $\pm$ 0.14 ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 6.43 $\pm$ 0.18 เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.38)

12.3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ความชื้นของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความชื้นของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 80.82 $\pm$ 0.32, 80.08 $\pm$ 0.64 และ 80.48 $\pm$ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีความชื้นของฟางข้าวเป็น 81.48 $\pm$ 0.28, 82.02 $\pm$ 0.43 และ 80.86 $\pm$ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตาม

ลำดับ (รูปที่ 4.92) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง ความยืนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีความยืนของฟางข้าวลดลงเหลือ 79.69 $\pm$ 1.31 และ 78.38 $\pm$ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความยืนของฟางข้าวลดลงเหลือ 78.19 $\pm$ 1.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความยืนของฟางข้าวในถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา พบว่าลดลงมากที่สุดขณะที่โหลหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) ลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลความยืนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าความยืนของฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.39)

12.4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 46.32 $\pm$ 0.06, 46.36 $\pm$ 0.09 และ 46.48 $\pm$ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 42.68 $\pm$ 0.28, 43.41 $\pm$ 0.04 และ 44.63 $\pm$ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.93) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรายังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 32.84 $\pm$ 0.05 และ 33.73 $\pm$ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวลดลงเหลือ 38.33 $\pm$ 0.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณคาร์บอนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีDuncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie,

1960) พบว่าปริมาณคารับอนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.40)

12.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 1.01 ± 0.04, 1.00 ± 0.13 และ 1.01 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.14 ± 0.15, 1.12 ± 0.08 และ 1.09 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.94) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรายังคงเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.69 ± 0.03, 1.62 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 1.30 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.41)

12.6 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus*

sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 45.89 ± 1.61, 47.33 ± 0.96 และ 46.03 ± 0.84 ตามลำดับ จะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 37.48 ± 1.56, 38.81 ± 1.68 และ 40.97 ± 1.26 ตามลำดับ (รูปที่ 4.95) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวยังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 19.43 ± 0.32 และ 20.83 ± 0.42 ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวลดลงเหลือ 29.07 ± 0.97 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าลดลงมากที่สุดขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.42)

12.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะลดลง โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์เริ่มต้นเท่ากับ 0.93 ± 0.06, 0.92 ± 0.07 และ 0.92 ± 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ลดลงเหลือ 0.92 ± 0.03, 0.90 ± 0.05 และ 0.92 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.96) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวยังคงลดลง และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25)

มีปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางลดลงเหลือ 0.72 ± 0.04 และ 0.62 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณโปตัสเซียมลดลงเหลือ 0.77 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าลดลงมากที่สุด ขณะที่โหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราลดลงน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่าปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.43)

12.8 ผลการเปรียบเทียบฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อราพร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเริ่มต้นเท่ากับ 0.13 ± 0.19, 0.12 ± 0.02 และ 0.12 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเท่ากับ 0.13 ± 0.12, 0.13 ± 0.03 และ 0.12 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.97) เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อราจะเพิ่มขึ้น และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.20 ± 0.02 และ 0.18 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 0.15 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดขณะที่ถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวที่หมักเป็นระยะเวลา 25 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple

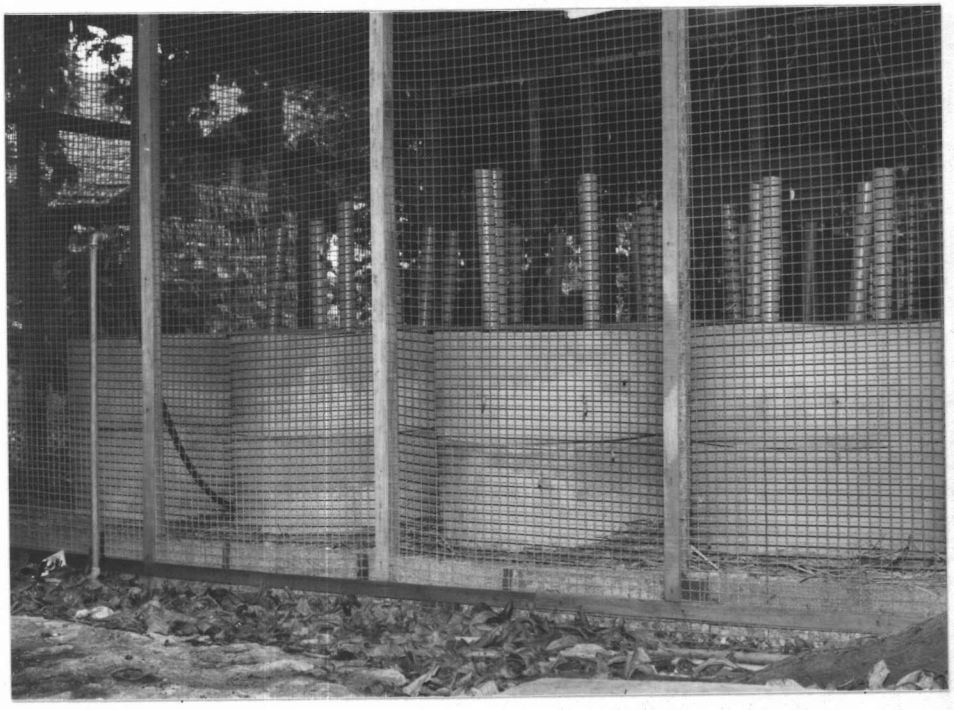
Range Test (Steel และ Torrie, 1960) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.44)

13. ผลการศึกษาชนิดและจำนวนของเชื้อราที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการย่อยสลายฟางข้าวในถังหมักซีเมนต์ เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา

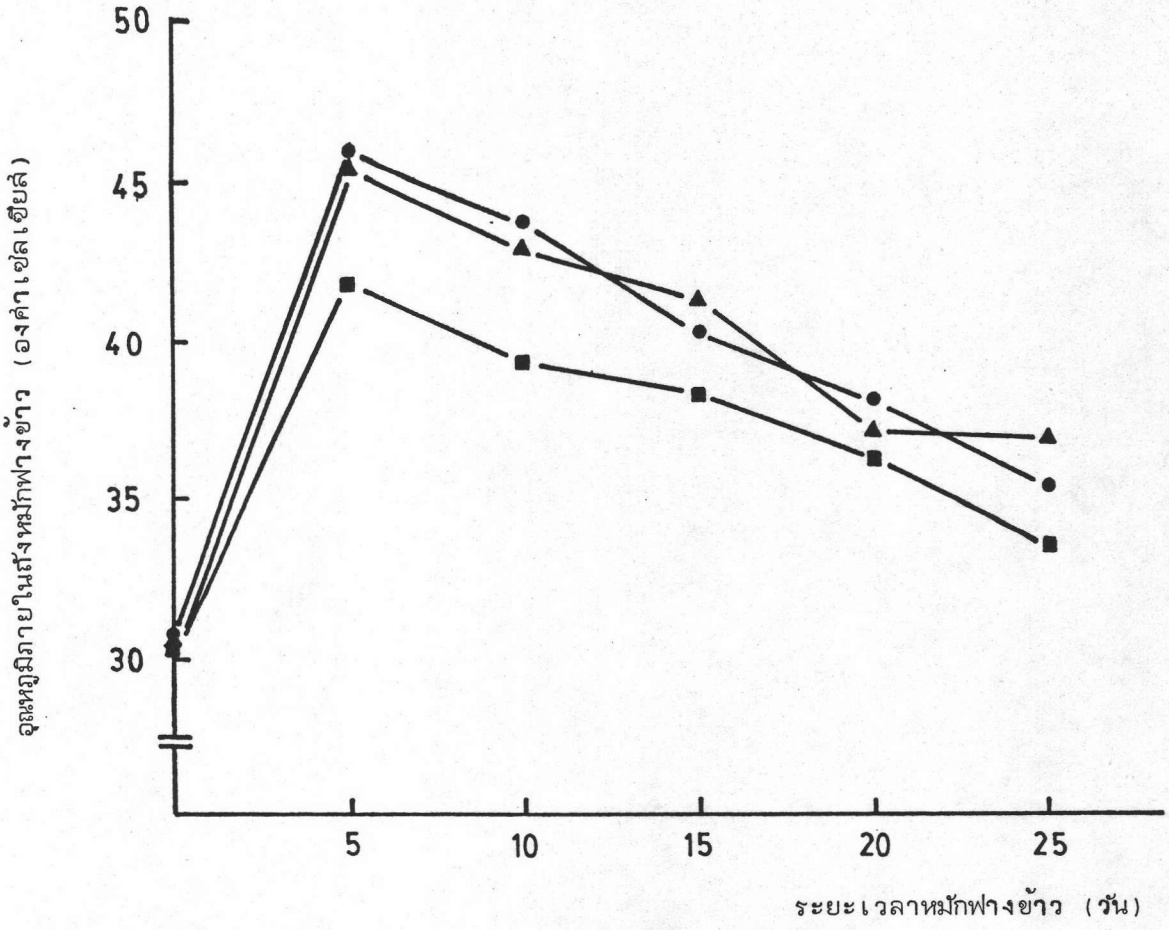
เพื่อที่จะยืนยันว่า การย่อยสลายฟางข้าวส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อราที่เติมเข้าไป จึงทำการศึกษาการเปลี่ยนจำนวนเชื้อราที่เติมเข้าไปในถังหมัก (รูปที่ 4.98) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราที่เพิ่มขึ้นกับระยะเวลาในการหมักฟางข้าว พบว่าเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 5 วัน ถังหมักที่เติมเชื้อราและถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามีจำนวนเชื้อราเพิ่มขึ้น โดยถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรามี จำนวนเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ 0.74×10^6, 1.03×10^6 และ 0.51×10^6 โคโลนีต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ จะมีจำนวนเชื้อราเพิ่มขึ้นเป็น 1.43×10^6, 1.79×10^6 และ 0.82×10^6 โคโลนีต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อหมักฟางข้าวต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง พบว่าจำนวนเชื้อราในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรายังคงเพิ่มขึ้นโดยถังหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) จะมีจำนวนเชื้อราสูงสุดเท่ากับ 4.2×10^6 โคโลนีต่อกรัมฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 20 วัน หลังจากนั้นจำนวนเชื้อราจะลดลงตามลำดับ สำหรับถังหมักที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) จะมีจำนวนเชื้อราสูงสุดเท่ากับ 3.8×10^6 โคโลนีต่อกรัมฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 15 วัน หลังจากนั้นจำนวนเชื้อราจะลดลงตามลำดับ และสำหรับถังหมักที่ไม่เติมเชื้อรา จะมีจำนวนเชื้อราสูงสุดเท่ากับ 1.8×10^6 โคโลนีต่อกรัมฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 20 วัน หลังจากนั้นจำนวนเชื้อราจะลดลงตามลำดับ เมื่อพิจารณาจำนวนเชื้อราที่เพิ่มขึ้นในถังหมักฟางข้าว พบว่าถังหมักที่เติมเชื้อราจะมีจำนวนเชื้อราเพิ่มขึ้นมากกว่าถังหมักฟางข้าวที่ไม่เติมเชื้อรา และเมื่อทำการศึกษาถึงชนิดของเชื้อราในถังหมักฟางข้าวที่เติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) พบว่าเชื้อราที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่อยู่ในยีนัส *Aspergillus* sp. และจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ของเชื้อราที่แยกได้ พบว่า มีลักษณะเหมือนกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) สำหรับถังหมักฟางข้าวที่ไม่เติมเชื้อรา พบว่าที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อรายีนัส *Trichoderma* sp. และเชื้อราในยีนัส *Coprinus* sp.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.89 แสดงการหมักฟางข้าวในถังซีเมนต์ โดยมีท่อเอสลอนสำหรับระบายอากาศ



รูปที่ 4.90 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในถังหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา

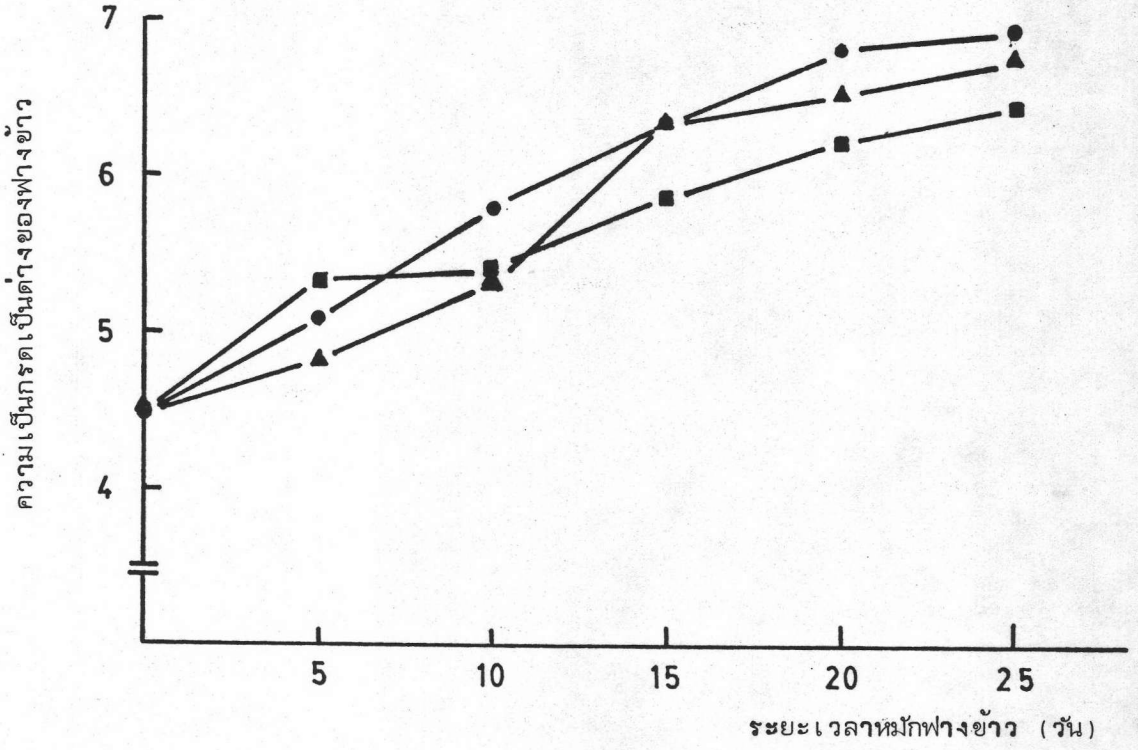
ตารางที่ 4.37 แสดงผลการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในถังหมักฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในถังหมักฟางข้าว (องศาเซลเซียส) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน)
Aspergillus sp. (B-25)	36.87 a
Aspergillus sp. (A-8)	35.40 ab
ไม่เติมเชื้อรา	33.67 b
significant difference	*
C.V. (%)	5.69

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.91 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียม-ไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา

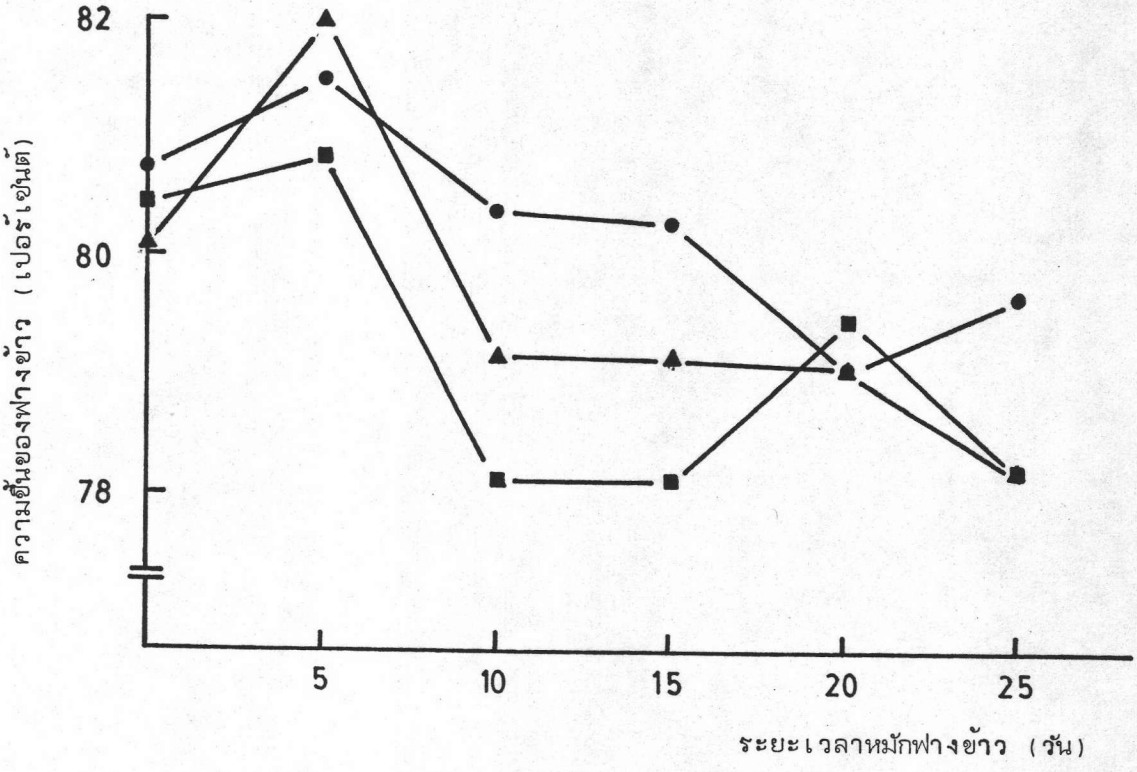
ตารางที่ 4.38 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว ที่เติมเชื้อรา ต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	6.88 a
Aspergillus sp. (B-25)	6.75 a
ไม่เติมเชื้อรา	6.43 b
significant difference	*
C.V. (%)	3.59

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.92 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียม-ไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

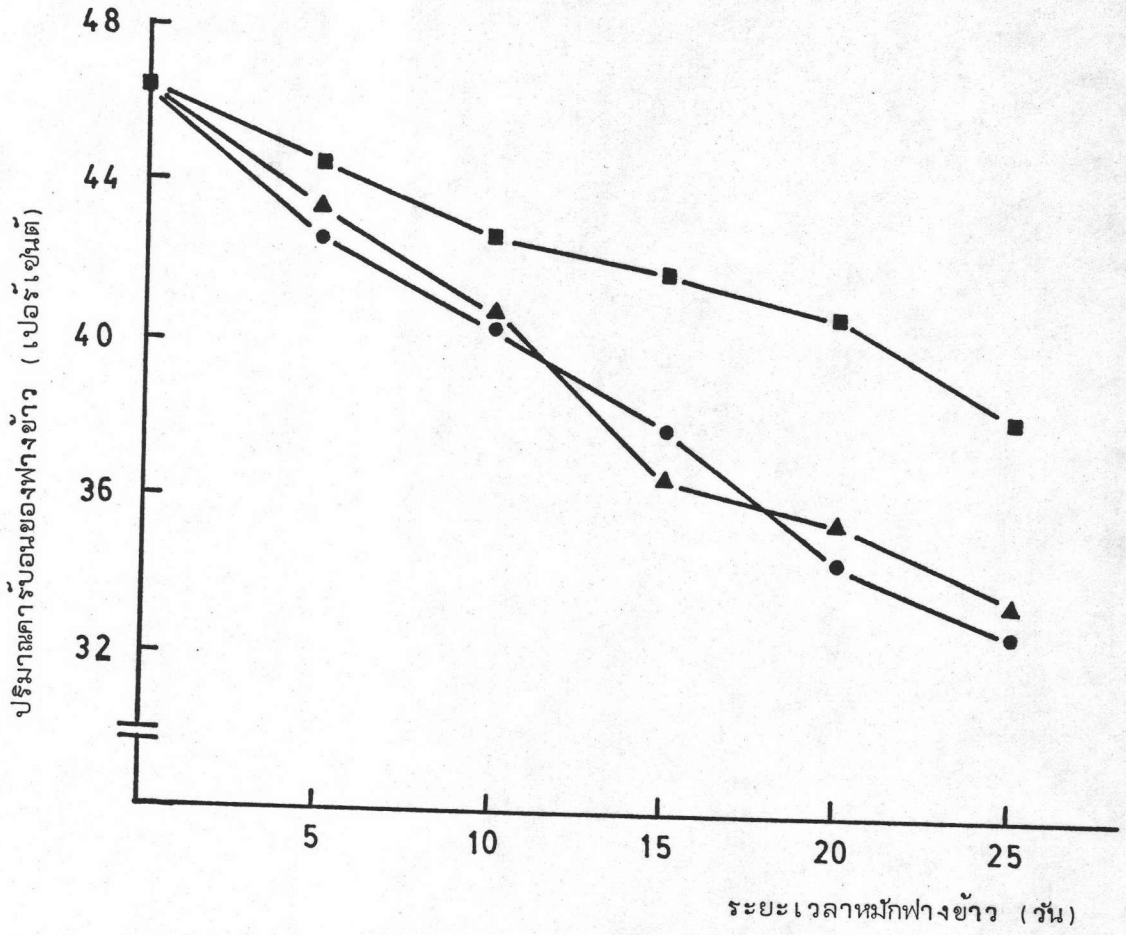
■——■ ไม่เติมเชื้อรา

ตารางที่ 4.39 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยความชื้นของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	79.69 a
Aspergillus sp. (B-25)	78.38 a
ไม่เติมเชื้อรา	78.19 a
significant difference	NS
C.V. (%)	1.76

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.93 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคารับอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8) เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียม 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

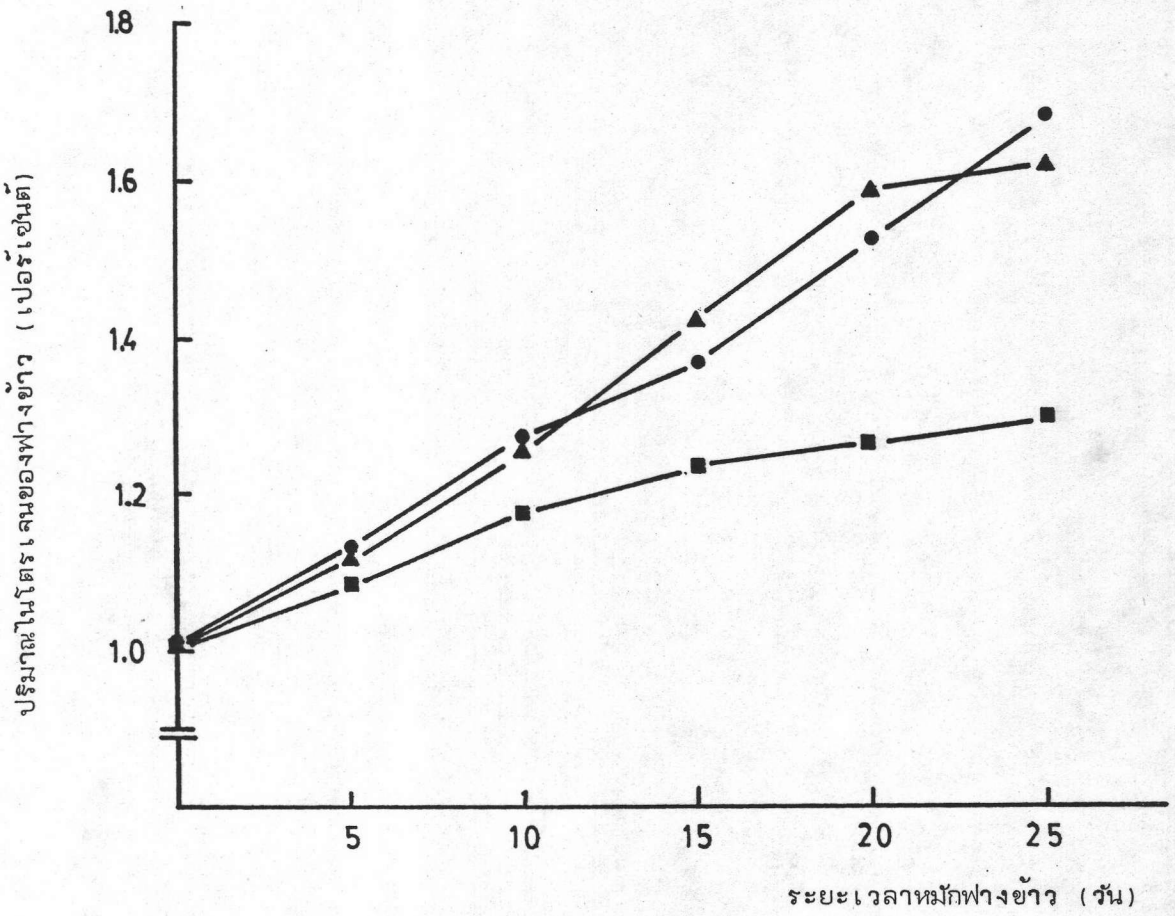
■——■ ไม่เติมเชื้อรา

ตารางที่ 4.40 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคารับอนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณคารับอนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
ไม่เติมเชื้อรา	38.33 a
Aspergillus sp. (B-25)	33.73 b
Aspergillus sp. (A-8)	32.84 c
significant difference	*
C.V. (%)	7.29

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.94 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

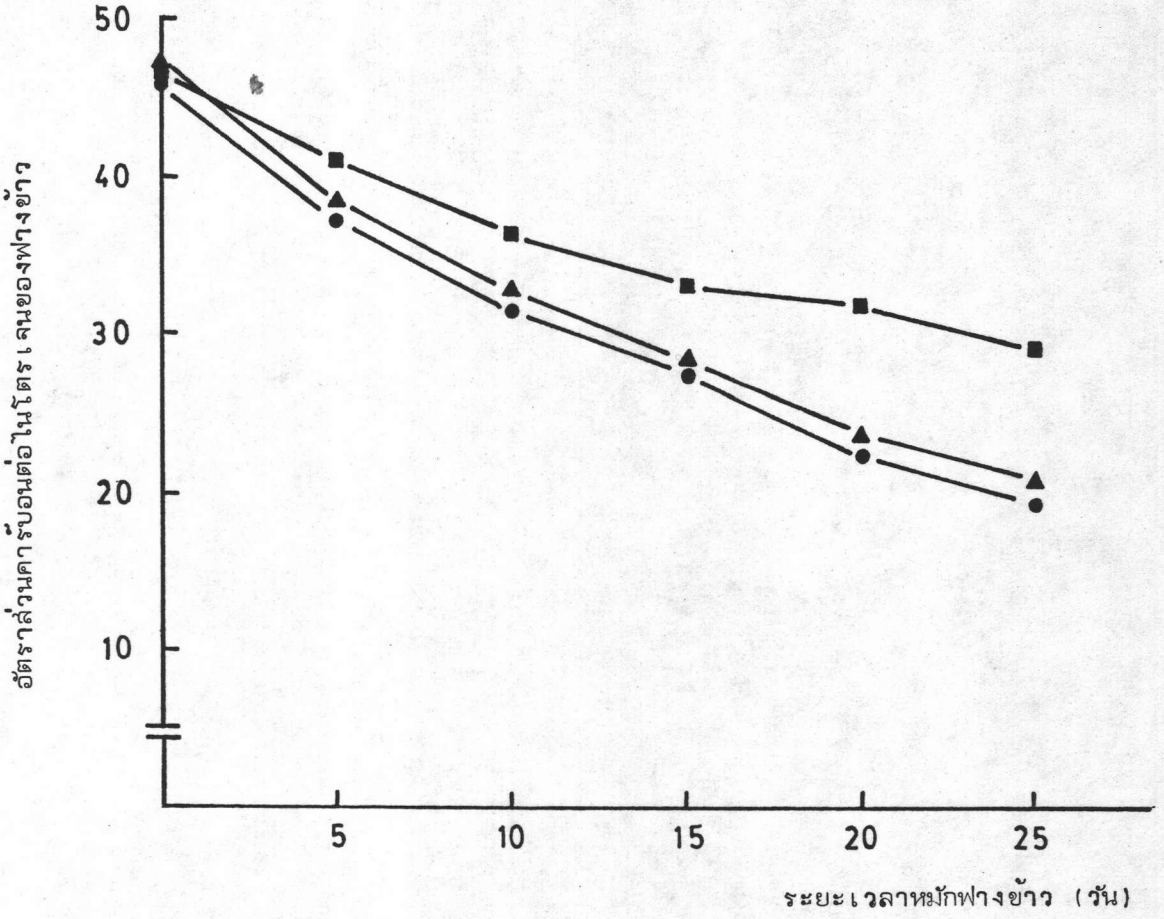
■——■ ไม่เติมเชื้อรา

ตารางที่ 4.41 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	1.69 a
Aspergillus sp. (B-25)	1.62 b
ไม่เติมเชื้อรา	1.30 c
significant difference	*
C.V. (%)	13.63

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.95 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา

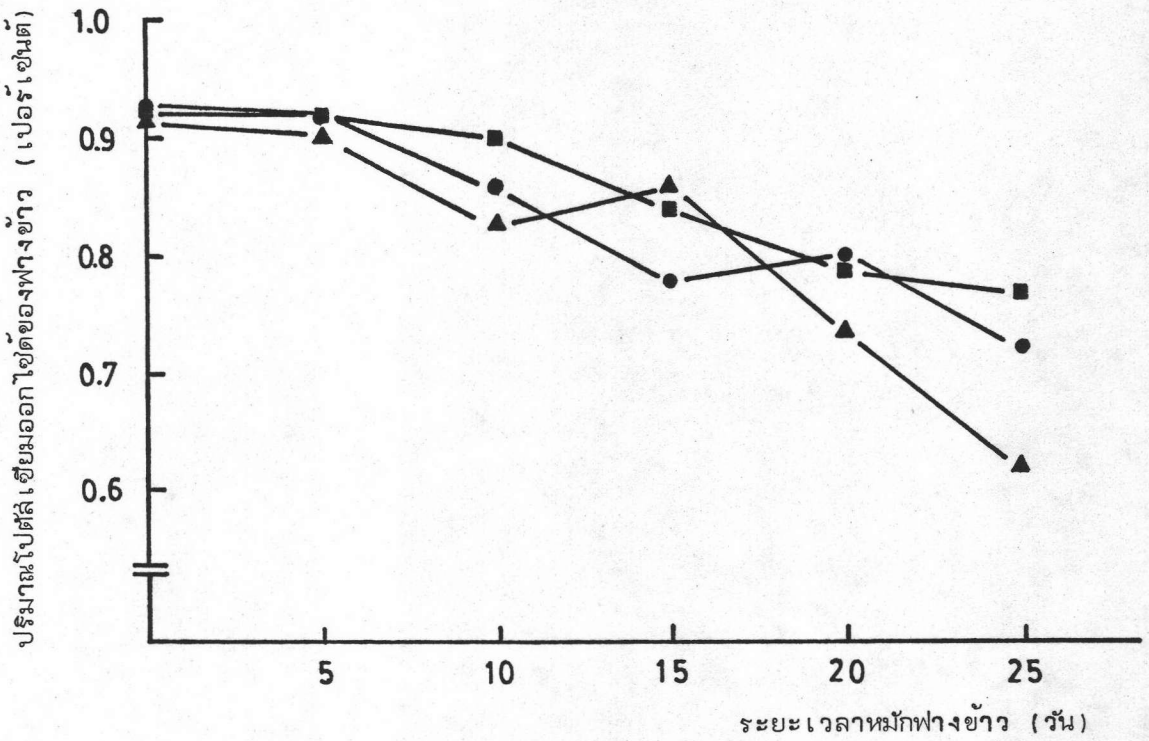
ตารางที่ 4.42 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
ไม่เติมเชื้อรา	29.07 a
Aspergillus sp. (B-25)	20.83 b
Aspergillus sp. (A-8)	19.43 b
significant difference	*
C.V. (%)	19.65

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.96 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา

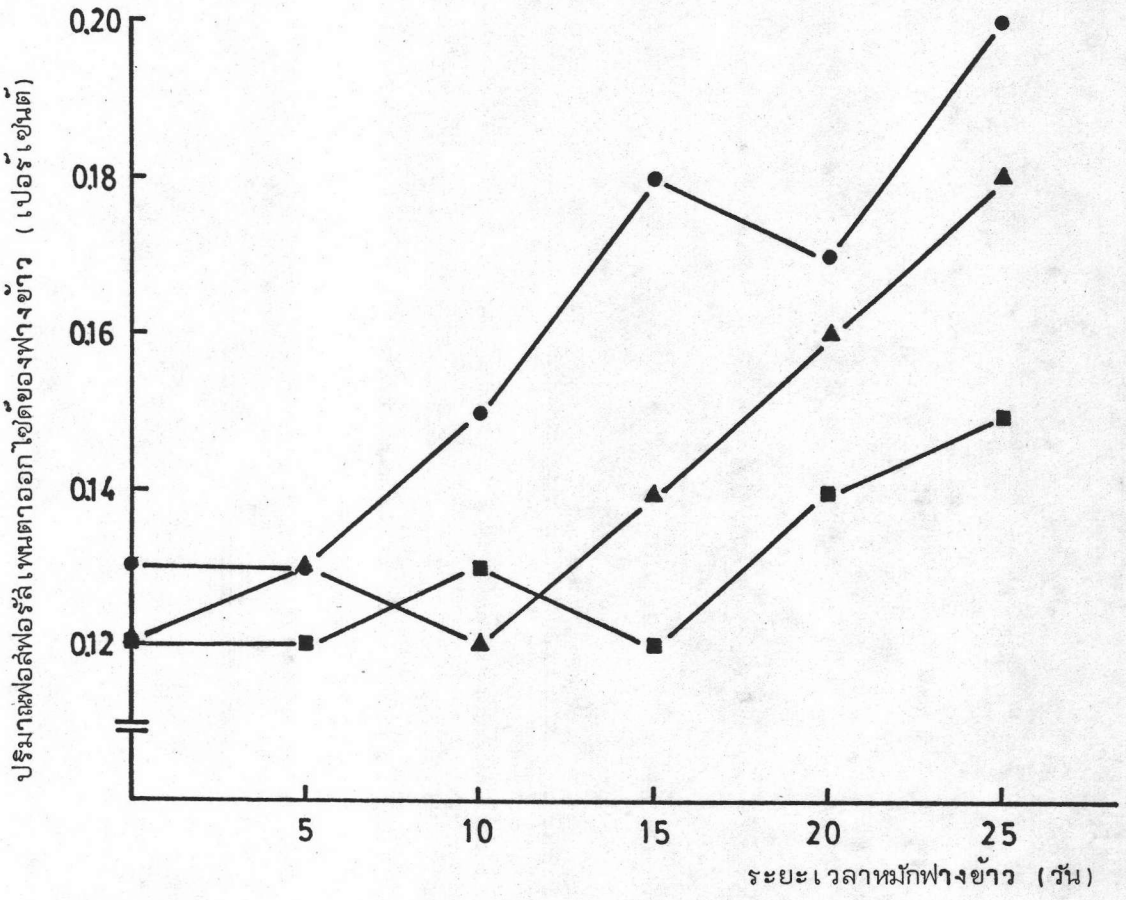
ตารางที่ 4.43 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อรา ต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปตัสเซียมออกไซด์ของฟางข้าว เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
ไม่เติมเชื้อรา	0.77 a
Aspergillus sp. (A-8)	0.72 a
Aspergillus sp. (B-25)	0.62 b
significant difference	*
C.V. (%)	10.0

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.97 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา *Aspergillus* sp. (A-8), เชื้อรา *Aspergillus* sp. (B-25) และไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรต 1.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา

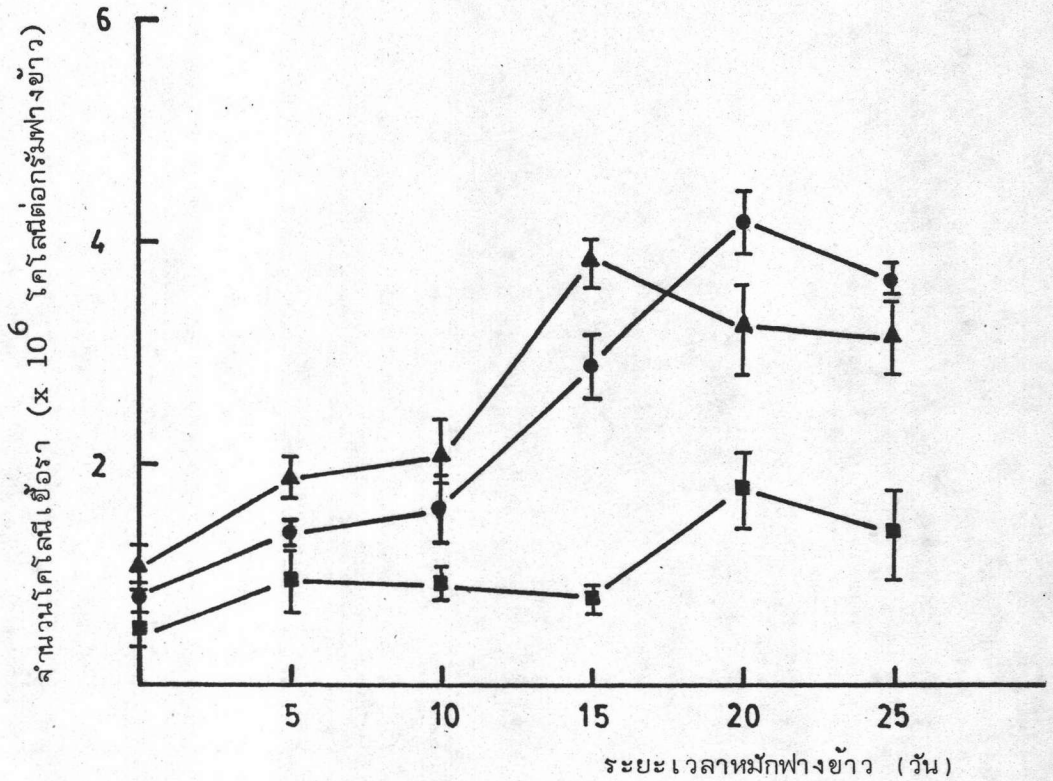
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.44 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว ที่เติมเชื้อราต่างชนิดกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์) เมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 25 วัน
Aspergillus sp. (A-8)	0.20 a
Aspergillus sp. (B-25)	0.18 a
ไม่เติมเชื้อรา	0.15 a
significant difference	NS
C.V. (%)	14.12

NS : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.98 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อรา (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการหมักฟางข้าว เป็นระยะเวลาต่างกัน

ชนิดของเชื้อรา

●——● *Aspergillus* sp. (A-8)

▲——▲ *Aspergillus* sp. (B-25)

■——■ ไม่เติมเชื้อรา