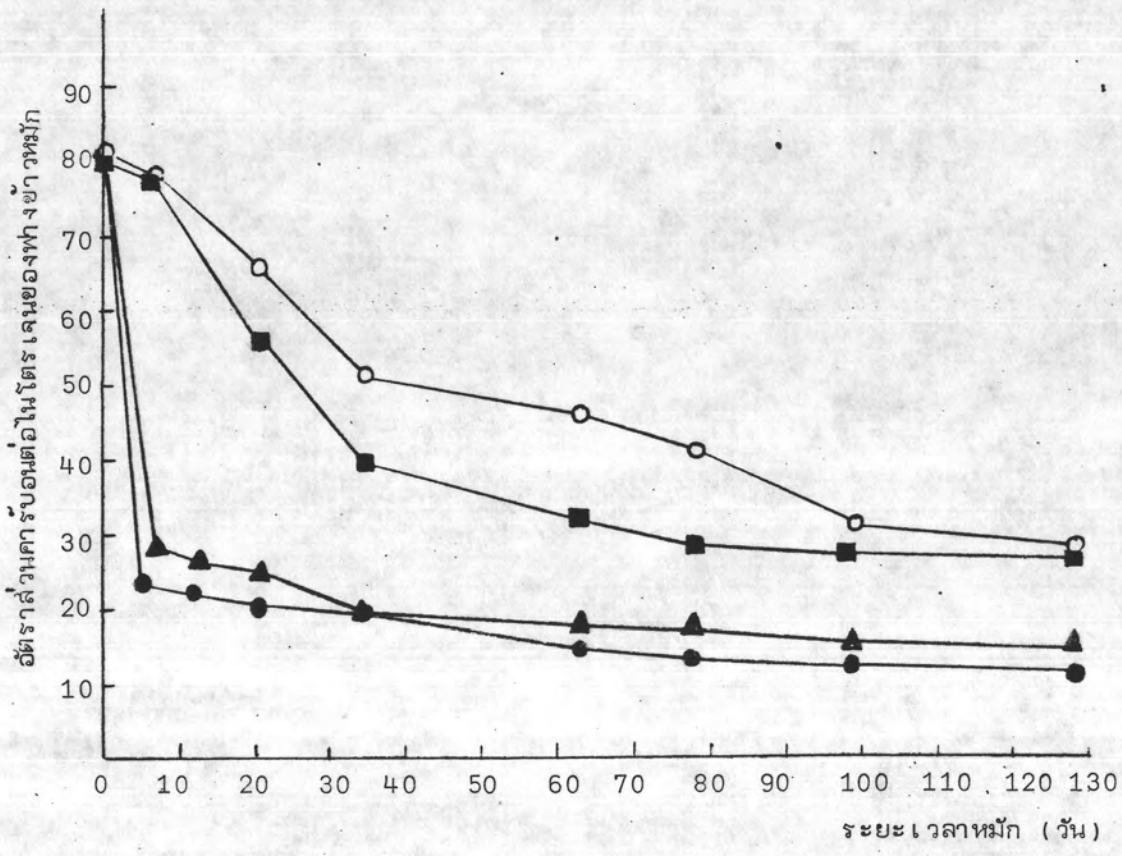
ผลการทดลอง

1. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่แอมโมเนียมไนเตรท น้ำกากส่า กากมันสำปะหลัง และไม่ใส่แหล่งไนโตรเจน

อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของฟางข้าวเท่ากับ 81.54 เมื่อหมักนาน 7 วัน อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวเมื่อเติมน้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท กากมันสำปะหลัง และไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนจะลดลงเหลือ 20.01, 27.90, 77.67 และ 78.55 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่า อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า และเมื่อใส่แอมโมเนียมไนเตรทจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรก จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ ในขณะที่อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่กากมันสำปะหลัง และที่ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนจะค่อย ๆ ลดลงตลอดระยะเวลาหมัก โดยที่อัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่กากมันสำปะหลังจะลดลงต่ำกว่าฟางข้าวที่ไม่เติมแหล่งไนโตรเจน (รูปที่ 2) และเมื่อหมักฟางข้าวนาน 128 วัน อัตราส่วนของคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท กากมันสำปะหลัง และไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนจะลดลงเหลือ 10.92, 15.42, 21.78 และ 28.73 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักนาน 128 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท กากมันสำปะหลัง และไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของคารับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักมาทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple-range test พบว่าฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท กากมันสำปะหลัง มีอัตราส่วนคารับอนต่อไนโตรเจนแตกต่างกัน และแตกต่างจากฟางข้าวหมักที่ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 3)



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมัก ตลอดระยะเวลาของการหมักตั้งแต่เริ่มต้นจนถึง 128 วัน เมื่อใส่ แอมโมเนียมไนเตรท 141.3 กรัม (▲—▲) น้ำกากส่า 4500 มิลลิลิตร (●—●) กากมันสำปะหลัง 7.27 กิโลกรัม (■—■) และไม่ใส่แหล่งไนโตรเจน (○—○)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการรับอนต่อไนโตรเจนทางสถิติของฟางข้าวหมักที่ใส่แหล่งไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ กัน ได้แก่ น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท กากมันสำปะหลัง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เมื่อหมักฟางข้าวนาน 128 วัน

ชนิดของฟางหมัก	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการับอนต่อไนโตรเจน
ฟางข้าว+น้ำกากส่า	19.33 a
ฟางข้าว+แอมโมเนียมไนเตรท	23.11 b
ฟางข้าว+กากมันสำปะหลัง	27.73 c
ฟางข้าวหมัก (ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจน)	32.65 d
Significant difference	*
C.V (%)	1.47

*มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

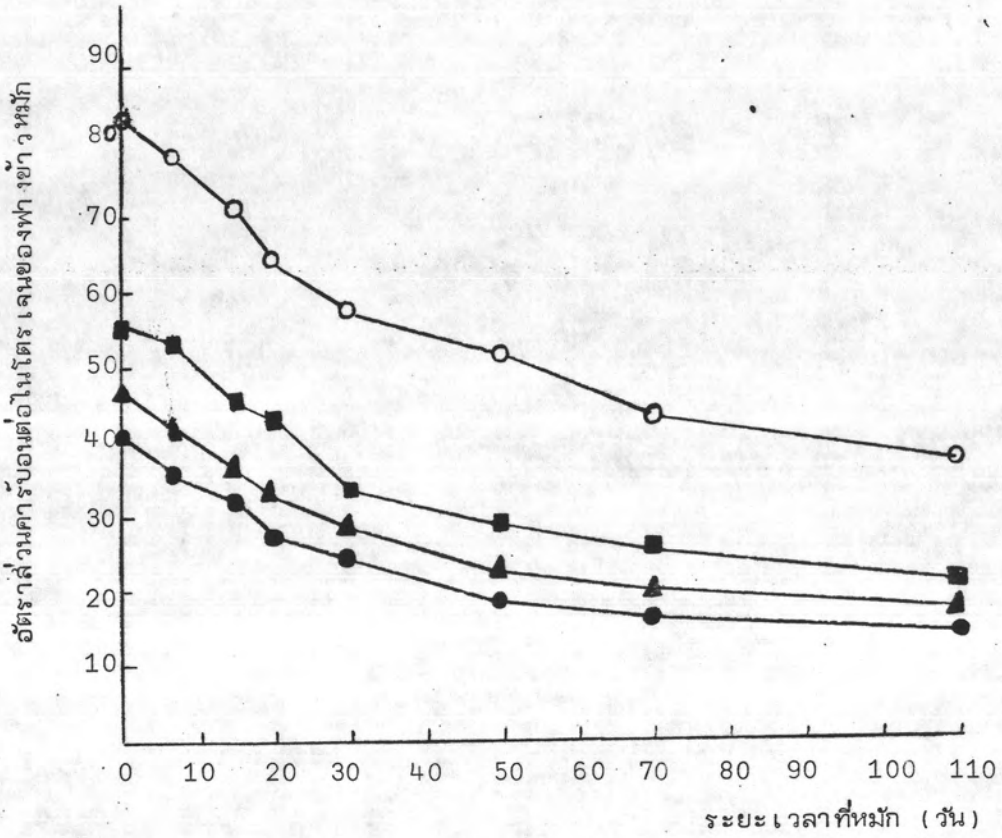
ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางเป็นข้อมูลที่ได้จากการแปลงค่าตามวิธีของ C.I.Blish (จรัล, 2513)

C.V. ย่อมาจาก Coefficient of Variation

2. ผลการหมักฟางข้าวและน้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กัน

2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่าด้วยปริมาณต่าง ๆ กัน และไม่ใส่น้ำกากส่า

จากการศึกษาอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักพบว่าฟางข้าวหมักมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 83.48 เมื่อใส่น้ำกากส่าในปริมาณ 4,500, 3,000 และ 1,500 กรัม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 40.67, 47.12 และ 56.32 ตามลำดับ หมักเป็นระยะเวลา 110 วัน จะพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักจะลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500 กรัม จะลดลงมากที่สุดรองลงมาคือฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 3,000, 1,500 กรัม ตามลำดับ และฟางข้าวที่ไม่ใส่น้ำกากส่าจะลดลงน้อยที่สุด (รูปที่ 3) พบว่าในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และฟางข้าวหมักที่ไม่ใส่น้ำกากส่าจะลดลงเหลือ 35.73, 41.13, 53.92, 78.03 ตามลำดับ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลาหมัก เมื่อหมักนาน 50 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500 กรัม จะลดลงเหลือ 18.46 ซึ่งต่ำกว่า 20 ขณะที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าเท่ากับ 22.79, 29.53 และ 51.52 ตามลำดับ หลังการหมักนาน 110 วัน อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะลดลงเหลือ 14.3, 17.32, 20.12 และ 37.81 ตามลำดับ (รูปที่ 3) เมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่หมักนาน 110 วัน มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักมาทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple-range test พบว่า ฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างกัน และแตกต่างจากฟางข้าวหมักที่ไม่ใส่น้ำกากส่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4)



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมัก ตลอดระยะเวลาการหมักตั้งแต่เริ่มต้นจนถึง 110 วัน เมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500, (●——●), 3000 กรัม (▲——▲) 1500 กรัม (■——■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○——○)

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราส่วนการรับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหมักที่ใส่ น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500 กรัม, 3,000 กรัม, 1,500 กรัม, 0 กรัม โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เมื่อหมักฟางข้าวนาน 110 วัน

ชนิดของฟางข้าว	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการรับอนต่อไนโตรเจน
ฟางข้าว+น้ำกากส่า 4,500 กรัม (อัตราส่วน ฟางข้าว น้ำกากส่า = 1:3)	22.22 a
ฟางข้าว+น้ำกากส่า 3,000 กรัม (อัตราส่วน ฟางข้าว :น้ำกากส่า = 1:2)	24.35 b
ฟางข้าว+น้ำกากส่า 1,500 กรัม (อัตราส่วน ฟางข้าว:น้ำกากส่า = 1:1)	26.99 c
ฟางข้าว+น้ำกากส่า 0 กรัม (ไม่ใส่ น้ำกากส่า)	37.94 d
Significant difference	*
C.V. (%)	0.06

*มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (5 เปอร์เซนต์)

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

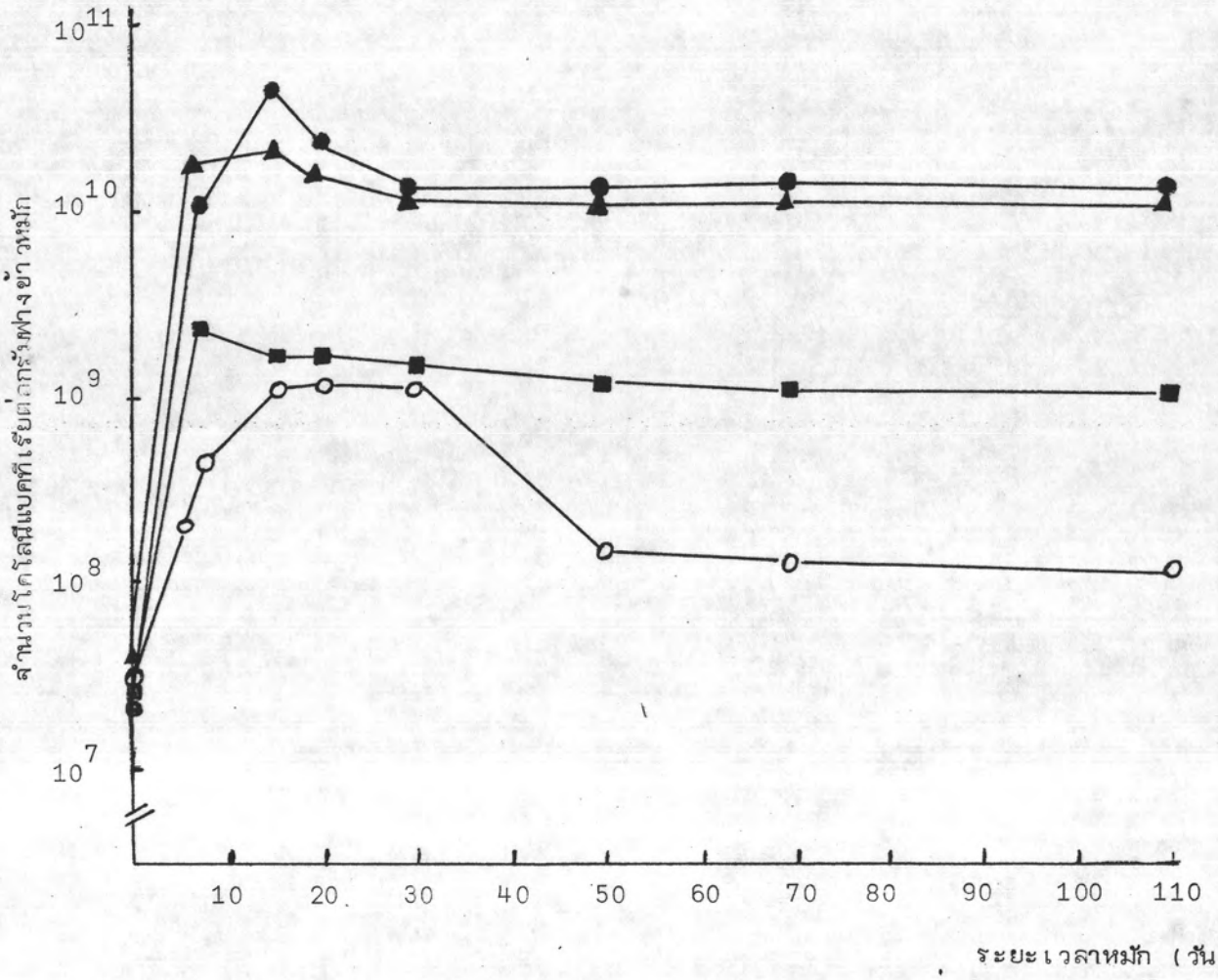
ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางเป็นข้อมูลที่ได้จากการแปลงค่าตามวิธีของ C.I.Blish (จรัล, 2513)

i17486792

2.2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีสของฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณ 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่า

2.2.1 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่า โดยบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส จะพบเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา แต่จะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีทเลยตลอดระยะเวลาการหมัก พบว่าในฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่า จะมีปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นเท่ากับ $3.38x10^7$, $6.3x10^7$, $4.65x10^7$ และ $5.4x10^7$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ เมื่อหมักฟางข้าวนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทุกโหลหมักของแต่ละการทดลองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเท่ากับ $1.6x10^{10}$, $3.9x10^{10}$, $4.0x10^9$ และ $7.56x10^8$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ และเมื่อหมักนาน 15 วัน ฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4500 และ 3000 กรัม จะมีแบคทีเรียเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น $7.7x10^{10}$ และ $4.15x10^{10}$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากนั้นจะลดลงเป็นลำดับ และจะค่อนข้างคงที่หลังจากหมักนาน 30 วัน ส่วนฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 1500 กรัม หลังจากหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อจะลดลงเป็นลำดับ และจะค่อนข้างคงที่ หลังการหมัก 20 วัน ขณะที่ฟางข้าวหมักเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอีกระยะหนึ่ง และลดลงหลังจากการหมัก 50 วัน ปริมาณเชื้อจะค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาหมัก เมื่อหมักฟางข้าวนาน 110 วัน พบว่าฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ $2.2x10^{10}$, $1.8x10^{10}$, $1.1x10^9$ และ $1.12x10^8$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ ซึ่งฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4500 กรัม จะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงสุดใกล้เคียงกับฟางข้าวหมัก เมื่อใส่น้ำกากส่า 3000 กรัม รองลงมาคือฟางข้าวหมัก เมื่อใส่น้ำกากส่า 1500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด (รูปที่ 4)

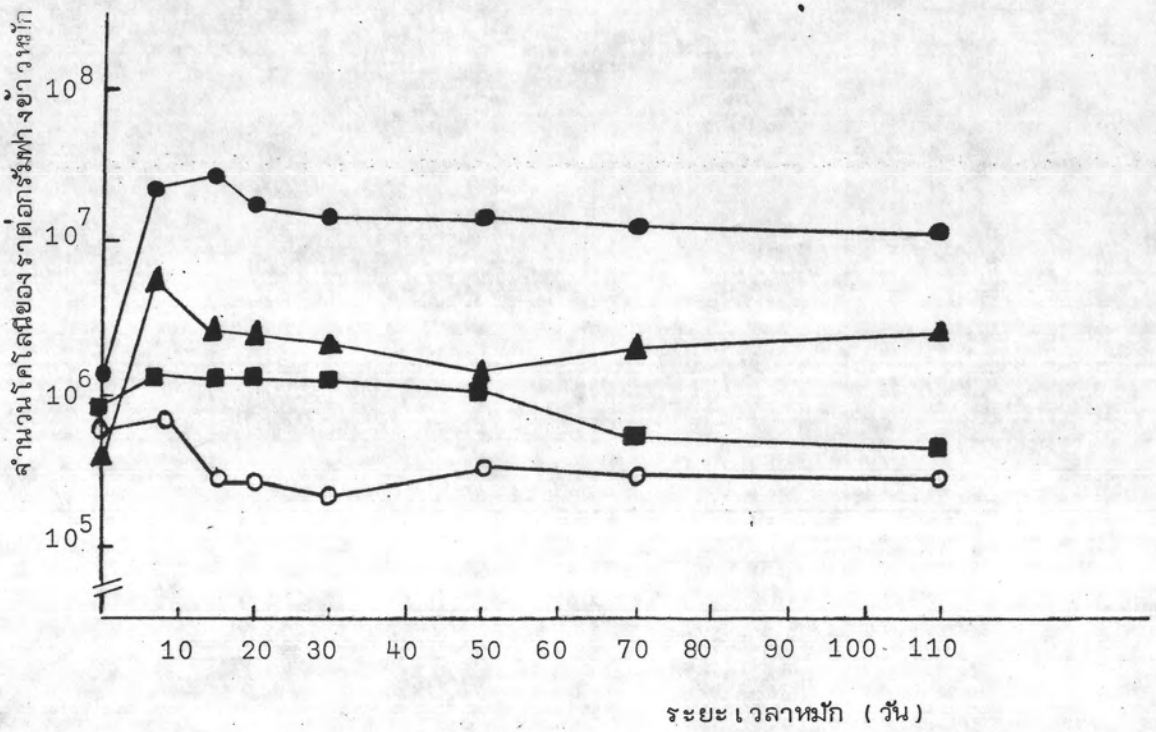


รูปที่ 4 แสดงปริมาณเชื้อแบคทีเรียของฟางข้าวหมัก (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาหมัก 110 วัน เมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500 (●——●), 3000 กรัม (▲——▲), 1500 กรัม (■——■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○——○) ปรับที่ 30 องศาเซลเซียส

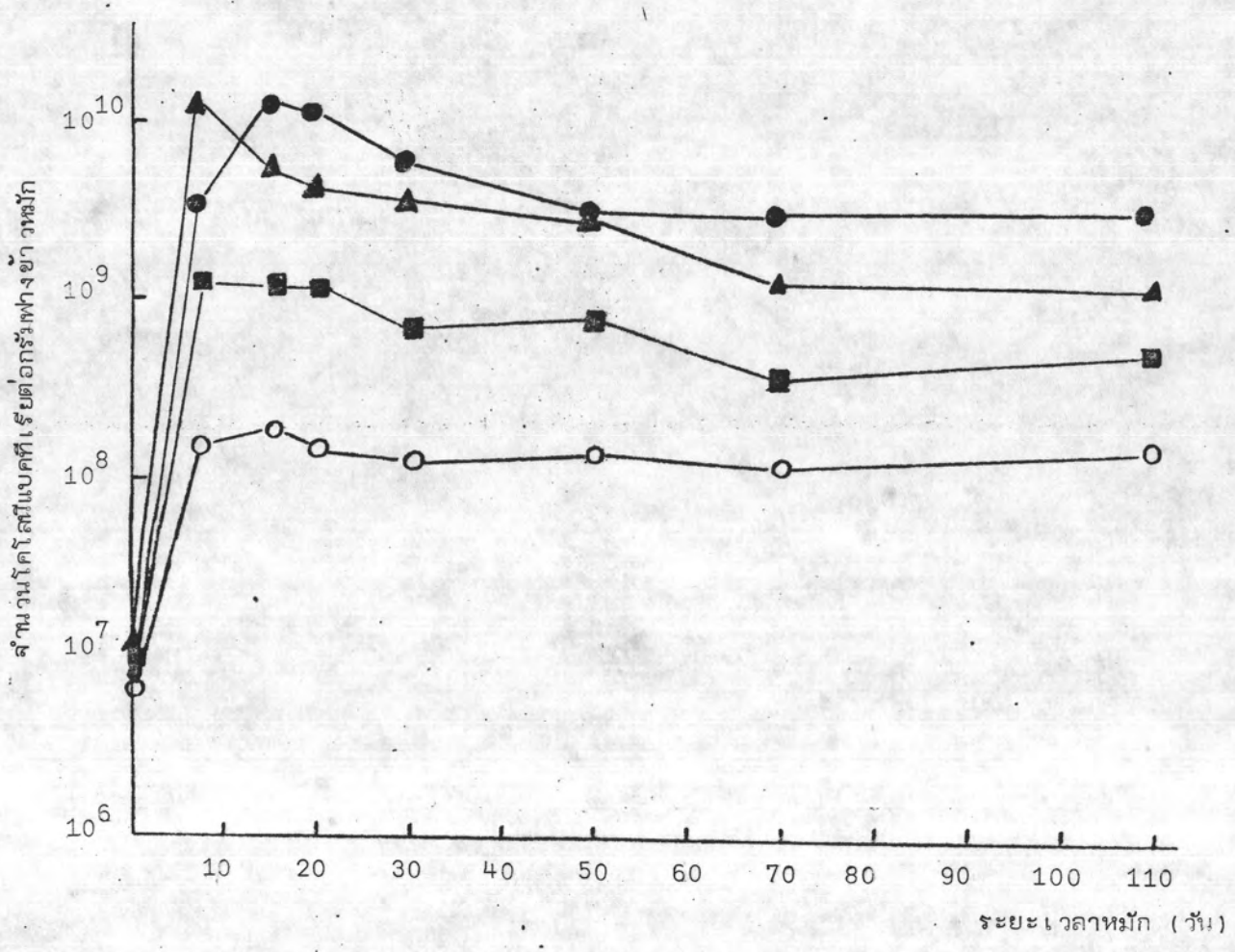
จากการศึกษาปริมาณเชื้อราในฟางข้าวเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500 กรัม ปริมาณเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ $1.05x10^6$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อราจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น $3.74x10^7$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น $4.0x10^7$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักเมื่อหมักนาน 15 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อราจะเริ่มลดลงเป็นลำดับ และจะค่อนข้างคงที่หลังจากหมักนาน 30 วัน ส่วนฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 3,000 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าปริมาณเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ $5.9x10^5$, $7.9x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น $8.0x10^6$, $8.4x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักเมื่อหมักนาน 7 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อเริ่มลดลง ขณะที่ฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 1,500 กรัม ปริมาณเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ $9.6x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก และเพิ่มเป็น $1.57x10^6$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักเมื่อหมักนาน 7 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อราจะค่อนข้างคงที่ระยะหนึ่ง และจะลดลง พบว่าเมื่อหมักฟางข้าวนาน 110 วัน ฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะมีปริมาณเชื้อราเท่ากับ $1.06x10^7$, $4.2x10^6$, $6.2x10^5$ และ $4.6x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ (รูปที่ 5)

2.2.2 เมื่อนำเชื้อมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส์ ในฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่า โดยนำเชื้อมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าฟางข้าวใส่น้ำกากส่า 4,500 และไม่ใส่น้ำกากส่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียเริ่มเท่ากับ $9.0x10^6$ และ $7.4x10^6$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ เมื่อหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น $5.8x10^9$ และ $2.24\ 10^8$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ และปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นอีกจนสูงสุดเท่ากับ $1.15x10^{10}$ และ $2.9x10^8$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ เมื่อหมักนาน 15 วัน หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงเป็นลำดับ ส่วนฟางข้าวเมื่อเติมน้ำกากส่า 3,000 กรัม และ 1,500 กรัม จะมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ $1.42x10^7$ และ $9.4x10^6$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น $1.45x10^{10}$ และ $1.23x10^9$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมักตามลำดับ เมื่อหมักนาน 7 วัน หลังจากนี้ปริมาณเชื้อเริ่มลดลงเป็นลำดับ และเมื่อหมักฟางข้าวเป็นระยะเวลานาน 110 วัน ฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะมีปริมาณเชื้อเท่ากับ $5.3x10^9$, $1.69x10^9$, $7.5x10^8$ และ $1.22x10^8$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ (รูปที่ 6)



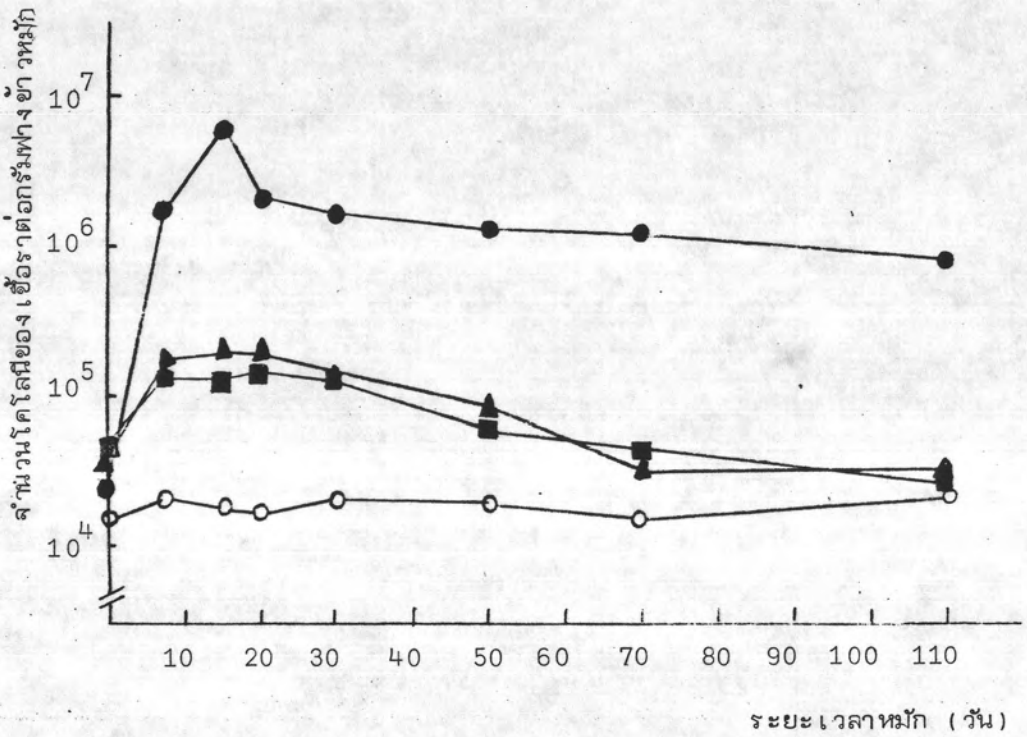
รูปที่ 5 แสดงปริมาณเชื้อราของฟางข้าวหมัก (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาหมัก 110 วัน เมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500 (●——●), 3000 กรัม (▲——▲), 1500 กรัม (■——■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○——○) บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 6 แสดงปริมาณเชื้อแบคทีเรียของฟางข้าวหมัก (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาหมัก 110 วัน เมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500 กรัม (●——●), 3000 กรัม (▲——▲), 1500 กรัม (■——■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○——○) บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส

การศึกษาปริมาณเชื้อราในฟางข้าวหมักเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าฟางข้าวหมักเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม มีปริมาณเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ $3.6x10^4$, $5.4x10^4$ และ $6.5x10^4$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อราจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น $2.3x10^6$, $2.8x10^5$ และ $1.5x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก และจะเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น $8.0x10^6$, $3.0x10^5$ และ $1.8x10^5$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ เมื่อหมักนาน 15, 15 และ 20 วัน ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณเชื้อจะเริ่มลดลง ส่วนฟางข้าวที่ไม่ได้เติมน้ำกากส่าปริมาณเชื้อราเริ่มต้นเท่ากับ $1.97x10^4$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากหมัก 7 วัน ปริมาณเชื้อจะเพิ่มขึ้นเป็น $3.03x10^4$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงพบว่าเมื่อหมักฟางข้าวนาน 110 วัน ปริมาณเชื้อราของฟางข้าวที่ใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000, 1,500 กรัม และไม่ใส่น้ำกากส่าจะเท่ากับ $9.3x10^5$, $5.2x10^4$, $4.6x10^4$ และ $3.39x10^4$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ (รูปที่ 7) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำกากส่ามากขึ้น ปริมาณเชื้อราจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสจะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีสเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่เมื่อนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000 กรัม จะมีปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสเริ่มต้นเท่ากับ $1.91x10^3$ และ $2.9x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ หลังจากหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อจะเพิ่มขึ้นเป็น $1.79x10^4$, $3.0x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณเชื้อจะเริ่มลดลงเป็นลำดับ จนกระทั่งไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีสในฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 4,500, 3,000 กรัม เลยเมื่อหมักนาน 30 วัน ส่วนฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่า 1,500 กรัม ปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสเริ่มต้นเท่ากับ $3.6x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อเท่ากับ $3.1x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก หลังจากนี้ปริมาณเชื้อจะลดลงเป็นลำดับ พบว่าเมื่อหมักนาน 110 วัน จะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีสเลย ขณะที่ฟางข้าวเมื่อไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนมีปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสเริ่มต้น $9.8x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก เมื่อหมักนาน 7 วัน ปริมาณเชื้อลดลงเหลือ $4.3x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก ต่อมาหลังจากนั้นปริมาณเชื้อเริ่มสูงขึ้น และสูงขึ้นเป็น $1.20x10^4$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก เมื่อหมักนาน 30 วัน หลังจากนั้น



รูปที่ 7 แสดงปริมาณเชื้อราของฟางข้าวหมัก (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาหมัก 110 วัน เมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กันคือ 4,500 (●—●), 3000 กรัม (▲—▲), 1500 กรัม (■—■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○—○) บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส

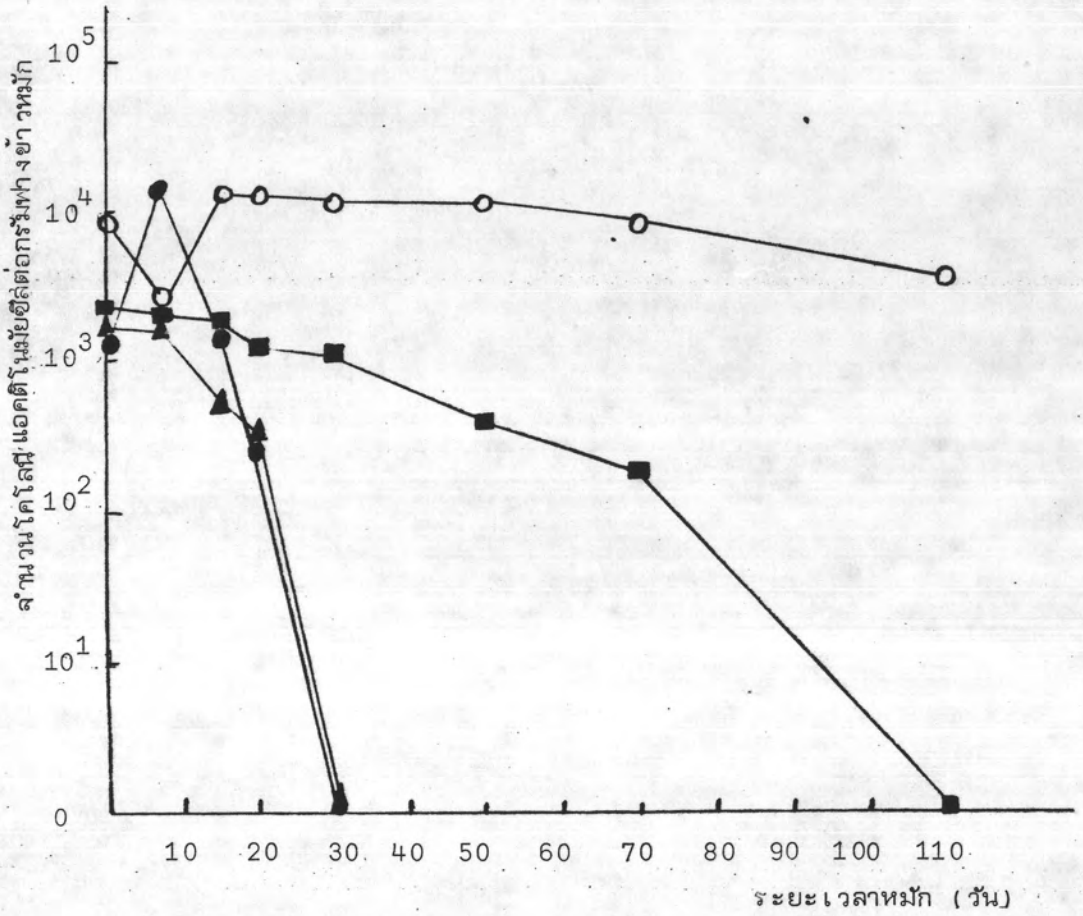
ละเริ่มลดลง พบว่าเมื่อหมักนาน 110 วัน ปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีส์ของฟางข้าวเมื่อไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนจะเท่ากับ $5.6x10^3$ โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก (รูปที่ 8)

2.3 ผลการแยกเชื้อราที่พบมากที่สุดจากปุ๋ยหมักฟางข้าวและน้ำกากส่า

ผลจากการนำฟางข้าวผสมน้ำกากส่ามาแยกเชื้อราโดย dilution plate method ใช้ Streptomycin Rose-bengal agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกเชื้อราที่พบมากที่สุด ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้ทั้งสิ้นจำนวน 73 เชื้อ และการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสได้ 47 เชื้อ

3. ผลการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส์เมื่อเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่มีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส์เป็นแหล่งคาร์บอน

เมื่อนำเชื้อราที่แยกได้ตามผลการทดลองข้อ 4 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จำนวน 73 เชื้อ และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จำนวน 47 เชื้อ มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส์เป็นแหล่งคาร์บอนนาน 5 วัน พบว่าเชื้อราที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสสามารถสร้างบริเวณใสรอบโคโลนีสูงกว่าเชื้อรามาตราฐาน Trichoderma viridae QM 9414 ที่สร้างบริเวณใสกว้างประมาณ 1.93 มิลลิเมตร มีจำนวน 10 เชื้อ โดยเฉพาะเชื้อราหมายเลข 10 ให้ความกว้างบริเวณใสสูงสุดคือ 3.13 มิลลิเมตร (ตารางที่ 5)



รูปที่ 8 แสดงปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีส์ของฟางข้าวหมัก (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใส่น้ำกากส่าปริมาณต่าง ๆ กัน คือ 4,500 (●——●), 3000 กรัม (▲——▲), 1500 กรัม (■——■) และไม่ใส่น้ำกากส่า (○——○) บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 แสดงความกว้างของบริเวณใสรอบโคโลนีของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อรา (องศาเซลเซียส)	รหัสเชื้อรา	ความกว้างบริเวณใสเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
30	QM 9414	1.93
30	หมายเลข 1	2.00
	" 2	2.87
	" 5	2.47
	" 7	2.70
	" 8	4.16
	" 9	2.37
	" 10	3.13
	" 11	2.70
	" 12	2.80
	" 15	2.07

4. ผลการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสเมื่อเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่มีแอลฟา เซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอน

เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้จากผลข้อ 3 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแอลฟา - เซลลูโลส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าเชื้อราหมายเลข 10 (ตามตารางที่ 6) สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 19.2 หน่วยต่อมิลลิลิตร และสามารถผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส เบตากลูโคซีเดสได้เท่ากับ 15.6, 6.42 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเชื้อชนิดอื่นที่คัดเลือกได้ ขณะที่เชื้อรามาตราฐาน Trichoderma viridae สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสได้เท่ากับ 18.6 หน่วยต่อมิลลิลิตร และผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส เบตากลูโคซีเดส ได้เท่ากับ 21.00, 3.00 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากผลการทดลองจึงคัดเลือกเชื้อหมายเลข 10 เพื่อนำไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซี-เมทธิลเซลลูเลส และเบตากลูโคซีเดส ของเชื้อราที่คัดเลือกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

รหัสเชื้อรา	เซลลูเลสแอคทิวิตี หน่วยต่อมิลลิลิตร	คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคทิวิตี หน่วยต่อมิลลิลิตร	เบตากลูโคซีเดสแอคทิวิตี หน่วยต่อมิลลิลิตร
QM 9414	18.6	21.0	3.0
หมายเลข 1	15.3	9.9	5.8
" 2	16.0	12.6	6.4
" 5	15.6	9.9	1.2
" 7	10.2	7.8	7.3
" 8	16.2	11.7	3.2
" 9	18.0	14.4	5.1
" 10	19.2	15.6	6.42
" 11	11.4	7.5	4.2
" 12	12.4	14.4	5.4
" 15	14.4	13.8	0.54

5. ผลการทดลองการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิล-เซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

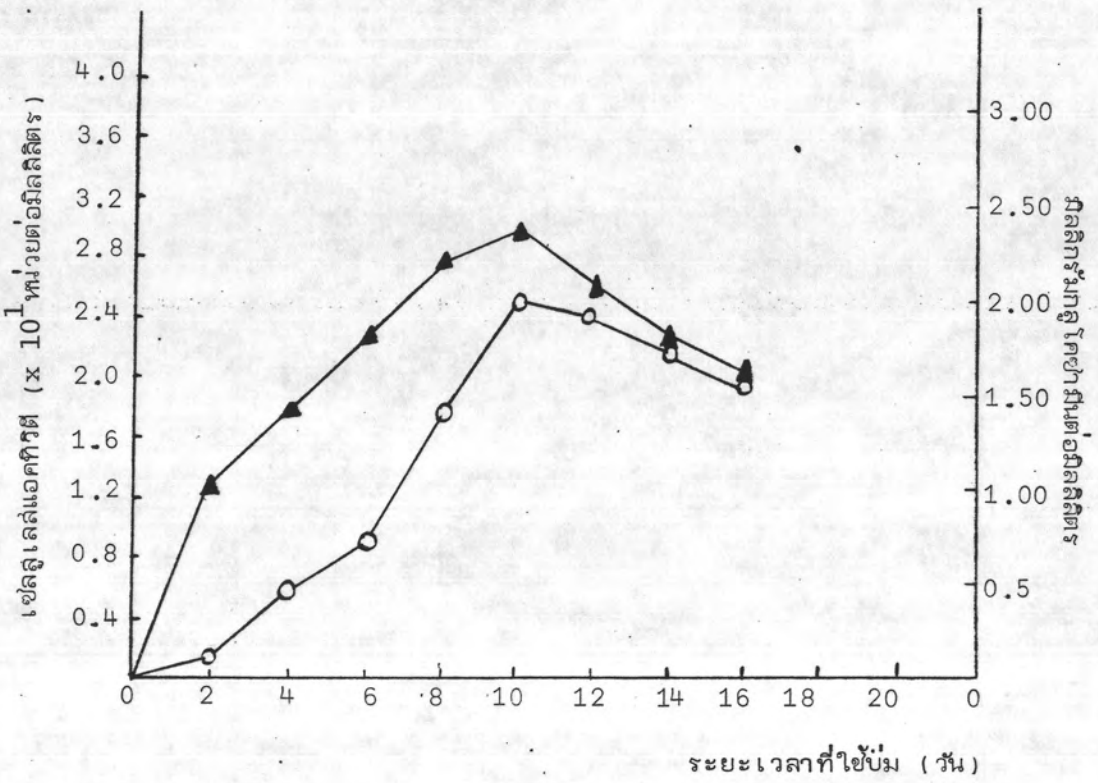
เมื่อนำเชื้อราหมายเลข 10 ที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองข้อ 6 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าเชื้อราหมายเลข 10 สามารถใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนได้ดี โดยสามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสได้เท่ากับ 30.46, 55.62 และ 28.68 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งเมื่อใช้แอลฟาเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอนจะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดส ได้เท่ากับ 18.12, 20.0 และ 6.8 หน่วยต่อมิลลิลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงการใช้ฟางข้าว แอลฟาเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

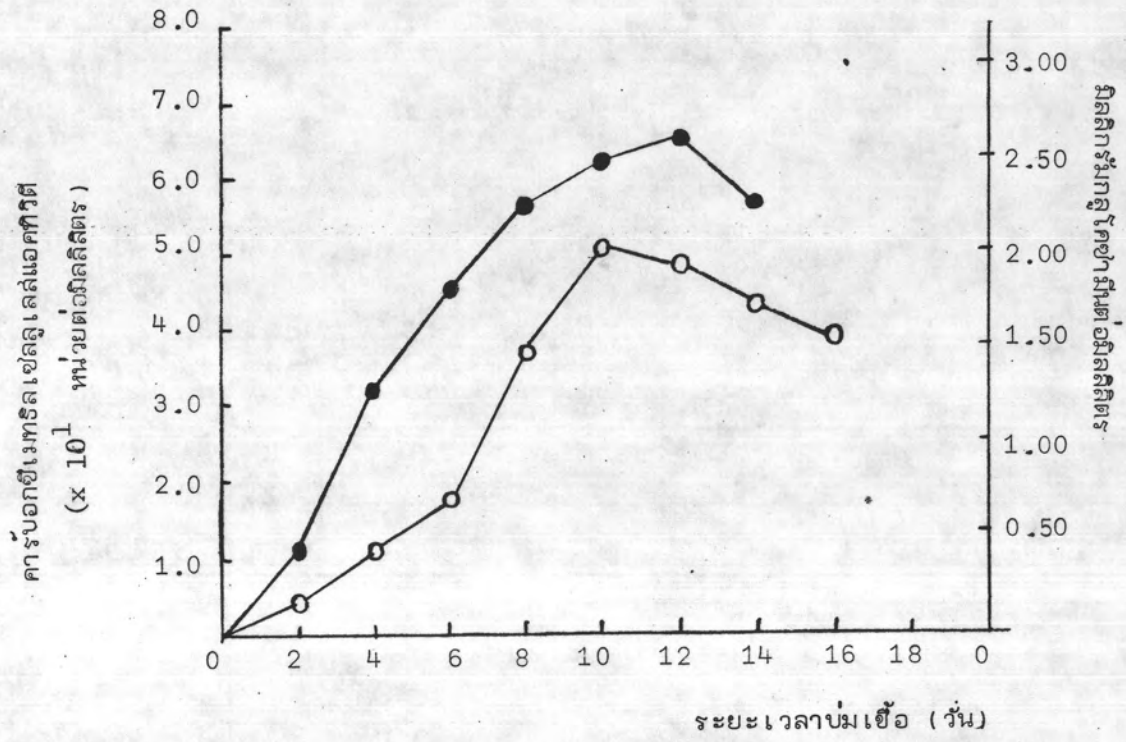
ชนิดของแหล่งคาร์บอน	เซลลูเลสแอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสแอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	เบตา-กลูโคซีเดสแอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)
ฟางข้าว	30.46	55.62	28.68
แอลฟาเซลลูโลส	18.12	20.0	6.8

6. ผลการศึกษาการเจริญและการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสของเชื้อราหมายเลข 10 โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน

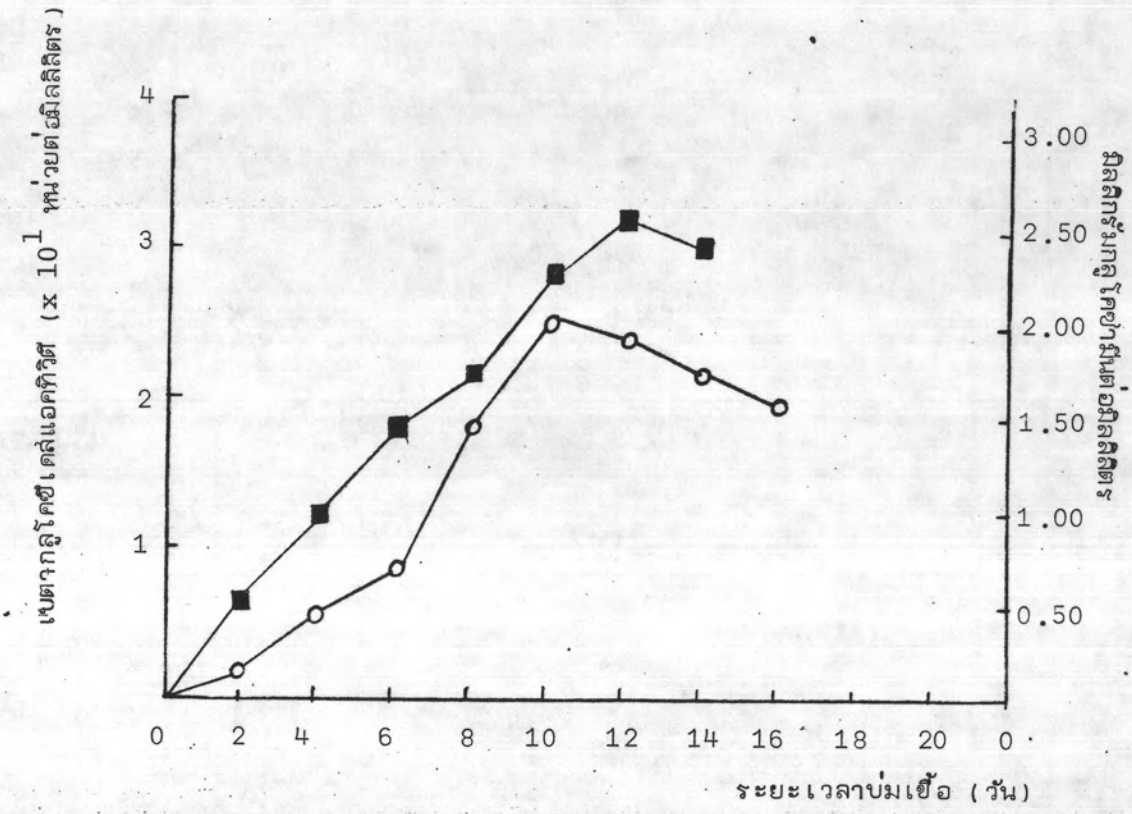
เมื่อนำเชื้อราหมายเลข 10 ที่คัดเลือกได้จากข้อ 4 มาศึกษาการเจริญโดยวัดปริมาณกลูโคซามีนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองตามวิธีการทดลองข้อ 6 (รูปที่ 9,10,11) เมื่อบ่มเชื้อราหมายเลข 10 เป็นระยะเวลานาน 10 วัน พบว่าจะมีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมกลูโคซามีนต่อมิลลิลิตร ขณะที่มีการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิล-เซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสได้เท่ากับ 29.44, 62.00, 28.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ



รูปที่ 9 เปรียบเทียบการเจริญ (O—O) โดยวัดปริมาณกลูโคซามีน และแอคทิวิตี ของเอ็นไซม์เซลลูเลส (▲—▲) ของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนโพลีเปปโตน เป็นแหล่งไนโตรเจนปรับความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ใน วิธีการทดลองข้อ 6)



รูปที่ 10 เปรียบเทียบการเจริญ (o——o) โดยวัดปริมาณกลูโคซามีนและแอคทิวิตี ของเอ็นไซม์คารับอกซีเมทิลเซลลูเลส (●——●) ของเชื้อราที่คัดเลือกได้ หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กันเมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเริ่มต้น เท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลอง ระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 6)



รูปที่ 11 เปรียบเทียบการเจริญ (o——o) โดยวัดปริมาณกลูโคซามีน และแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดส (■——■) ของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กันเมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 6)

และเมื่อบ่มเชื้อราต่อไปอีกระยะหนึ่ง พบว่าปริมาณกลูโคซามีน และการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสจะลดลงเป็นลำดับ

7. ผลการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสของเชื้อราหมายเลข 10

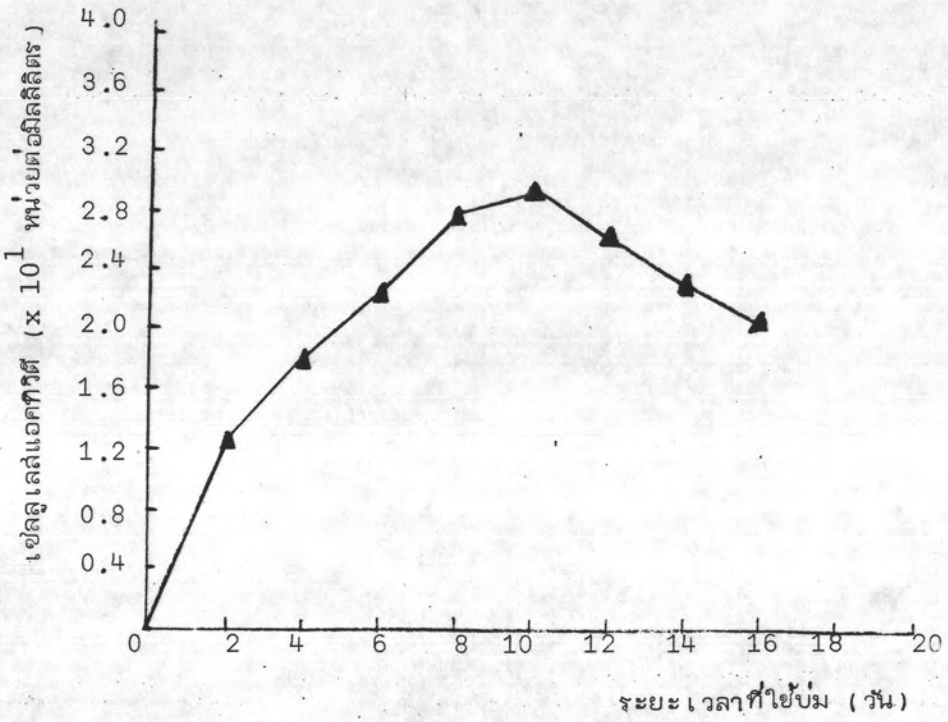
จากการนำเชื้อราหมายเลข 10 ที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน ศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตเอ็นไซม์ตามวิธีการทดลองข้อ 7.1, 7.2, 7.3 ได้ผลการทดลองดังนี้คือ

7.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิล-เซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

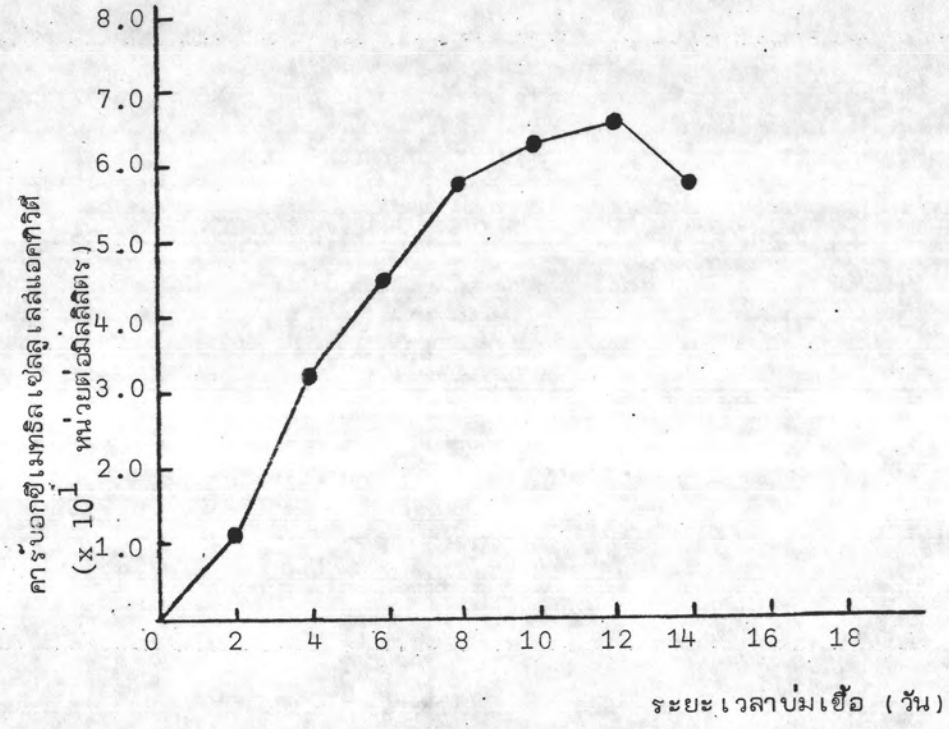
จากการนำเชื้อราที่คัดเลือกได้ (หมายเลข 10) มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าเมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลานานขึ้น เชื้อราจะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสสูงขึ้นเป็นลำดับ และจะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดในวันที่ 10 ซึ่งจะได้ 29.44 หน่วยต่อมิลลิลิตร จากนั้น การผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสจะเริ่มลดลงเป็นลำดับ (รูปที่ 12) และจะผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส เบตา-กลูโคซิเดสได้สูงสุดเท่ากับ 65.00 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ 32.20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อบ่มเชื้อเป็นระยะเวลานาน 12 วัน จากนั้นการผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส (รูปที่ 13) และเบตา-กลูโคซิเดส (รูปที่ 14) จะเริ่มลดลงเป็นลำดับ

7.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

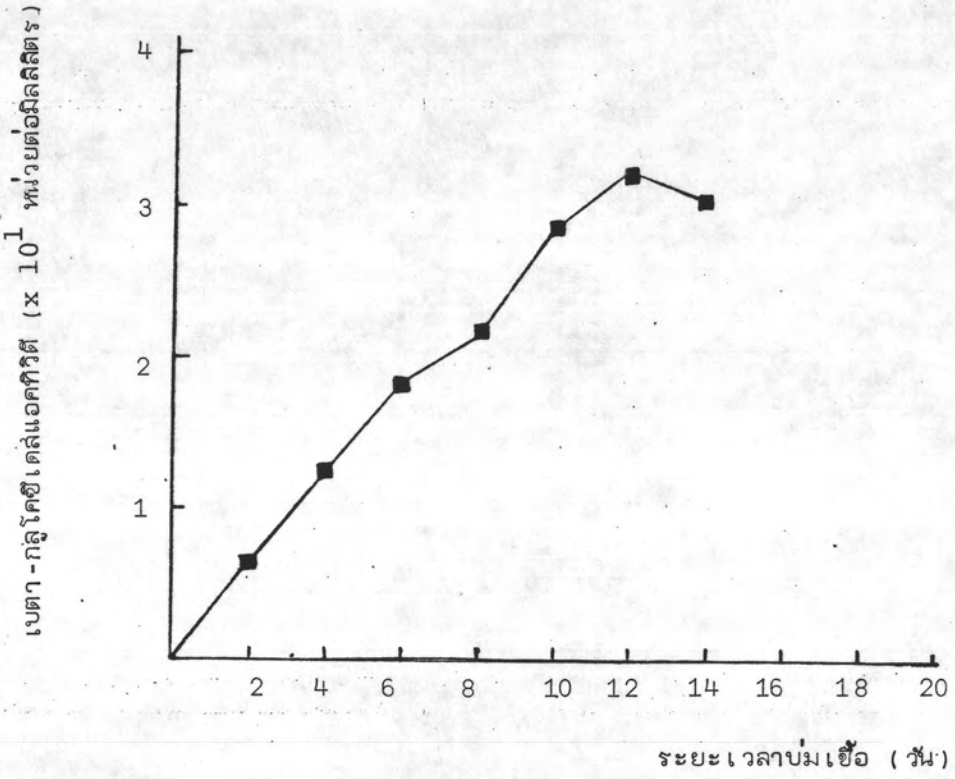
เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสสูงสุดเท่ากับ 3.17×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร และเมื่อบ่มนาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส เบตา-กลูโคซิเดสได้สูงสุดเท่ากับ 6.14×10^{1}, 4.18×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส การผลิตเอ็นไซม์ทั้ง 3 ชนิดจะลดลง (รูปที่ 15, 16 และ 17)



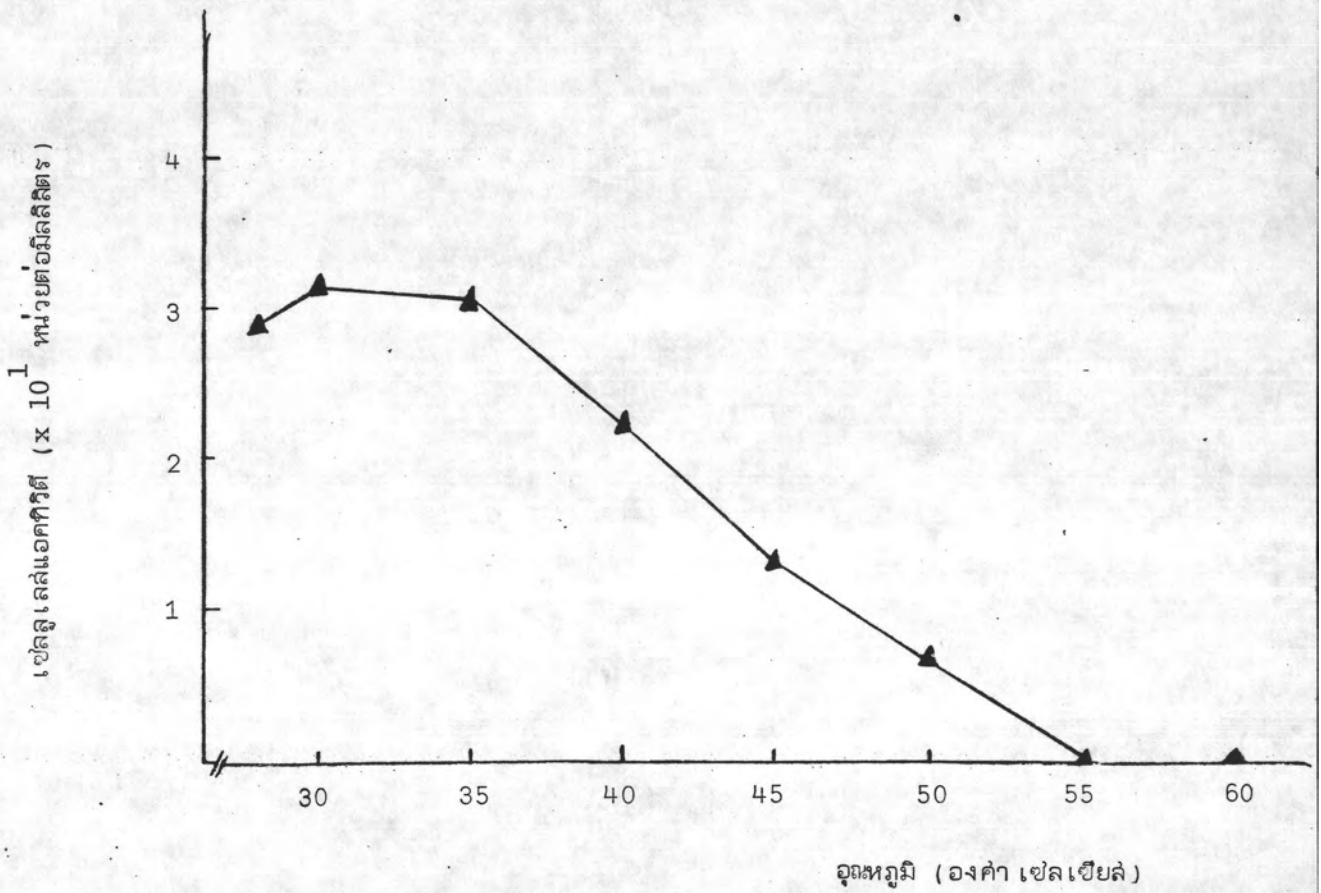
รูปที่ 12 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพสีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุในวิธีการทดลองข้อ 7.1..)



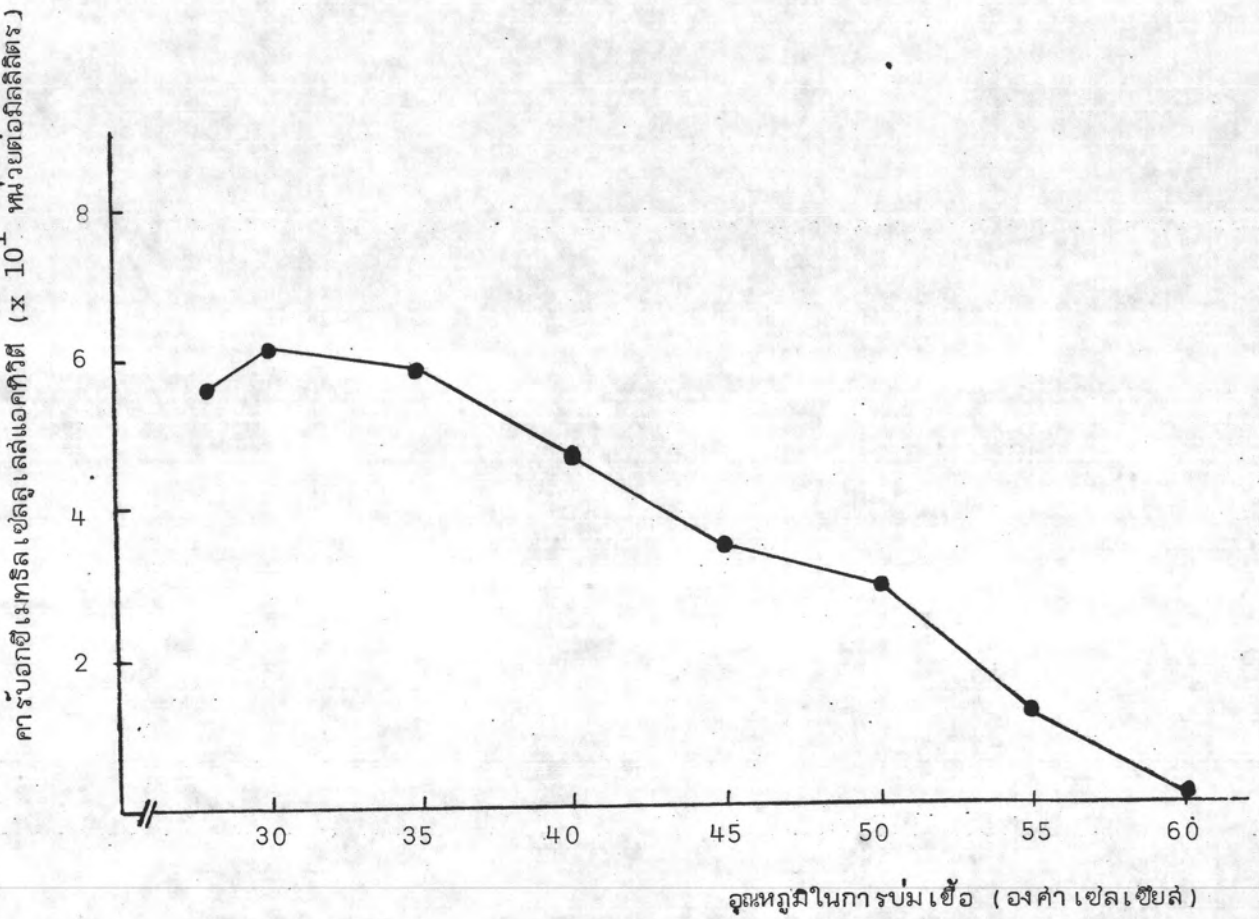
รูปที่ 13 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 7.1)



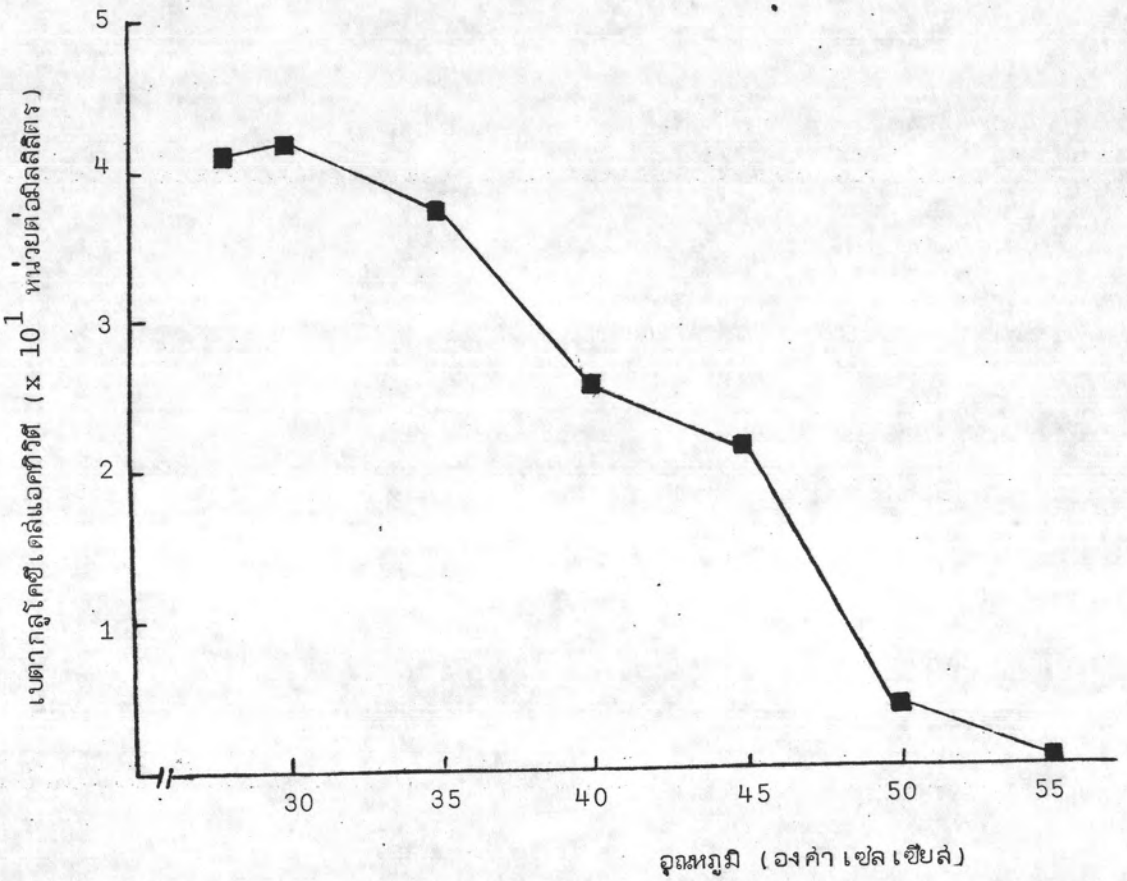
รูปที่ 14 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 7.1)



รูปที่ 15 แสดงแอคทิวิตีของ เอ็นไซม์เซลลูเลสของ เชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 10 วัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 7.2)



รูปที่ 16 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 วัน เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 7.2)



รูปที่ 17 แสดงแอคทิวิตีของ เอ็นไซม์ เบตา-กลูโคซิเดสของ เชื้อราที่คัดเลือกได้ หมายเลข 10 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน เป็นระยะ เวลา 12 วัน เมื่อใช้ ฟางข้าว เป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตน เป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับความ เป็นกรดด่างของอาหาร เลี้ยง เชื้อเริ่มต้น เท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส (รายละ เอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 7.2)

7.3 ผลการศึกษาความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

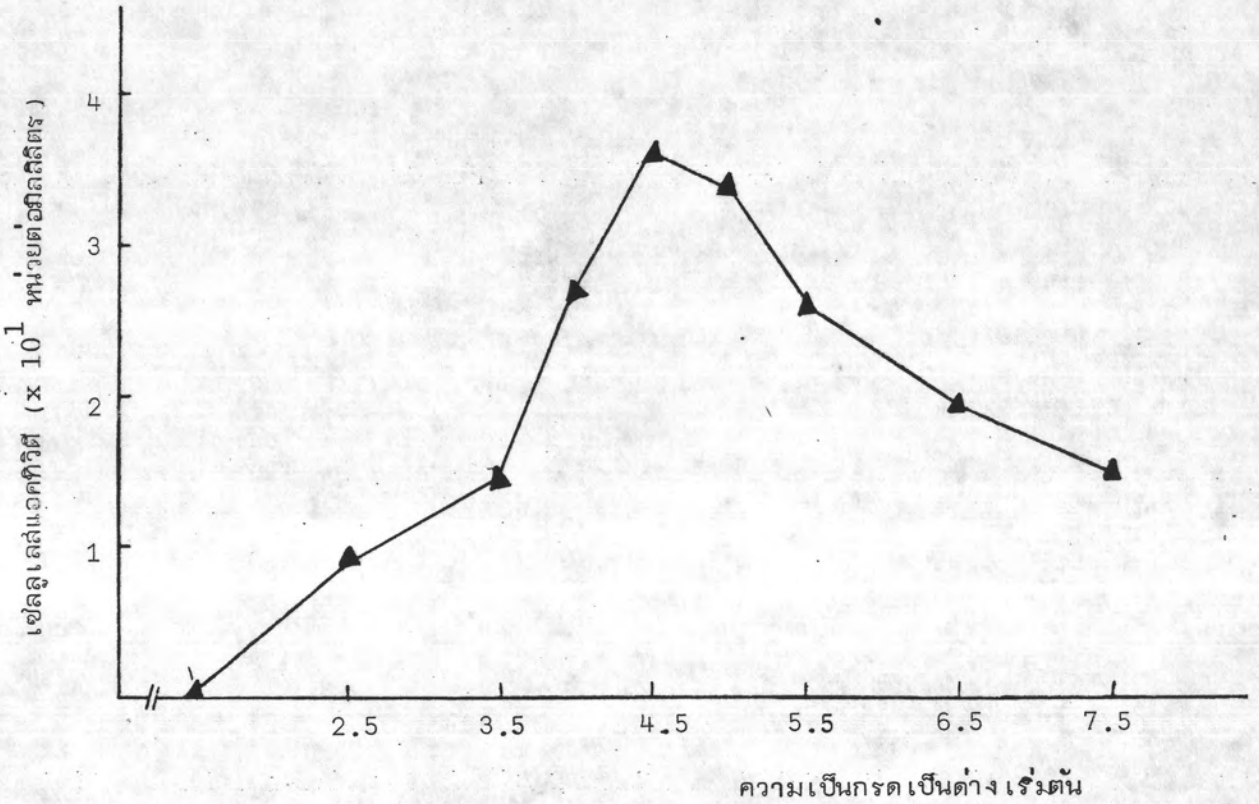
เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนตามวิธีการทดลองข้อ 4 ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ กันนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่า เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสสูงสุดเท่ากับ 3.64×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร เมื่อความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5.0 และเมื่อบ่มนาน 12 วัน จะผลิตเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิล-เซลลูเลส เบตา-กลูโคซิเดสได้สูงสุดเท่ากับ 7.5×10^{1}, 4.13×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร เมื่อความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 ถ้าความเป็นกรดด่างสูงหรือต่ำกว่านี้การผลิตเอ็นไซม์ทั้ง 3 ชนิดจะลดลง (รูปที่ 18, 19, 20)

7.4 ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

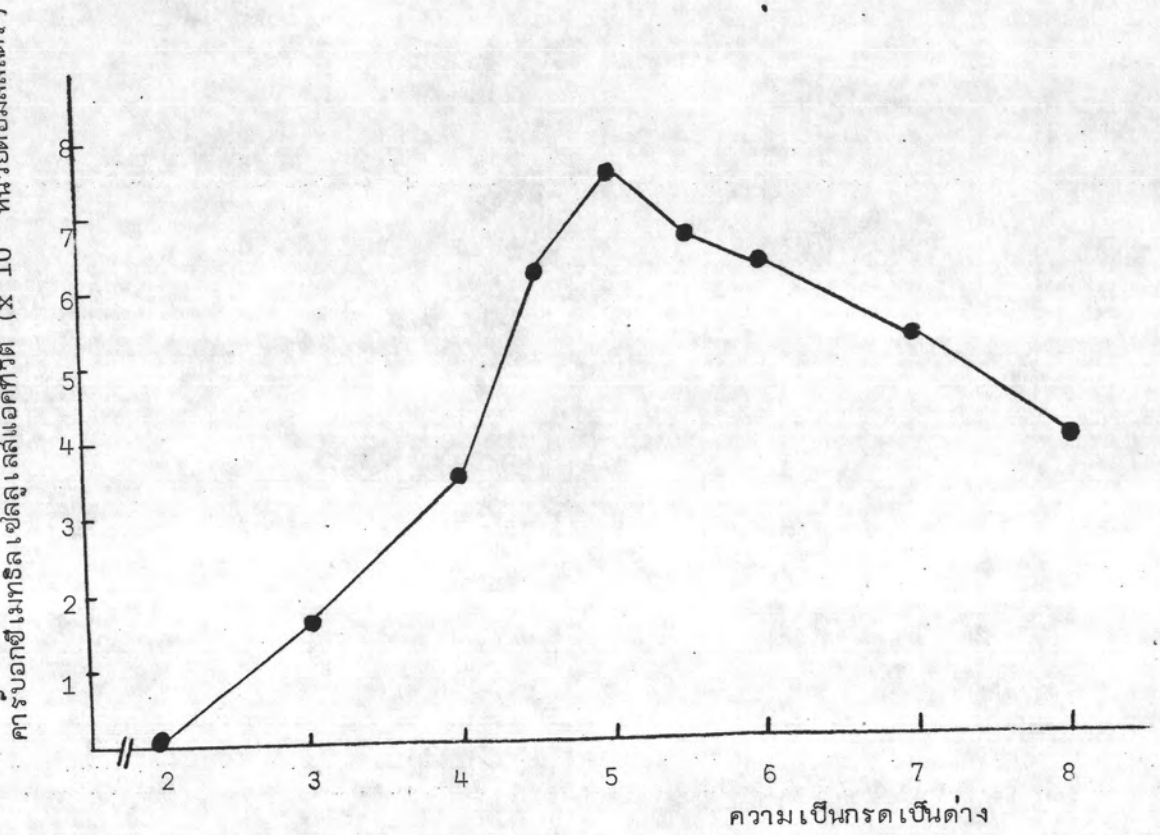
เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณต่าง ๆ กัน ตามวิธีการทดลองข้อ 4 ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 5.0 พบว่า เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 12 วัน เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสและคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 3.9×10^{1} และ 8.27×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อใช้ปริมาณฟางข้าวเท่ากับ 2.5 กรัม ถ้าปริมาณฟางข้าวสูงหรือต่ำกว่านี้ การผลิตเอ็นไซม์ดังกล่าวจะลดลง (รูปที่ 21 และ 22) และเช่นเดียวกัน เมื่อนำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์ เบตา-กลูโคซิเดสสูงสุดเท่ากับ 4.53×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร เมื่อใช้ปริมาณฟางข้าว 2.5 กรัม ถ้าปริมาณฟางข้าวสูงหรือต่ำกว่านี้ การผลิตเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสจะลดลง (รูปที่ 23)

7.5 ผลการศึกษาชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

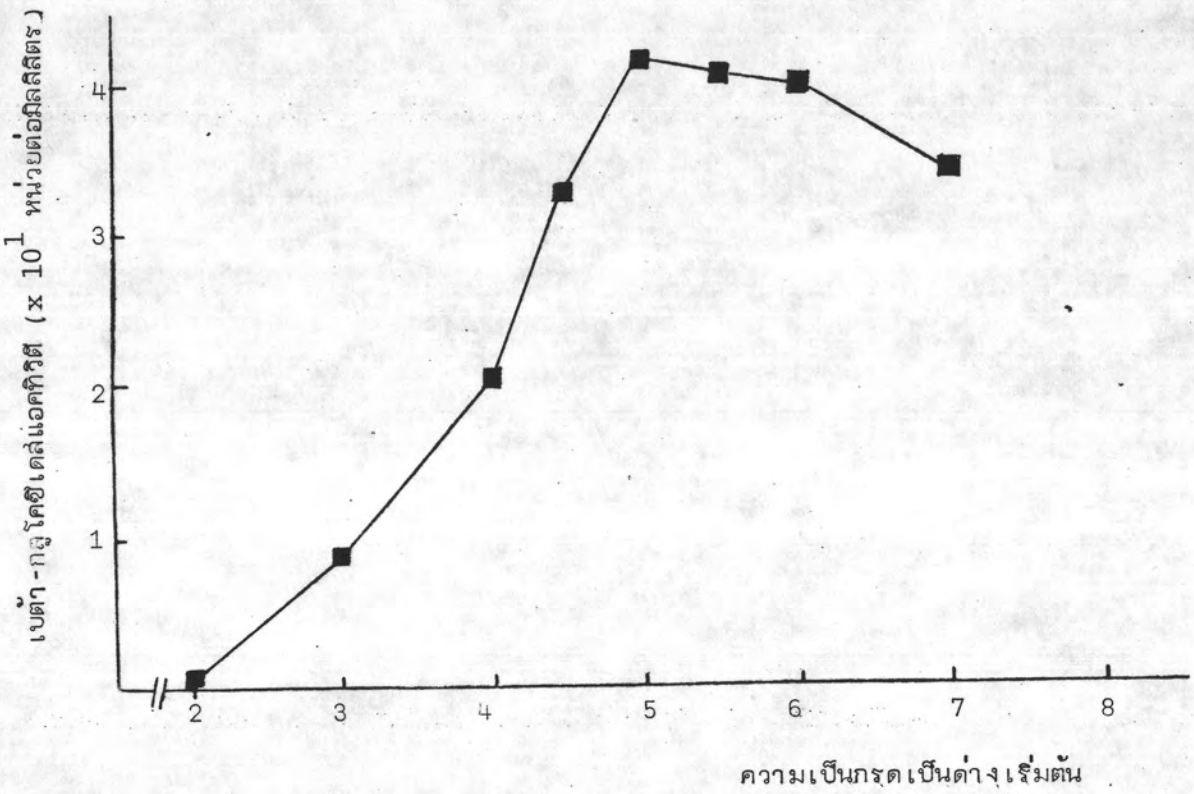
เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณ 2.5 กรัม โดยใช้ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่าง ๆ กันให้มีปริมาณไนโตรเจนแต่ละชนิดเท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ปรับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 นำไปบ่ม



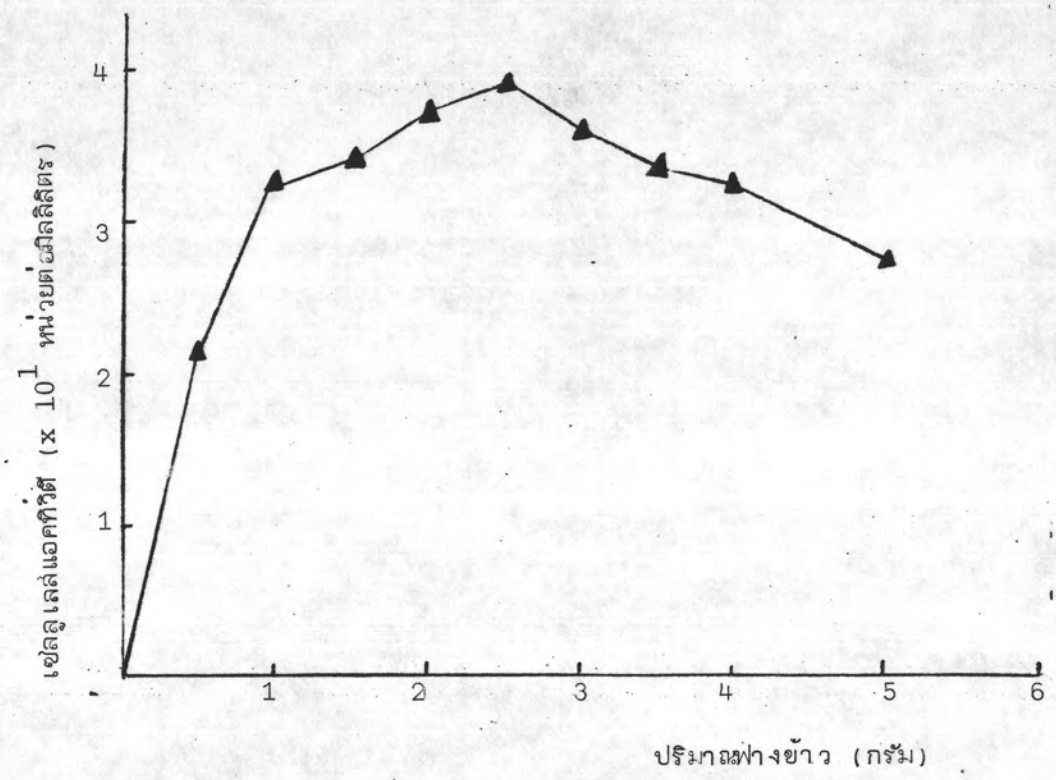
รูปที่ 18 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อปรับความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 10 วัน ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 7.3)



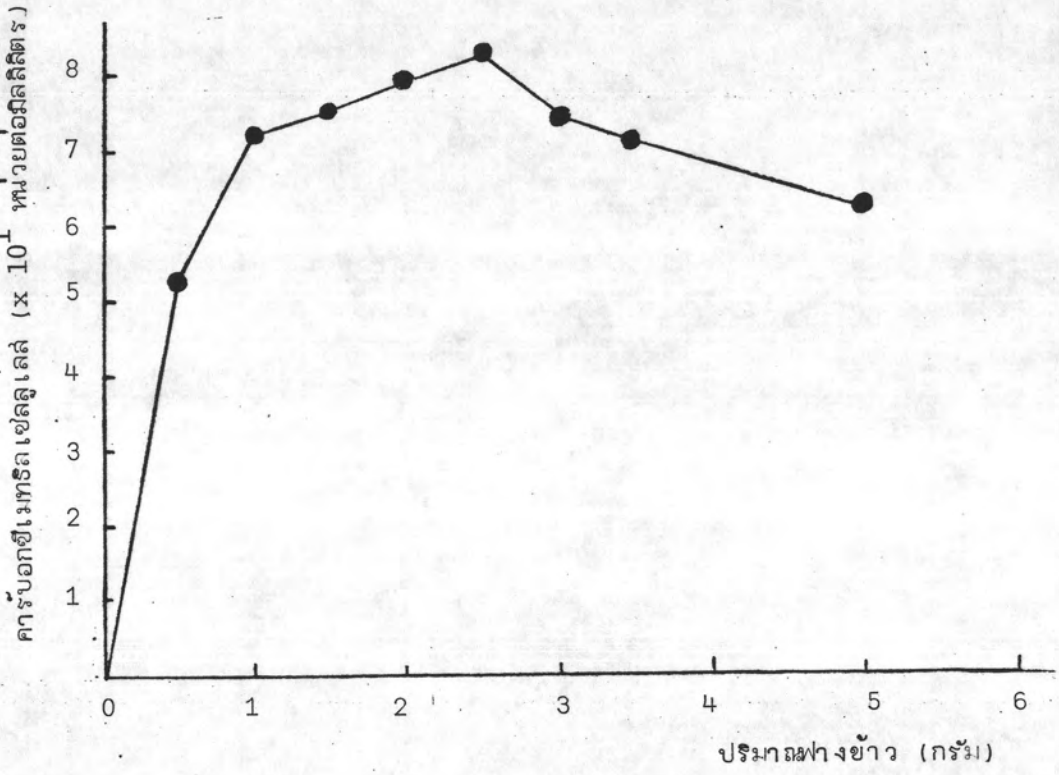
รูปที่ 19 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 วัน ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพสีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.3)



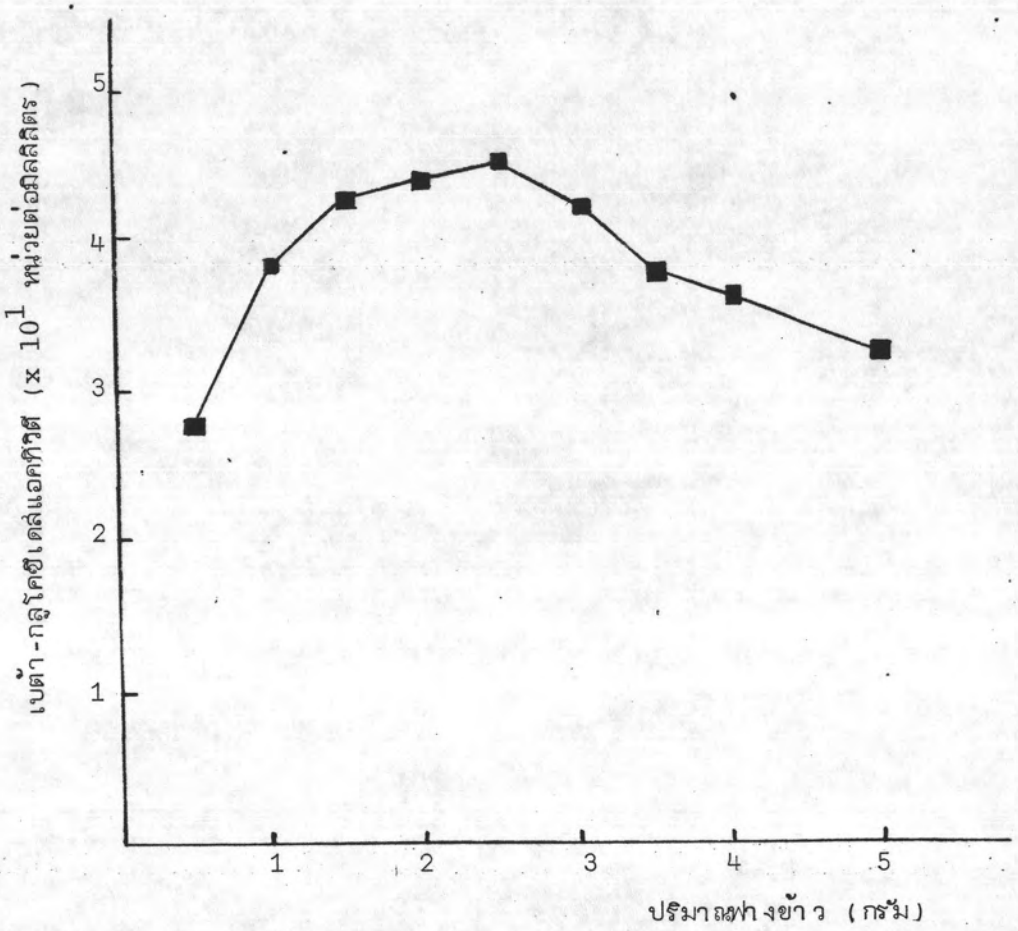
รูปที่ 20 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 วัน ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.3)



รูปที่ 21 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณต่าง ๆ กัน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน เป็นระยะเวลา 10 วัน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.4)



รูปที่ 22 แสดงแอคทิวิตี้ของเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณต่าง ๆ กัน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน บ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.4)



รูปที่ 23 แสดงแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณต่าง ๆ กัน โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน บ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน ปรับความเป็นกรดต่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (รายละเอียดการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.4)

ที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส นาน 10 และ 12 วัน พบว่า เมื่อใช้โพลีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสและคาร์บอกซีเมทริล-เซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ $4.3x10^1$ และ $8.4x10^1$ หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ขณะที่ใช้น้ำกากส่า เป็นแหล่งไนโตรเจนจะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส และคาร์บอกซีเมทริลเซลลูเลสได้เท่ากับ $3.87x10^1$ และ $7.98x10^1$ หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งไม่ต่างกันมากนัก แต่อย่างไรก็ตามแอคทิวิตีของเอ็นไซม์ทั้งสองยังสูงกว่าการใช้แอมโมเนียม-ไนเตรท และแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่ถ้านำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส นาน 12 วัน โดยใช้น้ำกากส่าเป็นแหล่งไนโตรเจนจะผลิตเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสได้สูงสุดเท่ากับ $23.5x10^1$ หน่วยต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การผลิตเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสจะลดลง เมื่อใช้โพลีเปปโตน แอมโมเนียมไนเตรท และแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนโดยจะผลิตได้เท่ากับ $4.68x10^1$, $0.58x10^1$ และ $0.55x10^1$ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำกากส่าเป็นแหล่งไนโตรเจนมาก (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงผลการใช้แหล่งไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ กันในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทริลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซิเดส ของเชื้อราหมายเลข 10 เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (ตามวิธีการทดลองข้อ 7.5)

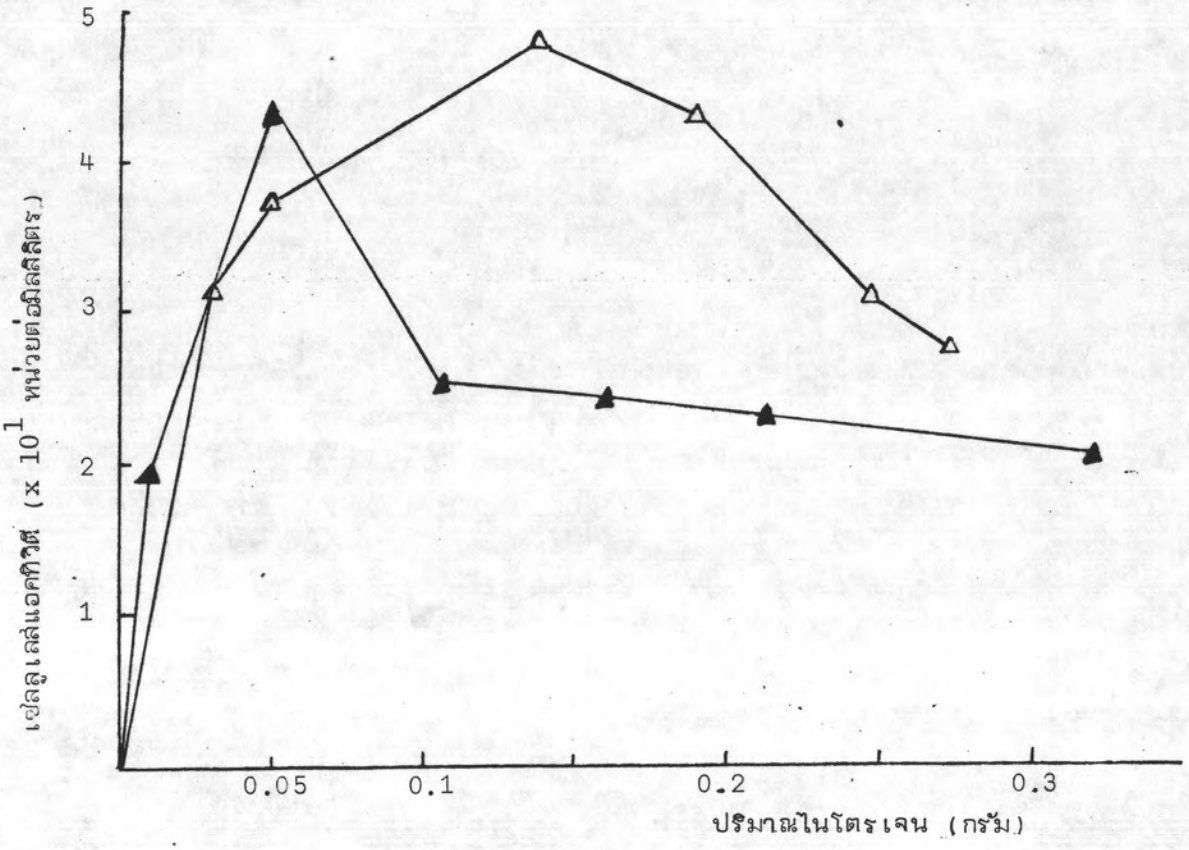
ชนิดของแหล่งไนโตรเจน	เซลลูเลสแอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	คาร์บอกซีเมทริลเซลลูเลสแอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	เบตา-กลูโคซิเดส แอคทิวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)
น้ำกากส่า	$3.87x10^1$	$7.98x10^1$	$23.5x10^1$
โพลีเปปโตน	$4.30x10^1$	$8.40x10^1$	$4.68x10^1$
แอมโมเนียมไนเตรท	$1.98x10^1$	$3.93x10^1$	$0.58x10^1$
แอมโมเนียมซัลเฟต	$1.87x10^1$	$4.08x10^1$	$0.55x10^1$

7.6 ผลการเปรียบเทียบการใช้น้ำกากส่าและโพสีเปปโตนในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นแหล่งไนโตรเจนในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดส ของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

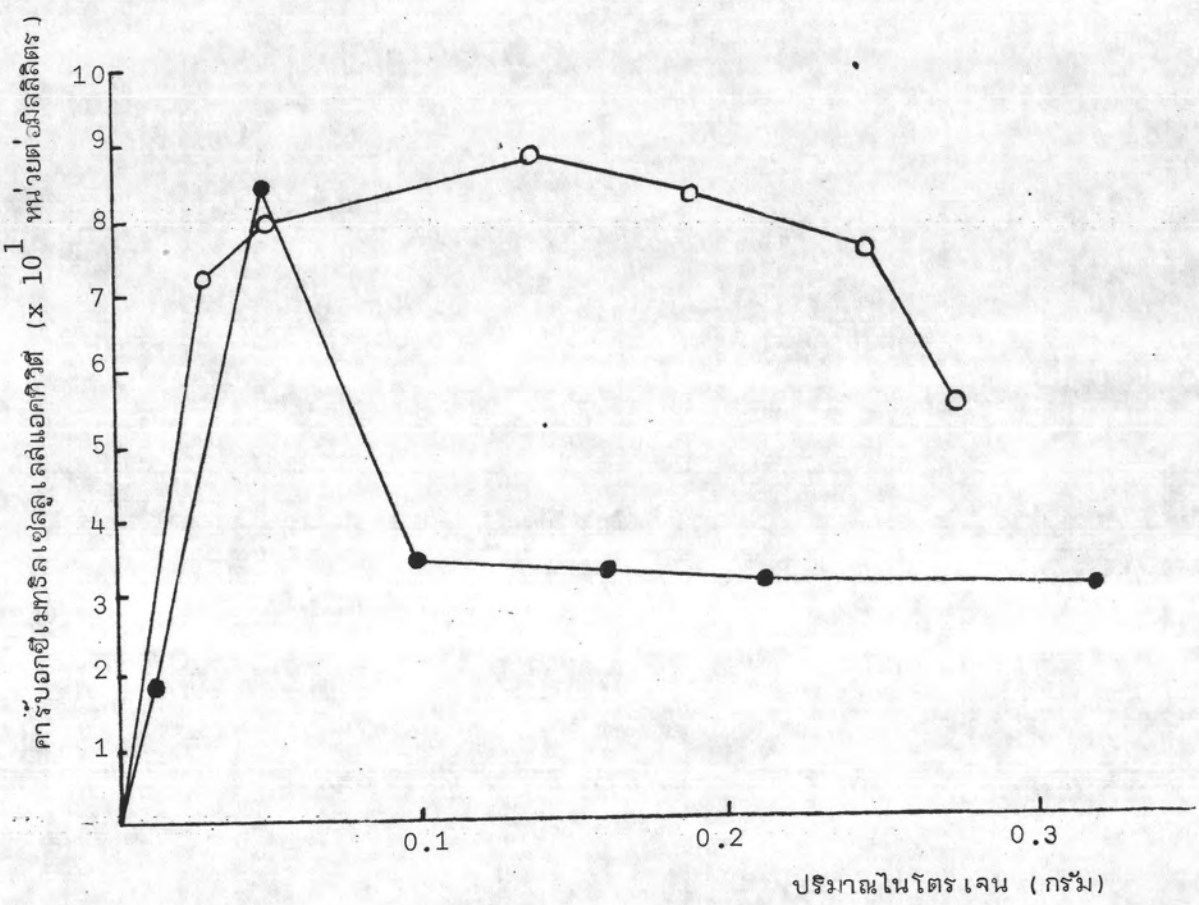
เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน และมีน้ำกากส่า โพสีเปปโตน เป็นแหล่งไนโตรเจนในปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.03, 0.05, 0.137, 0.191, 0.246 และ 0.247 กรัม ปรับความเป็นกรดด่าง ... ของอาหารเท่ากับ 5.0 พบว่า เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส นาน 10, 12 วัน เชื้อราหมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลสได้สูงสุดเท่ากับ 4.82×10^{1} และ 8.7×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตรตามลำดับ เมื่อใช้ปริมาณน้ำกากส่าให้มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.137 กรัม และเมื่อบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส นาน 12 วัน จะผลิตเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซีเดสสูงสุดเท่ากับ 44.2×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร เมื่อใช้ปริมาณน้ำกากส่าให้มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.137 กรัม เช่นเดียวกัน และเมื่อใช้ปริมาณน้ำกากส่าสูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ การผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดส จะลดลงเป็นลำดับ (รูปที่ 24, 25, 26) ในขณะที่เมื่อนำเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโพสีเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน และในปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กันเช่นเดียวกัน พบว่าเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 จะผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส และเบตา-กลูโคซีเดสได้สูงสุดเท่ากับ 4.3×10^{1}, 8.4×10^{1} และ 4.68×10^{1} หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อใช้ปริมาณโพสีเปปโตนให้มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.05 กรัม ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำกากส่าเป็นแหล่งไนโตรเจน (รูปที่ 24, 25, 26)

8. ผลการจำแนกเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10

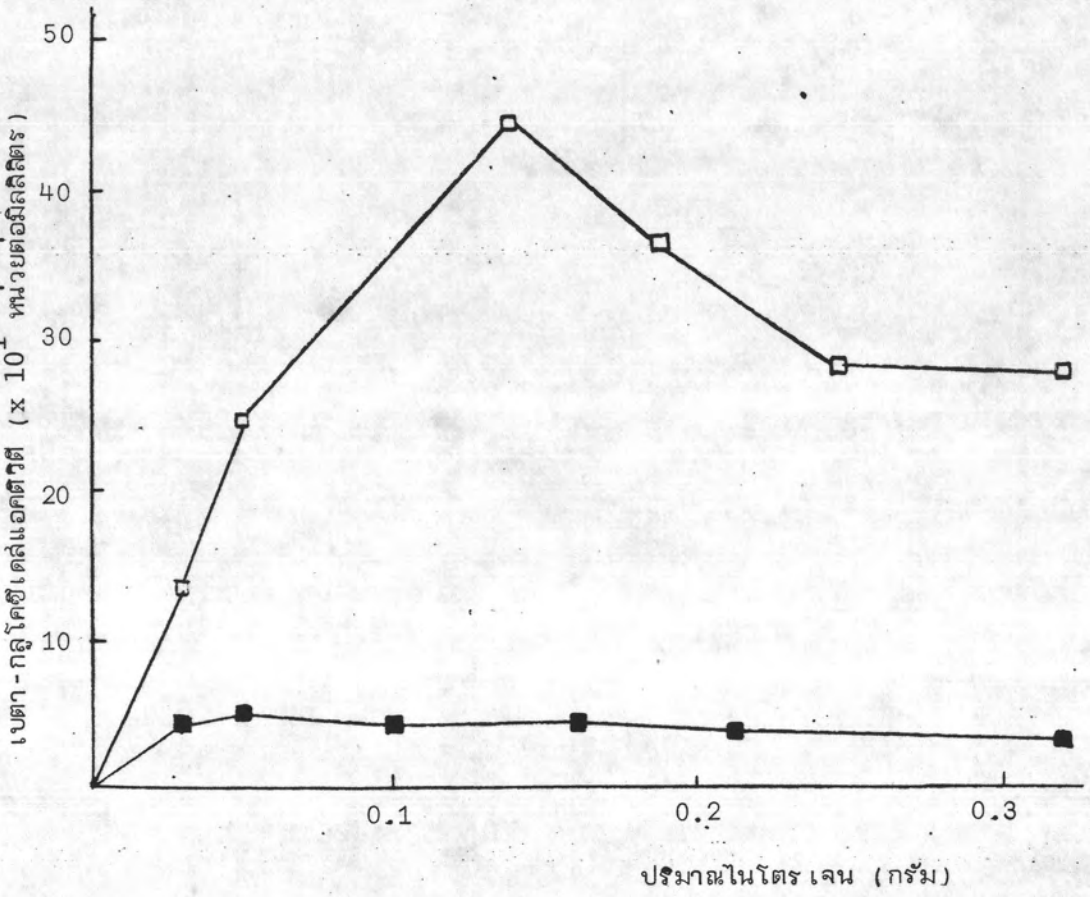
นำเชื้อราหมายเลข 10 ที่คัดเลือกได้จากข้อ 4 มาจำแนกจีนัสโดยทำ Slide culture technique เมื่อนำไปเปรียบเทียบรูปร่างลักษณะจากหนังสือ The Saccardo system of Classification พบว่าสัดอยู่ในจีนัส Aspergillus sp. (รูปที่ 27)



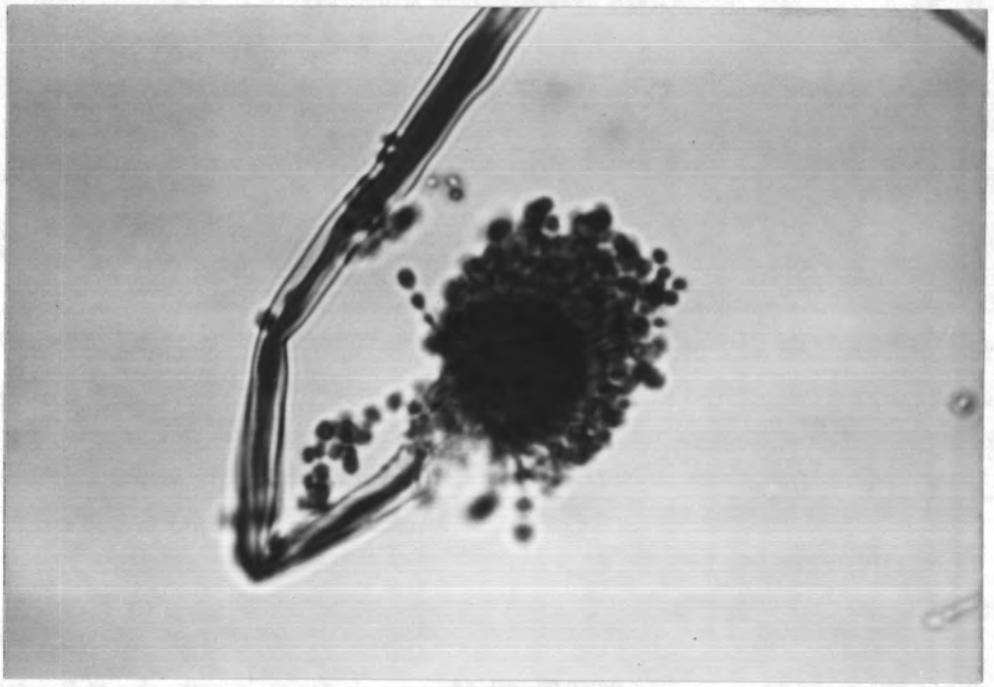
รูปที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้โพลีเปปโตน (▲——▲) และน้ำกากส่า (△——△) เป็นแหล่งไนโตรเจนในปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.6)



รูปที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบแอคทิวิตีของเอ็นไซม์คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส ของเชื้อราที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้โพลีเปปโตน (●——●) และน้ำกากส่า (○——○) เป็นแหล่งไนโตรเจนในปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.6)



รูปที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบแอคทิวิตีของเอ็นไซม์เบตา-กลูโคซิเดสของเชื้อรา ที่คัดเลือกได้หมายเลข 10 เมื่อใช้โพลีเปปโตน (■——■) และน้ำกากส่า (□——□) เป็นแหล่งไนโตรเจนในปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน ปรับความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน (รายละเอียดของการทดลองระบุไว้ในวิธีการทดลองข้อ 7.6)



รูปที่ 27 แสดงลักษณะของเชื้อรา Aspergillus sp. ที่คัดเลือกได้

9. ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการหมักฟางข้าวในโหลหมักที่เติมน้ำกากส่า และใส่เชื้อรา ที่คัดเลือกได้ กับที่ไม่ได้ใส่เชื้อรา

จากการนำฟางข้าวมาหมักรวมกับน้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท และเติมเชื้อรา Aspergillus sp. ที่คัดเลือกได้ (ตามผลข้อ 10) เปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อรา Aspergillus sp. ตามวิธีการทดลองข้อ 11 โดยการนำตัวอย่างฟางข้าวดังกล่าวมาวิเคราะห์หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณเชื้อราทั้งหมด และเชื้อราที่ใส่ลงไปได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

9.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว

จากการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว พบว่า ฟางข้าวมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 86 เมื่อหมักนาน 5 วัน อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวผสมน้ำกากส่าใส่เชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวผสมแอมโมเนียม-ไนเตรทใส่เชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวผสมน้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวผสมแอมโมเนียมไนเตรทเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. เพียงอย่างเดียว และฟางข้าวที่ไม่ได้ใส่ทั้งเชื้อราและแหล่งไนโตรเจนจะลดลงเหลือ 20.99, 17.91, 22.74, 18.34, 80.16 และ 83.35 ตามลำดับ และจะลดลงตลอดระยะเวลาหมัก (ตารางที่ 9) และเมื่อหมักฟางข้าวนาน 40 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะลดลงเหลือ 14.02, 13.05, 14.23, 13.47, 57.38 และ 57.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) จากการนำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวที่หมักนาน 5, 10, 20, 25 และ 40 วัน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ทุกช่วงเวลาดังกล่าวอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวแต่ละโหลหมักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวหลังจากที่หมักนาน 40 วัน มาทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test (ตารางที่ 10) พบว่า ในช่วง 25 วันแรก การใส่เชื้อรา Aspergillus sp. ลงในฟางข้าวผสมน้ำกากส่าทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าฟางข้าวผสมน้ำกากส่าแต่เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อหมักฟางข้าวเป็นเวลานาน 40 วัน พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การใส่เชื้อราลงในฟางข้าวผสมแอมโมเนียมไนเตรทจะไม่ทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างจากฟางข้าวผสม

ตารางที่ 9 แสดงค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวใส่น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรทและเชื้อรา Aspergillus sp. เมื่อหมักนาน 5, 10, 20, 25 และ 40 วัน

ชนิดของฟางข้าว	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว					
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	25 วัน	40 วัน
ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp.	24.90	20.99	16.61	14.83	14.99	14.02
ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าอย่างเดียว	24.90	22.74	21.64	17.53	15.92	14.23
ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp.	20.12	17.91	17.52	16.23	14.60	13.05
ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทอย่างเดียว	20.12	18.34	17.91	16.43	14.70	13.47
ฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. อย่างเดียว	84.25	80.61	71.85	64.28	64.04	57.38
ฟางข้าวไม่ใส่ทั้งเชื้อรา Aspergillus sp. และแหล่งไนโตรเจน	84.25	83.35	74.72	68.48	64.4	57.38

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของฟางข้าวใส่น้ำกากส่า แอมโมเนียมไนเตรท และเชื้อรา Aspergillus sp. โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เมื่อหมักฟางข้าวนาน 5, 10, 20, 25 และ 40 วัน

ชนิดของฟางข้าว	อัตราส่วนค่ารับอนต่อไนโตรเจน				
	หมักนาน 5 วัน	หมักนาน 10 วัน	หมักนาน 20 วัน	หมักนาน 25 วัน	หมักนาน 40 วัน
ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp.	26.99 b	24.04 a	22.63 a	22.75 a	22.02 a
ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าอย่างเดียว	28.73 c	27.69 c	24.73 c	23.5 b	22.14 a
ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp.	25.03 a	24.69 ab	23.69 b	22.46 a	21.22 a
ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทอย่างเดียว	25.37 a	25.03 bc	23.89 b	22.50 a	21.51 a
ฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. อย่างเดียว	63.91 d	57.92 d	53.28 d	53.13 c	49.58 b
ฟางข้าวไม่ใส่ทั้งเชื้อรา Aspergillus sp. และแหล่งไนโตรเจน	65.90 e	59.47 e	55.83 e	53.37 c	49.23 b
Significant difference	*	*	*	*	*
C.V. (%)	1.82	0.85	0.46	0.61	6.38

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (5 เปอร์เซ็นต์)

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05

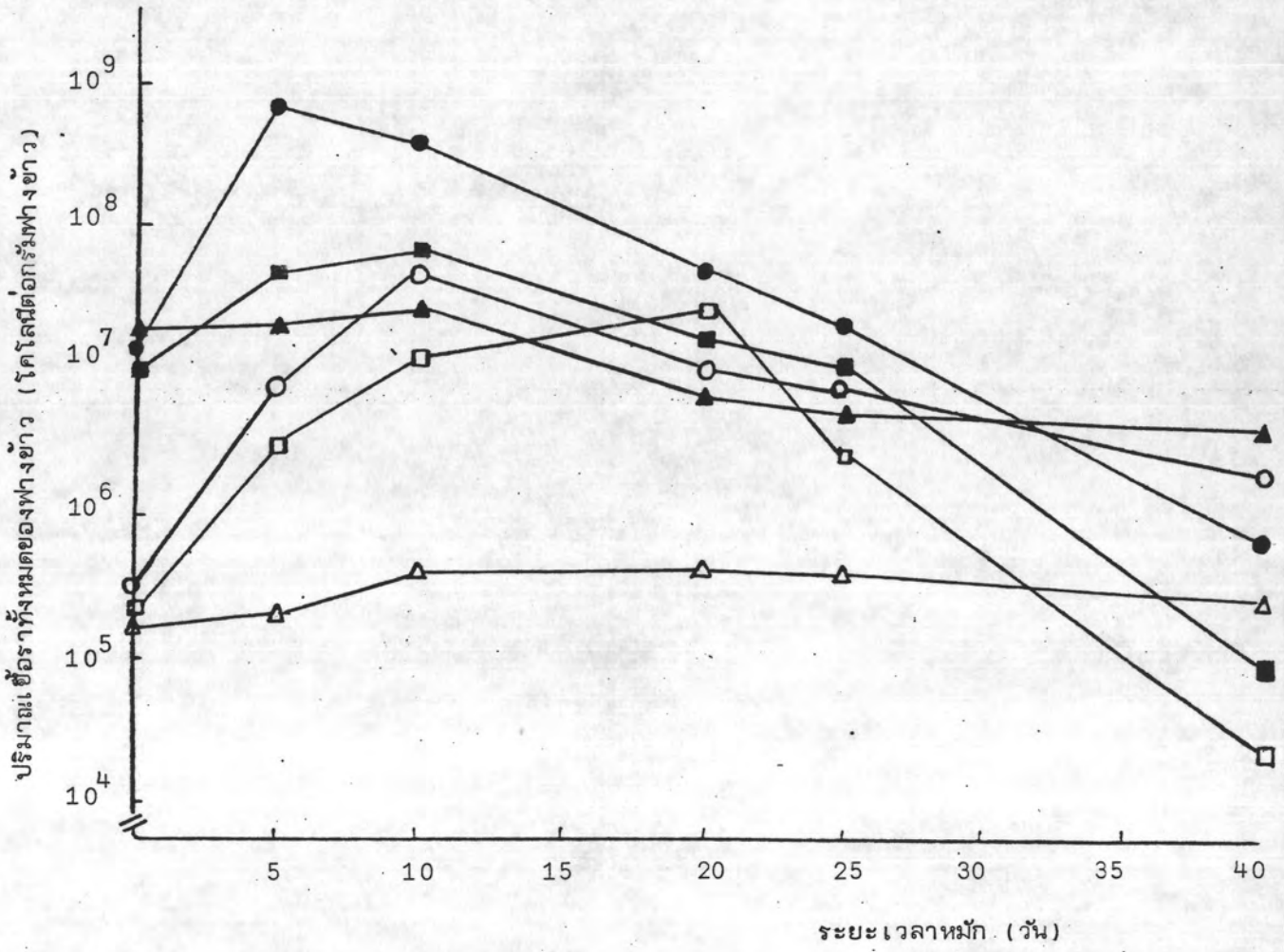
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางเป็นข้อมูลที่ได้จากการแปลงค่าตามวิธีของ C.I. Blish (จรัล, 2513)

แอมโมเนียมไนเตรทแต่เพียงอย่างเดียวเมื่อทดสอบโดยสถิติตลอดระยะเวลาหมัก 40 วัน ส่วนการใส่เชื้อรา Aspergillus sp. ลงในฟางข้าวที่ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจน พบว่าใน 20 วันแรก อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าฟางข้าวที่ไม่ใส่ทั้งแหล่งไนโตรเจนและเชื้อรา Aspergillus sp. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อหมักนาน 25 วัน จะพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าตลอดการทดลอง 40 วัน การใส่แหล่งไนโตรเจนไม่ว่าจะเป็นน้ำกากส่า หรือแอมโมเนียมไนเตรททำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเร็วกว่าการไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

9.2 ผลของปริมาณเชื้อราทั้งหมด และผลการตรวจหาเชื้อรา Aspergillus sp. ที่คัดเลือกได้ซึ่งใส่ลงไป

จากการศึกษาปริมาณเชื้อราทั้งหมดในปุ๋ยหมักของฟางข้าว พบว่า ฟางข้าวเมื่อใส่น้ำกากส่าและเชื้อราที่คัดเลือกได้ (Aspergillus sp.) ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่เชื้อ Aspergillus sp. เพียงอย่างเดียว และฟางข้าวที่ไม่ได้ใส่ทั้งเชื้อ Aspergillus sp. และแหล่งไนโตรเจน จะมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 1.94×10^7, 1.1×10^7, 5.0×10^5, 4.15×10^5, 3.2×10^7 และ 2.45×10^5 เซลล์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อหมักนาน 5 วัน ปริมาณเชื้อราทั้งหมดของฟางข้าวแต่ละโหลหมักจะเพิ่มขึ้นเป็น 8.7×10^8, 7.0×10^7, 9.0×10^6, 5.0×10^6, 3.0×10^7 และ 3.25×10^5 เซลล์ต่อกรัมของฟางข้าว ตามลำดับ ซึ่งฟางข้าวใส่น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp. จะมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงที่สุดและสูงกว่าฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. และฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. แต่เพียงอย่างเดียว แต่หลังจากนั้นจำนวนเซลล์ของเชื้อราจะลดปริมาณลงเป็นลำดับ (รูปที่ 28) ขณะที่ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. และฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. เพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวที่ไม่ได้ใส่ทั้งเชื้อรา Aspergillus sp. และแหล่งไนโตรเจนจะมีปริมาณเชื้อทั้งหมดเพิ่มอีกเมื่อหมักนาน 10 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อจึงลดลงเป็นลำดับ ส่วนฟางข้าวเมื่อเติมแอมโมเนียมไนเตรทเพียงอย่างเดียวปริมาณเชื้อราทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตลอด

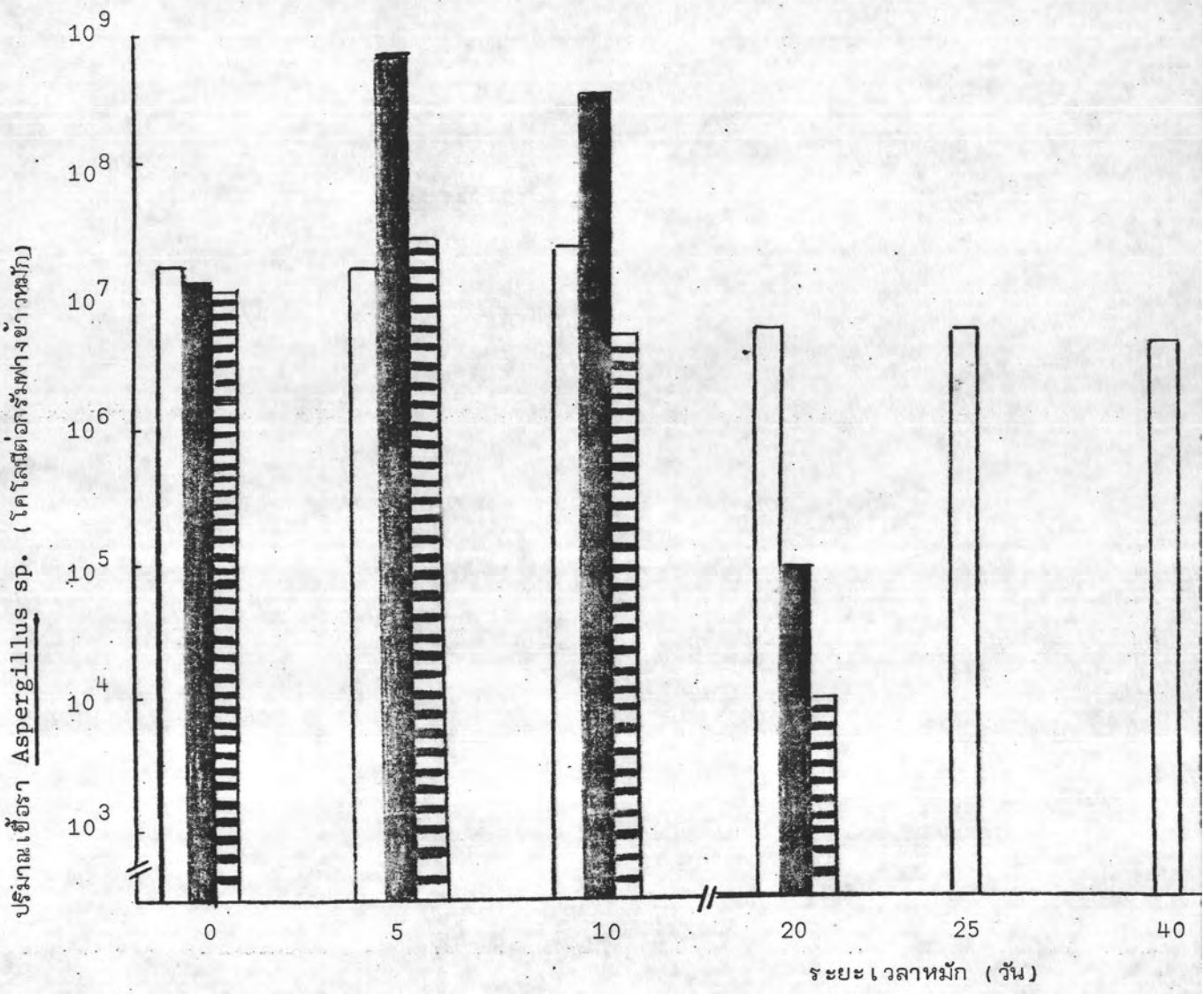


รูปที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราทั้งหมดของฟางข้าว (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมเชื้อรา Aspergillus sp. และไม่เติมเชื้อราโดยมี แอมโมเนียมไนเตรท น้ำกากส่า เป็นแหล่งไนโตรเจน

- ●——● น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp.
- ○——○ น้ำกากส่าไม่ใส่เชื้อรา
- ■——■ แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp.
- □——□ แอมโมเนียมไนเตรทไม่ใส่เชื้อรา
- ▲——▲ ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนแต่ใส่ Aspergillus sp.
- △——△ ไม่ใส่ทั้งแหล่งไนโตรเจนและเชื้อรา Aspergillus sp.

ระยะเวลาหมักและเมื่อหมักนาน 20 วัน จะมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงกว่าฟางข้าวเมื่อใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าอย่างเดียว ฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. อย่างเดียว และสูงกว่า ฟางข้าวที่ไม่ใส่ทั้งเชื้อรา และแหล่งไนโตรเจน แต่หลังจากนั้นปริมาณเชื้อราจะลดลงเป็นลำดับเช่นกัน (รูปที่ 28) และเมื่อหมักนาน 40 วัน ฟางข้าวที่ใส่น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทเพียงอย่างเดียว ฟางข้าวใส่ Aspergillus sp. เพียงอย่างเดียว และฟางข้าวที่ไม่ได้ใส่ทั้งเชื้อ Aspergillus sp. และแหล่งไนโตรเจน จะมีปริมาณเชื้อทั้งหมดลดลงเหลือ $8.3x10^5$, $9.1x10^4$, $3.05x10^6$, $3.5x10^4$, $6.7x10^6$ และ $4.15x10^5$ เซลล์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณเชื้อรา Aspergillus sp. ที่ใส่ลงไปในปุ๋ยหมักของฟางข้าว (รูปที่ 29) ฟางข้าวใส่น้ำกากส่าผสมเชื้อรา Aspergillus sp. ฟางข้าวใส่แอมโมเนียมไนเตรทผสมเชื้อรา Aspergillus sp. และฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. อย่างเดียว มีปริมาณเชื้อ Aspergillus sp. เริ่มต้นเท่ากับ $1.94x10^7$, $1.1x10^7$ และ $3.2x10^7$ เซลล์ต่อกรัมฟางข้าว ตามลำดับ เมื่อหมักนาน 5 วัน จะมีปริมาณเชื้อเท่ากับ $8.7x10^8$, $5.0x10^7$ และ $3.0x10^7$ เซลล์ต่อกรัมฟางข้าวตามลำดับ ซึ่งพบว่าเชื้อ Aspergillus sp. ที่ใส่ลงในฟางข้าวผสมน้ำกากส่าจะเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว จะสังเกตเห็นสายใยของ Aspergillus sp. เจริญเต็มขวดโหลหมัก (รูปที่ 30) เป็น dominant species (รูปที่ 31) ขณะที่เชื้อรา Aspergillus sp. ที่ใส่ลงไปในฟางข้าวผสมแอมโมเนียมไนเตรทจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งหลังจากเพิ่มจำนวนสูงสุดในช่วงระยะเวลา 5 วัน ปริมาณเชื้อรา Aspergillus sp. จะลดลงเป็นลำดับ และจะไม่พบเชื้อรา Aspergillus sp. เลย ในฟางข้าวผสมน้ำกากส่าใส่เชื้อรา Aspergillus sp. และฟางข้าวผสมแอมโมเนียมไนเตรทใส่เชื้อรา Aspergillus sp. เมื่อหมักเป็นระยะเวลานาน 25 วัน (รูปที่ 29) ส่วนฟางข้าวใส่เชื้อรา Aspergillus sp. เพียงอย่างเดียว พบว่าเชื้อรา Aspergillus sp. เพิ่มจำนวนขึ้นเล็กน้อยในช่วงระยะเวลา 10 วัน หลังจากนั้นจะค่อยลดลงแต่ไม่มากนัก และเมื่อหมักเป็นระยะเวลานาน 40 วัน ยังพบเชื้อ Aspergillus sp. เป็นจำนวนเท่ากับ $6.7x10^6$ เซลล์ต่อกรัมฟางข้าว (รูปที่ 29)



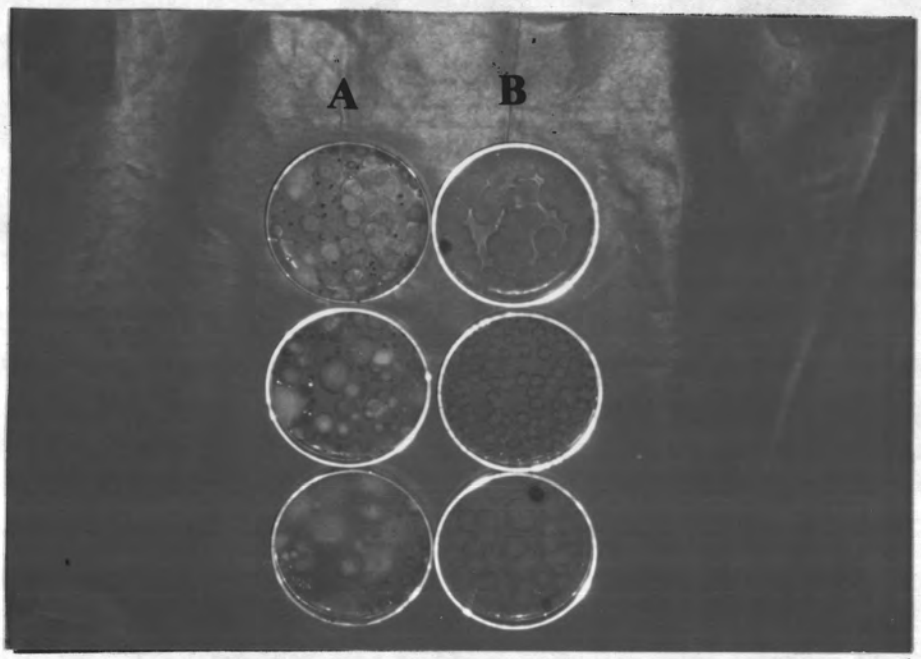
รูปที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อ Aspergillus sp. ที่ใส่ลงไปของฟางข้าว (โคโลนีต่อกรัมฟางข้าวหมัก) ตลอดระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีแอมโมเนียมไนเตรท น้ำกากส่าเป็นแหล่งไนโตรเจน กับที่ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจน

น้ำกากส่าผสม Aspergillus sp.

แอมโมเนียมไนเตรทผสม Aspergillus sp.

ไม่ใส่แหล่งไนโตรเจนแต่ใส่ Aspergillus sp.

รูปที่ 30 แสดงการหมักฟางข้าวในโหลหมัก เมื่อมีการใส่แอมโมเนียมไนเตรท น้ำกากส้าและเชื้อรา Aspergillus sp. เมื่อหมักฟางข้าวนาน 5 วัน



รูปที่ 31 แสดงชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากฟางข้าวผสมน้ำกากล่า เมื่อไม่มีการใส่เชื้อรา Aspergillus sp. (A) และมีการใส่เชื้อรา Aspergillus sp. (B) โดยใช้ Streptomycin Rose bengal agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ