บทที่ 5

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการวิจัยอันประกอบไปด้วย แบบจำลองของการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิต่างๆ ผลการจำลองแบบ และผลการสร้างภาพนามธรรมจากแบบจำลองที่หาได้

5.1 แบบจำลองการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิต่างๆ

แบบจำลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ พิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเลี้ยงเชื้อรา *Colletotrichum musae* บนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ ในสภาพที่มีแสง 12 ชั่วโมง สลับมืด 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน หรือ 120 ชั่วโมง บนจานเลี้ยงเชื้อเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร โดยขนาดเชื้อเริ่มต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสมการคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง ที่เป็นความสัมพันธ์ของระยะเวลาการเติบโต อุณหภูมิ และขนาดการกระจายตัวของเชื้อราหรือขนาดของโคโลนี ซึ่งแบบจำลองที่ได้มีลักษณะดังนี้

$$D = D_0 + \mu A - \ln\left(\frac{1+(e^{\mu A}-1)}{e^{D_{\max}-D_0}}\right) \quad (5.1)$$

เมื่อ

$$A = t + \left(\frac{1}{\mu}\times\ln\left(e^{-\mu t}+e^{-\mu L}-e^{(-\mu t-\mu L)}\right)\right) \quad (5.2)$$

และ

$$L = \frac{13.275}{1+1146513.6e^{-0.609C}} \quad (5.3)$$

$$\mu = -0.00019C^3 + 0.00966C^2 - 0.09355C + 0.168 \quad (5.4)$$

โดยที่ D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) ของโคโลนีที่เวลาต่างๆ

t คือเวลา (ชั่วโมง)

D_0 คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) เริ่มต้นของโคโลนี

L คือระยะเวลาของ Lag phase (ชั่วโมง)

μ คืออัตราการกระจายตัวของเชื้อรา (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

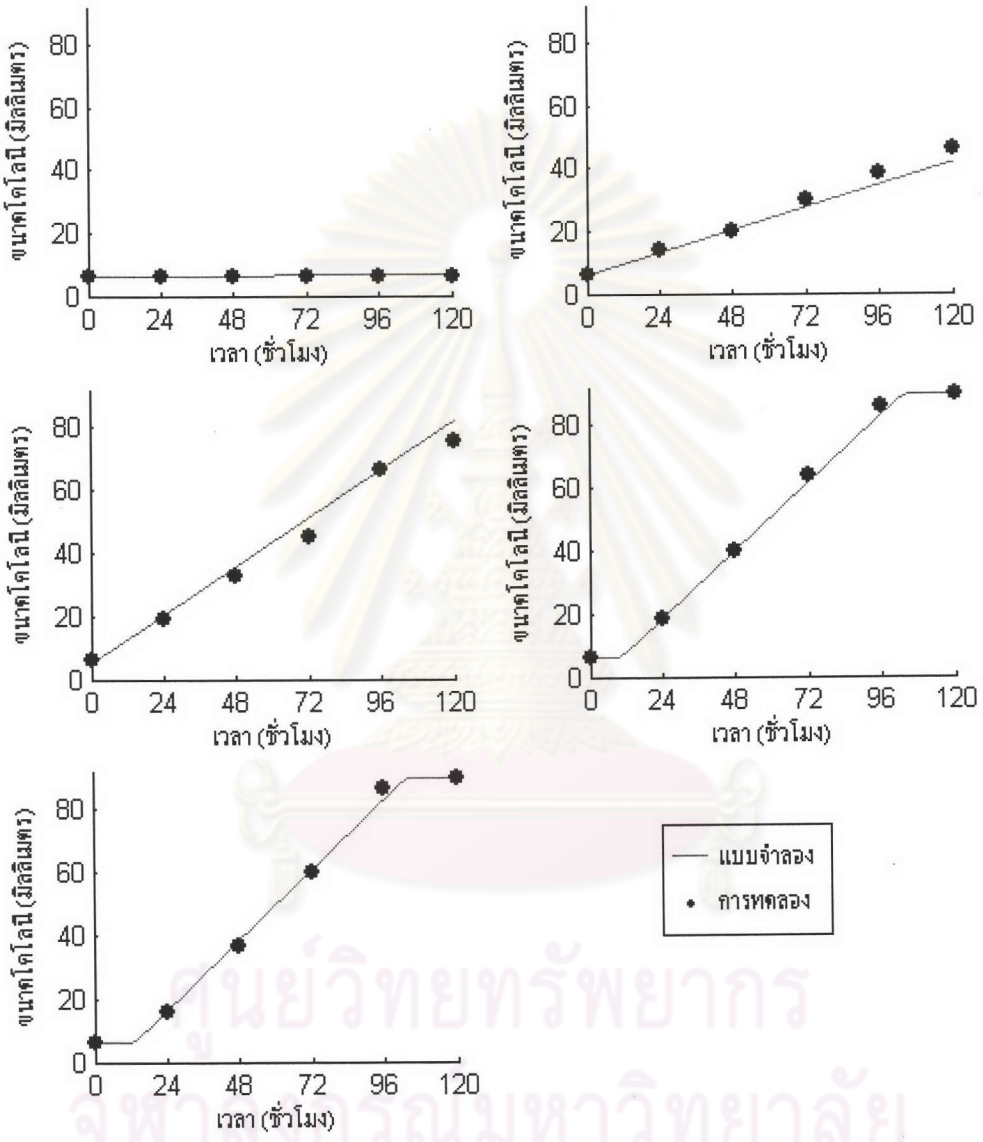
D_{max} คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากที่สุดของโคโลนี (มิลลิเมตร)

C คืออุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

แบบจำลองที่ได้ประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกเป็นสมการ 5.1 และ 5.2 ซึ่งเป็นสมการหลักในการคำนวณหาขนาดของการกระจายตัวของเชื้อรา ส่วนที่ 2 คือสมการ 5.3 เป็นสมการที่คำนวณหาระยะ Lag phase ว่ามีระยะเวลาเท่าไร ส่วนสุดท้ายคือสมการ 5.4 เป็นสมการที่คำนวณหาอัตราการกระจายตัวของเชื้อราว่ามีอัตรามากน้อยเพียงไรในแต่ละอุณหภูมิ

5.2 ผลการจำลองแบบ

เมื่อนำแบบจำลองการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิต่างๆ มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองผลการเปรียบเทียบจะเป็นดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิต่างๆ (ก) 10 องศาเซสเซียส (ข) 15 องศาเซสเซียส (ค) 20 องศาเซสเซียส (ง) 25องศาเซสเซียส (จ) 30องศาเซสเซียส

จากรูปที่ 5.1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดการกระจายตัวของเชื้อราที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของการกระจายตัวของเชื้อราที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง โดยเมื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error) ที่อุณหภูมิต่างๆ จะเป็นดังที่แสดงดังในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแบบจำลองที่อุณหภูมิต่างๆ

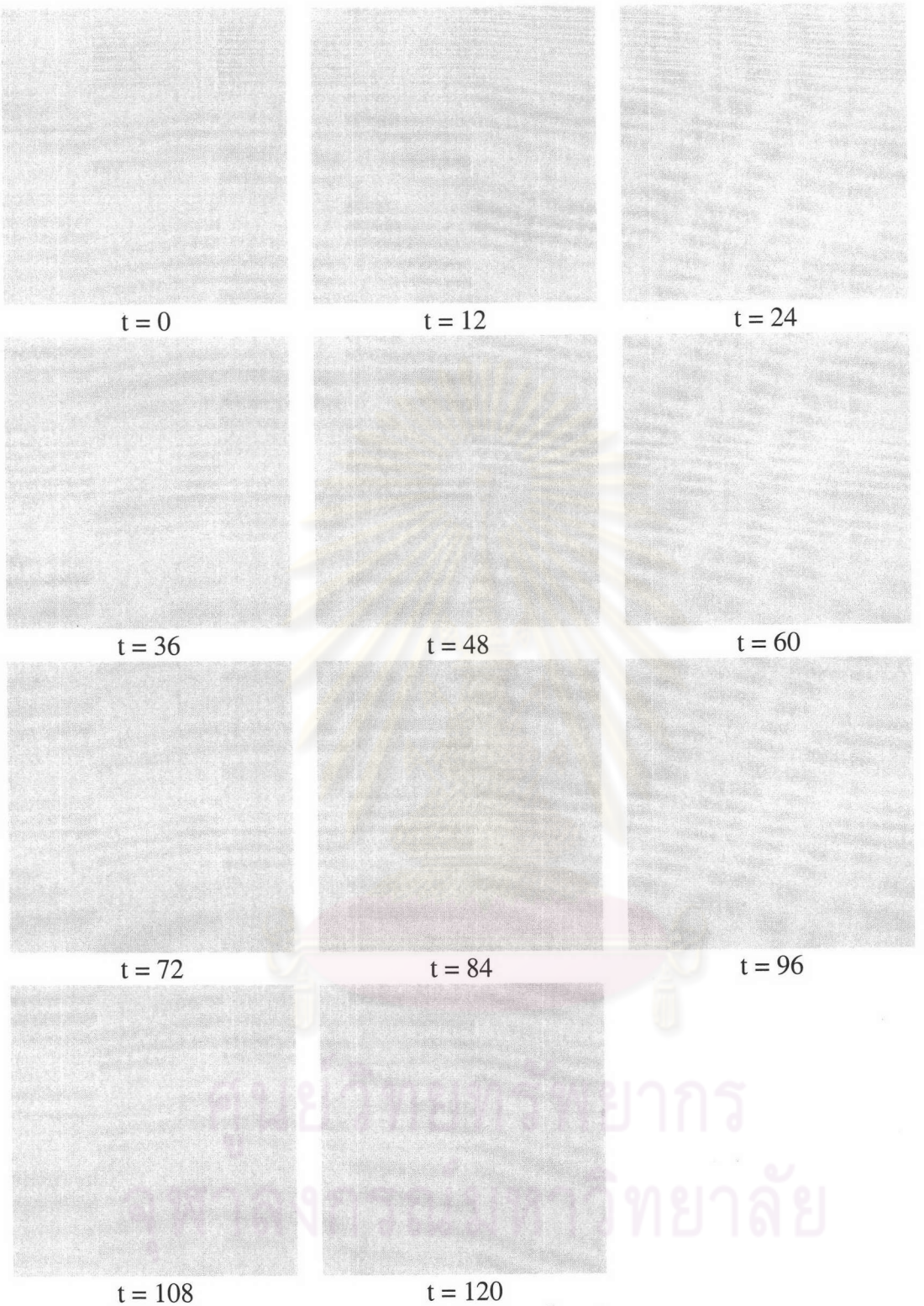
อุณหภูมิ (องศาเซสเซียส)	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (%)
10	7.57
15	6.49
20	5.61
25	1.82
30	1.80

จากตารางจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ใช้นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่มากที่สุดอยู่ที่ 7.57 % ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซสเซียส และน้อยที่สุดคือ 1.80 % ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซสเซียส

5.3 ผลการสร้างภาพนามธรรม

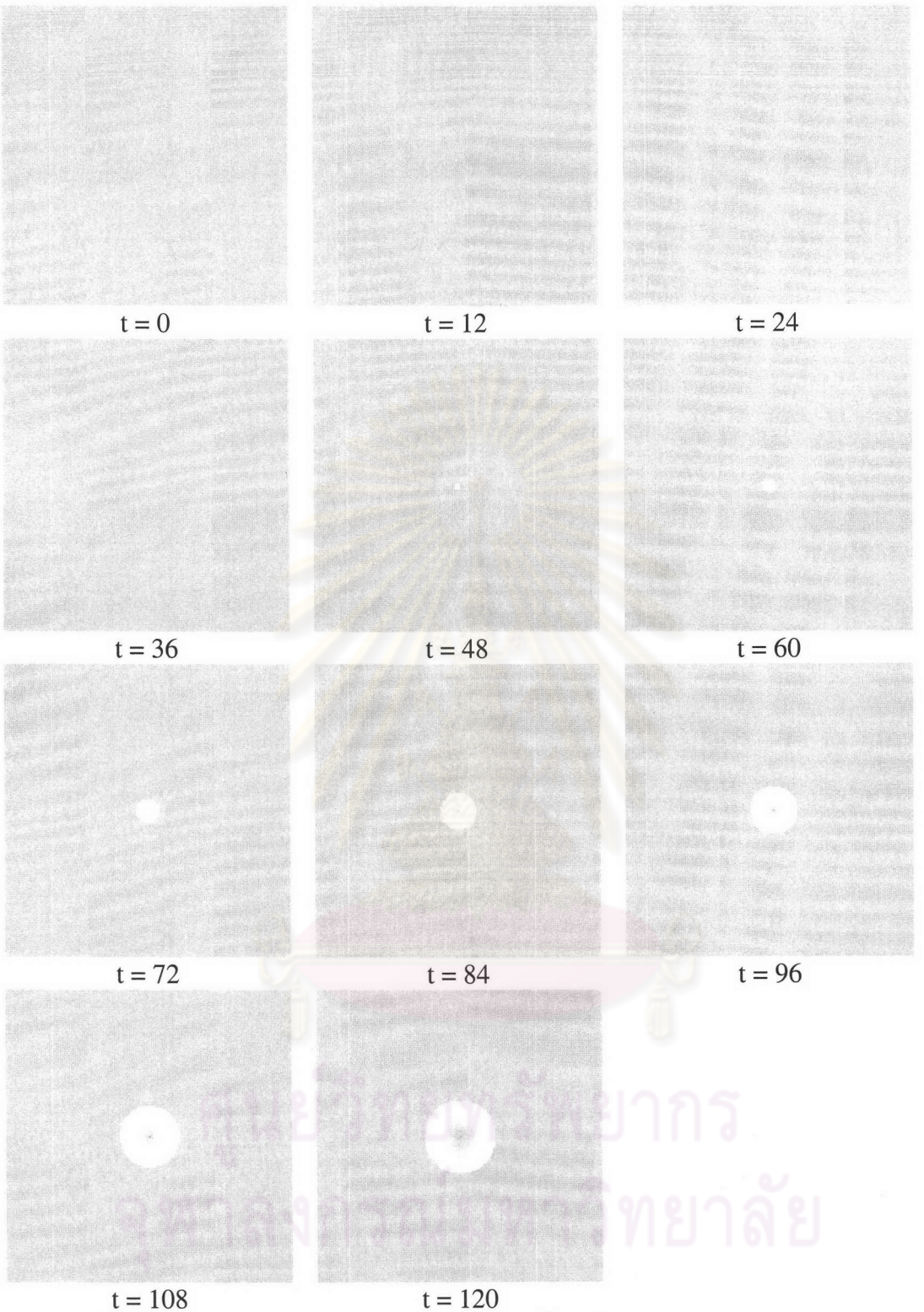
แบบจำลองการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยนี้ นอกจากสามารถนำไปใช้ในการจำลองแบบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการกระจายตัวของเชื้อราได้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างภาพนามธรรมได้ ซึ่งหากเรากำหนดให้ Cellular Automata ขนาด 163x163 ซึ่งขนาดของแต่ละเซลล์มีขนาดเท่ากับ 1 จุด (Pixel) และนำมาสร้างภาพนามธรรม ผลของการสร้างภาพนามธรรมสามารถแสดงได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



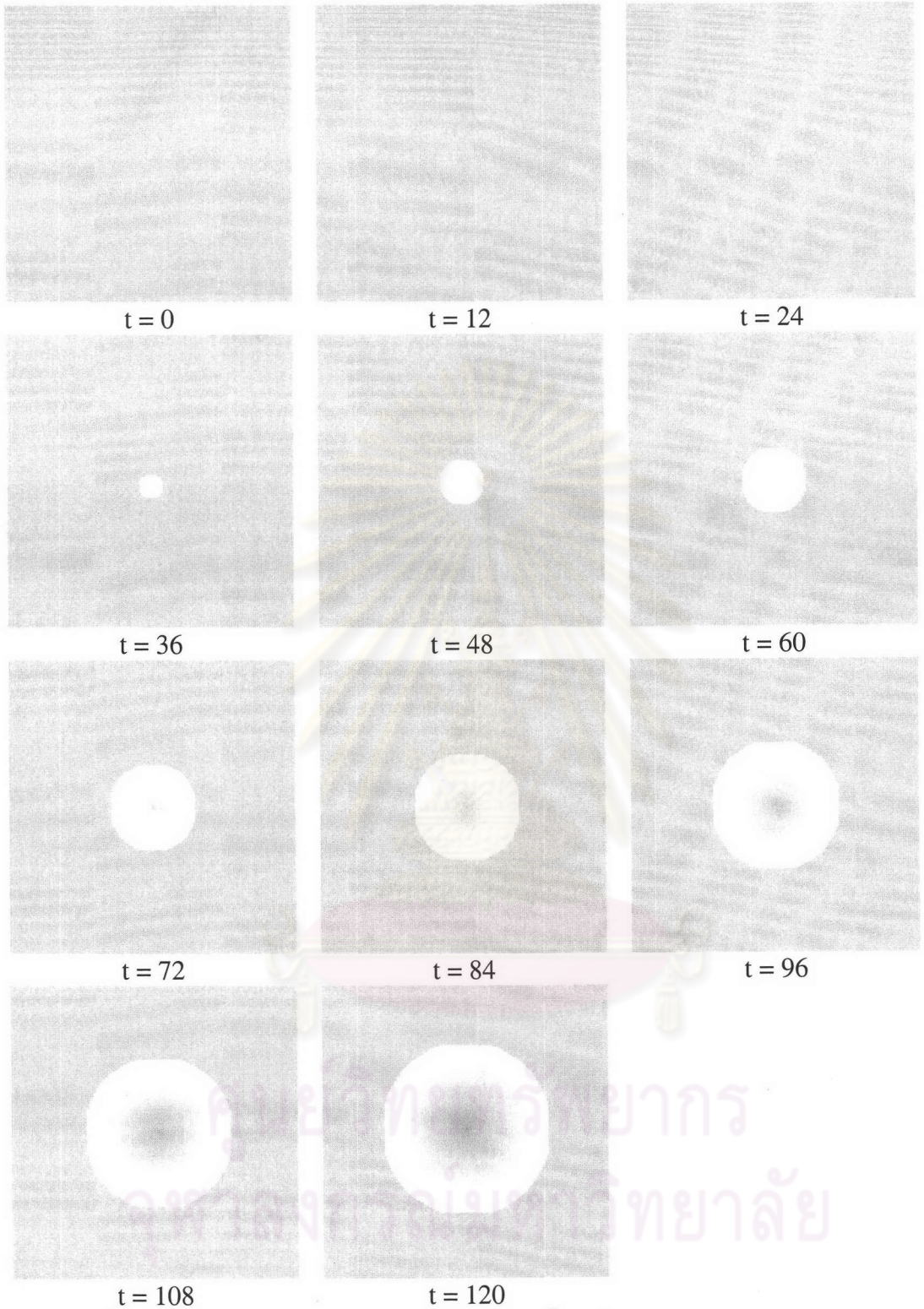
รูปที่ 5.2 แสดงภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิ 10 องศาเซสเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



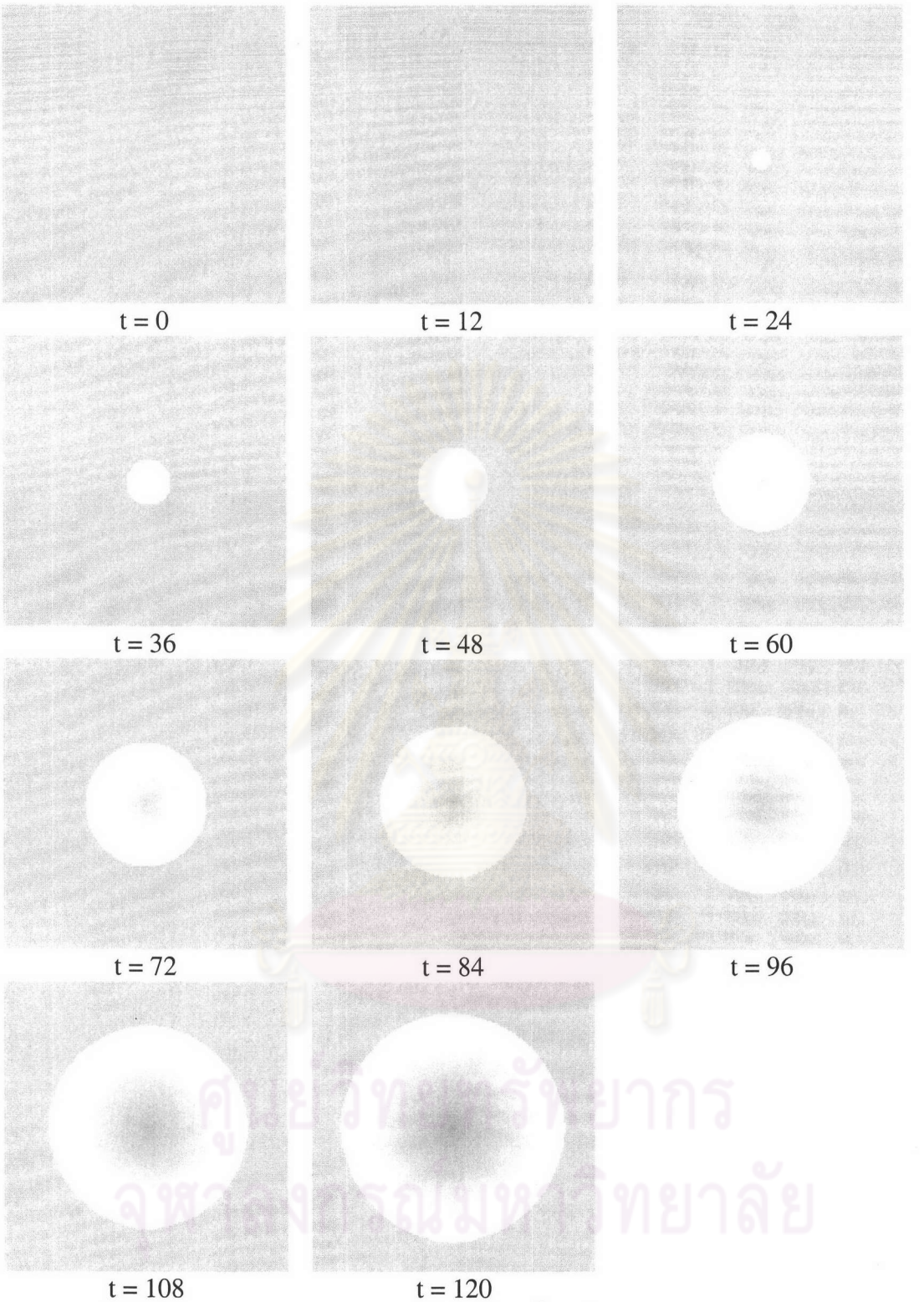
รูปที่ 5.3 แสดงภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิ 15 องศาเซสเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



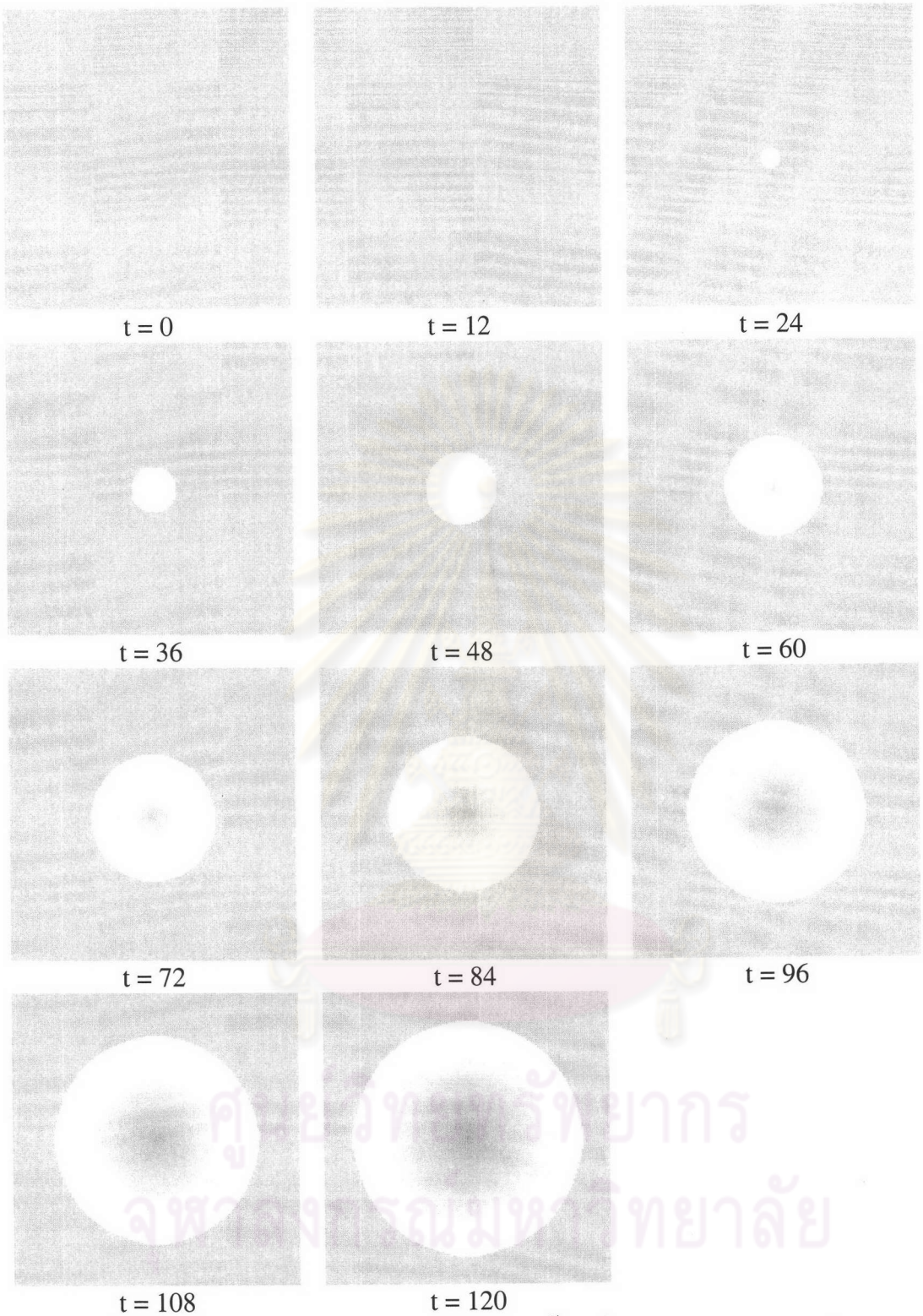
รูปที่ 5.4 แสดงภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิ 20 องศาเซสเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 แสดงภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิ 25 องศาเซสเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 แสดงภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซสเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากภาพนามธรรมการกระจายตัวของเชื้อราที่แสดงให้ดูข้างต้น แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของเชื้อราตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึง ชั่วโมงที่ 120 ซึ่งสังเกตได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป อัตราการกระจายตัวของเชื้อราได้เปลี่ยนเช่นกัน โดยอัตราการกระจายตัวที่มากที่สุดจะอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซสเซียส ทั้งนี้เป็นไปตามแบบจำลองที่หาได้และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย