ผลของ culture filtrate จากเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* Speg. ต่อการฟักไข่ และการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* Chitwood.

Effect of culture filtrate from luminescent mushroom (*Neonothopanus nambi* Speg.) on egg hatching and infective juvenile mortality of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood.)

วีรวัตร นามานุศาสตร์[1,2*], วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์[1,2,3] และ วราภรณ์ ตัณฑนุช[4]

Weravart Namanusart[1,2*], Weerasak Saksirirat[1, 2, 3] and Waraporn Tanthanuch[4]

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของ culture filtrate จากเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* (ไอโซเลต PW2 และ KKU2) ต่อการฟักไข่และตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) โดยใช้กลุ่มไข่ (egg mass)และตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมมาแช่ใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงแต่ละไอโซเลต เปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ และอาหาร Yeast Malt Broth (YMB) พบว่า culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงทั้ง 2 ไอโซเลตมีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการฟักไข่ และสามารถฆ่าตัวอ่อน J2 ได้ 100% ภายในเวลา 72 ชั่วโมง นอกจากนี้ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสาร ประกอบทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อภายในเยื่อหุ้มกลุ่มไข่โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) microspectroscopy โดยใช้ช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 1700-900 cm^{-1} พบว่ากลุ่มไข่ที่ผ่านการแช่ใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ไอโซเลต KKU2 นั้น ปริมาณของ collagen และ glycogen ในเนื้อเยื่อของกลุ่มไข่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไข่ที่ไม่ผ่านการแช่ใน culture filtrate

คำสำคัญ: เห็ดเรืองแสง การควบคุมโดยชีววิธี กลุ่มไข่ ไส้เดือนฝอยรากปม เทคนิค FTIR-microspectroscopy

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of culture filtrate of luminescent mushroom**,** *Neonothopanus nambi* (isolate PW2 and KKU2) on egg hatching and infective larvae (J2) of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in laboratory. The culture filtrates of *N. nambi* (PW2 and KKU2) inhibited significantly the egg hatching and caused mortality on J2 of *M. incognita*, compared to sterile distilled water and YMB medium. Culture filtrates of fungal isolate KKU2 and PW2 expressed the highest inhibition percentage of egg hatching of

[1] สาขาโรคพืชวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40000
Plant Pathology Section, Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40000, Thailand

[2] ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO- CHE)
Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok, Thailand

[3] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Agricultural Biotechnology Research Center for Sustainable Economy, Khon Kaen University, Thailand

[4] สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์กรมหาชน) นครราชสีมา 30000
Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

* Corresponding author: weravart2015@gmail.com

99.04 % and 98.85 %, respectively, and exhibited 100% mortality of J2 within 72 hrs after treated. Using Fourier Transform Infrared (FTIR) to investigate biochemical compound change of nematode egg mass and using infrared spectral range of 1700-900 cm^{-1} revealed that the culture filtrate of *N. nambi* caused reduction of collagen and glycogen content in nematode egg mass.
Keywords: Luminous mushroom, biocontrol, egg mass, root-knot nematode, FTIR-microspectroscopy

บทนำ

ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* เป็นศัตรูที่สำคัญของการปลูกมะเขือเทศ สร้างความเสียหายให้ผลผลิตมะเขือเทศทั่วโลกเฉลี่ย 35-39.7 เปอร์เซนต์ต่อปี (Jonathan et al., 2001) การควบคุมไส้เดือนฝอยส่วนใหญ่ใช้สารเคมี ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม (อนันต์, 2529) การควบคุมโดยชีววิธี เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจนำมาใช้ในการควบคุมไส้เดือนฝอย โดยเฉพาะเชื้อรามีมากกว่า 100 ชนิด สามารถนำมาใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยได้ (สุภกิจ และคณะ, 2530) ในประเทศไทยมีการศึกษาเพื่อนำเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* มาใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* โดยสุรีย์พรและคณะ (2549) ที่พบว่าส่วนของ culture filtrate และเส้นใยมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดปมที่รากมะเขือเทศได้ เห็ดเรืองแสง *N. nambi* สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ชีวภาพ aurisin A ซึ่งเป็นสาร secondary metabolite ที่มีผลต่อการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้ (Bua-art et al., 2011) แต่ก็ยังไม่ได้ศึกษาถึงผลของ culture filtrate จากเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ต่อการฟักออกของไข่ และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกลุ่มไข่ เทคนิค Fourier transform infrared (FTIR) microspectroscopy เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์พืช จำแนกเชื้อสาเหตุโรคพืช รวมทั้ง การจำแนกสายพันธุ์ของไส้เดือนฝอย เช่น *Caenorhabditis elegans*, *Pristinochus lheritieri*, *Panagrolaimus rigidus* และ *Geomonhyster* sp. ได้ (Ami et al., 2004) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ต้นทุนต่ำ เตรียมตัวอย่างไม่ยุ่งยาก สามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างแบบไม่ทำลาย (Non-destructive) นอกจากนี้สามารถศึกษาลักษณะจำเพาะทางชีวเคมีภายในเซลล์ได้ (Thummanu et al., 2009) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของ culture filtrate รวมทั้งสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สกัดได้จากเส้นใยเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ต่อการยับยั้งการฟักไข่ และตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ต่อการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยในระดับเนื้อเยื่อโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) microspectroscopy

วิธีการศึกษา

การเตรียมเชื้อ และ culture filtrate ของเชื้อรา

นำเชื้อเห็ดเรืองแสง *N. nambi* 2 ไอโซเลต ได้แก่ PW2 และ KKU2 มาเลี้ยงบนอาหารแข็ง Potato Dextrose Agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 28°ซ เป็นเวลา 7 วัน ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 ซม. เจาะชิ้นวุ้นจำนวน 3 ชิ้น ใส่ลงในอาหารเหลว Yeast Malt Broth (YMB) ปริมาตร 50 มล. ที่บรรจุอยู่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มล. แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28°ซ เป็นเวลา 10 วัน กรองเส้นใยด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 จะได้ culture filtrate สำหรับทดสอบ สำหรับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ aurisin A สกัดจากการเส้นใยเห็ดเรืองแสง *N. nambi* นั้นได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. รัศมี เหล็กพรหม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำการละลายด้วย 0.2% Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ปรับความเข้มข้นให้เท่ากับ 500 ppm

การเตรียมกลุ่มไข่ (egg mass) ไส้เดือนฝอยรากปม

นำกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยที่ได้จากปมรากมะเขือเทศ ที่ผ่านการเลี้ยงไส้เดือนฝอยรากปมบริสุทธิ์มาแช่ในโซ เดียมไฮโปครอไรท์ 1.0% นาน 2 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง จะได้กลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยสำหรับทดสอบ

ผลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงต่อการยับยั้งการฟักไข่ไส้เดือนฝอยรากปม

คัดเลือกกลุ่มไข่ที่มีขนาดเท่ากัน จำนวน 4 กลุ่มไข่ แช่ลงใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* แต่ละไอโซเลต ในจานปลอดเชื้อเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ในปริมาตร 5 มล. เปรียบเทียบกับการแช่กลุ่มไข่ในน้ำปลอดเชื้อและอาหาร Yeast Malt broth (YMB) เก็บที่อุณหภูมิ 25°ซ ตรวจนับจำนวน J2 ที่ฟักออกที่เวลา 72 ชั่วโมง ภายใต้กล้อง สเตอริโอ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดสอบ 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี นำกลุ่มไข่ที่ผ่านการแช่ ไปทดสอบการมีชีวิต (viability) หรือความสามารถในการทำให้เกิดโรครากปมกับต้นกล้าถั่วเขียวในเรือนทดลอง ทดสอบ 3 ซ้ำ ซ้ำละต้น โดยปลูกถั่วเขียวในแก้วพลาสติกที่บรรจุดินนึ่งฆ่าเชื้อ ขนาดบรรจุ 350 มล. เมื่อถั่วเขียวงอกได้ 2 วัน ใส่กลุ่มไข่ที่ผ่านการทดสอบแช่ culture filtrate จำนวน 4 กลุ่มไข่ในหลุมที่เจาะลึกประมาณ 2 ซม. ใกล้รากพืช แล้วกลบดิน หลังใส่ไข่ไส้ เดือนฝอย 20 วัน นำรากถั่วมาตรวจสอบการเกิดปม (root gall) เพื่อยืนยันความมีชีวิตของกลุ่มไข่โดยนับจำนวนต้นที่เป็นโรครากปม

ผลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงต่อการตายของตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปม

ฟักไข่ไส้เดือนฝอยรากปม โดยนำกลุ่มไข่มาแช่ในน้ำปลอดเชื้อปริมาตร 20 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 28°ซ เป็นเวลา 72 ชม. ใช้เข็มเขี่ยตักตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ของไส้เดือนฝอยไปแช่ใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงแต่ละไอเลต ในปริมาตร 4 มล./จานเลี้ยงเชื้อเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ใส่จำนวน 20 ตัว/จานเลี้ยงเชื้อ เปรียบเทียบกับการแช่ในสาร aurisin A (500 ppm), โดยมีสารละลาย 0.2% Dimethyl Sulfoxide (DMSO) น้ำกลั่นปลอดเชื้อ และอาหาร YMB เป็นกรรมวิธีควบคุม (control treatment) ในปริมาตรเท่ากัน วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี นับจำนวน J2 ที่ตาย (mortality) ที่ 24, 48, 72 และ 96 ชม. หลังจากเขี่ย J2 ลงทดสอบ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปมโดยเทคนิค FTIR microspectroscopy

แช่กลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยลงใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* แต่ละไอโซเลต เปรียบเทียบกับการแช่ในสาร aurisin A (500 ppm) โดยมีสาร DMSO 0.2% และน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นกรรมวิธีควบคุม บ่มเป็นเวลา 72 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี นำกลุ่มไข่ไปตัดเนื้อเยื่อโดยวิธี paraffin embedding ตามวิธีการของ Bird and Soeffky (1972) วางชิ้นริบบอนของเนื้อเยื่อบน low-e slide (Kevley Technologies, Chesterland, OH) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบทางชีวเคมีของผนังกลุ่มไข่ โดยใช้เทคนิค FTIR microspectroscopy ในช่วงคลื่นความถี่ 1700-900 cm^{-1} (Ami et al., 2004) วิเคราะห์ความแตกต่างของ spectrum และคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละตัวอย่างด้วยโปรแกรม OPUS 6.5 software(Bruker Optics Ltd, Ettlingen, Germany) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงต่อเปอร์เซนต์การฟักออกของไข่

พบว่า culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ทั้ง 2 ไอโซเลตสามารถยับยั้งการฟักไข่ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง

ไอโซเลต KKU2 และ PW2 สามารถยับยั้งการฟักไข่ได้สูงสุด 99.04% และ 98.85% ตามลำดับ รองลงมาคือการแช่ในสาร aurisin A และ DMSO 0.2% ยับยั้งการฟักไข่ได้ 77.51 และ 49.76% ตามลำดับ ผลการนำกลุ่มไข่ไปทดสอบการเกิดรากปมกับถั่วเขียวเพื่อยืนยันความสามารถในการทำให้เกิดโรครากปมในต้นกล้าถั่วเขียว พบว่ากลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยที่แช่ใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงไอโซเลต PW2 มีชีวิตต่ำที่สุด โดยพบต้นถั่วเขียวแสดงอาการรากปมเพียง 2 ต้น และกลุ่มไข่ที่แช่ใน culture filtrate ของเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลต มีจำนวนปมที่รากเพียง 10-15 ปมเท่านั้น (**Table 1**)

ผลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงต่อการตายของตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปม

พบว่า culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ทั้ง 2 ไอโซเลตสามารถฆ่าตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยทำให้ไส้เดือนฝอยตาย 100% ภายใน 72 ชั่วโมง (**Table 1**)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปมโดยเทคนิค FTIR microspectroscopy

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกลุ่มไข่โดยเทคนิค FTIR microspectroscopy พบความแตกต่างของ spectrum ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบทางชีวเคมี เช่น collagen ที่ตรวจสอบในช่วง spectrum ความถี่ระหว่าง 1500-1200 cm^{-1} และ glycogen ในช่วงความถี่ 1200-900 cm^{-1} (Ami et al., 2004) (**Figure 1**) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (**Table 2**) พบว่ากลุ่มไข่ที่แช่ใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงไอโซเลต KKU2 มีปริมาณของ collagen และ glycogen ในเนื้อเยื่อต่ำสุดเท่ากับ 4.16% และ 29.70% ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มไข่ที่แช่ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงไอโซเลต PW2 และสาร aurisin A มีปริมาณของ collagen ลดลงเท่ากับ 7.42% และ 23.34% แต่ปริมาณของ glycogen ไม่ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มไข่ปกติที่มีปริมาณ collagen และ glycogen เท่ากับ 22.85% และ 45.13% ตามลำดับเมื่อทำการวิเคราะห์ในช่วงความถี่ 1500-900 cm^{-1} (**Table 2**)

Table 1 Effect of culture filtrate from 2 isolates of *Neonothopanus nambi* on hatch inhibition and J2 mortality of *Meloidogyne incognita*

Treatment	Cumulative hatching larvae				J2 Mortality (%) at different duration (hr.)[4/]			
	No. J2/[1/] 4 Egg mass	Hatch inhibition after 3 days (%)[2/]	Vitality of egg mass[3/]	No. of root gall	24[1/]	48[1/]	72[1/]	96[1/]
N. nambi KKU2	3.33 e	99.04	3	15.75 d	21.65 b	96.65 a	100.00 a	100.00 a
N. nambi PW2	4.00 e	98.85	2	10.75 d	66.65 a	98.35 a	100.00 a	100.00 a
aurisin A	78.30 d	77.51	4	33.75 c	0.00 c	0.00 b	28.35 b	33.35 b
0.2% DMSO	175.00 c	49.76	4	66.75 c	0.00 c	0.00 b	3.35 d	3.58 c
YMB	271.00 b	22.20	4	82.50 b	0.00 c	0.00 b	16.65 c	23.35 b
Water	348.33 a	-	4	>100 a	0.00 c	0.00 b	0.00 d	0.00 c
C.V. (%)	20.70	-		10.94	11.49	8.11	13.00	14.93

[1/] Means in column followed by the same letter are not significantly different (P > 0.05 by DMRT).

[2/]% Hatch inhibition = [(No. of J2 hatch in dH_2O-No. of J2 hatch in treatment)/No. of J2 hatch in dH_2O] X 100

[3/]Number of mungbean seedling infected by *Meloidogyne incognita*

[4/] % J2 Mortality = (No. of mortal J2/total number of J2) x 100

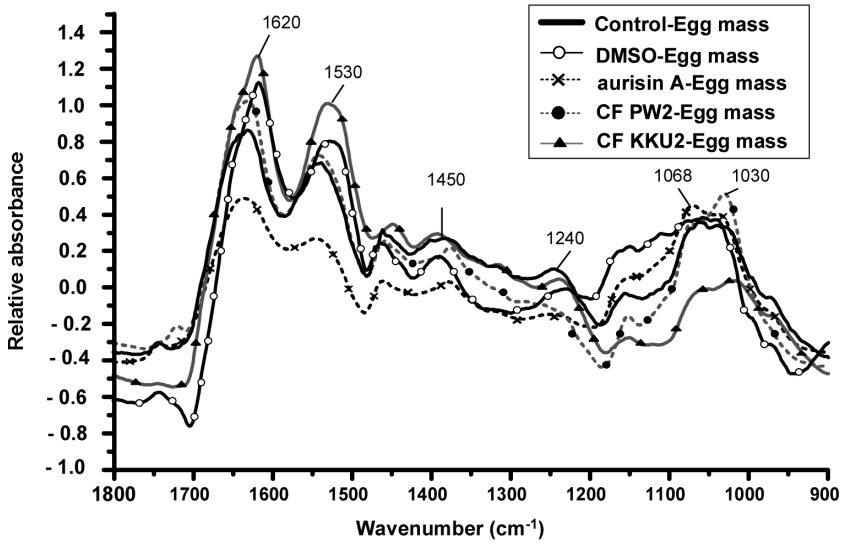

Figure 1 FTIR spectrum of 1800-900 cm^{-1} of *Meloidogyne incognita* egg mass treated and untreated with culture filtrate or aurisin A of *Neonothopanus nambi* Abbreviation: CF = Culture filtrate, DMSO = 0.2% Dimethyl Sulfoxide.

Table 2 The integral area percentage based on biochemical assignments on egg mass of *Meloidogyne incognita* treated and untreated with culture filtrate or aurisin A of *Neonothopanus nambi*.

Treatment	Biochemical compound assignment (integral area %)[1/]		
	Protein 1707-1588 cm^{-1}	Collagen 1500-1200 cm^{-1}	Glycogen 1200-900 cm^{-1}
N. nambi KKU2	66.13 ± 3.05 a	4.16 ± 1.52 d	29.70 ± 4.52 d
N. nambi PW2	26.31 ± 0.55 c	7.42 ± 1.37 c	66.27 ± 1.92 a
aurisin A	35.68 ± 8.58 bc	23.34 ± 2.59 b	40.99 ± 10.7 c
DMSO	38.29 ± 2.69 bc	30.79 ± 1.29 a	52.07 ± 3.85 bc
Control	32.02 ± 1.31 bc	22.85 ± 0.35 a	45.13 ± 0.97 bc
C.V. (%)	10.82	8.99	11.86

[1/]Means in column followed by the same letter(s) are not significantly different (P> 0.05 by DMRT).

สรุปและวิจารณ์

Culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ทั้ง 2 ไอโซเลต มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถยับยั้งการฟักไข่และฆ่าตัวอ่อนระยะที่ 2 ได้ดีมากอยู่ที่ระดับ 98.85-99.04% และ 100% ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ ฤทธิไกร และคณะ (2555) ที่พบว่าการใช้ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ไอโซเลต PW2 ที่ความเข้มข้น 50% ทำให้การฟักของไส้เดือนฝอยรากปมต่ำที่สุด และผลการทดสอบในกระถางพบว่าการใช้ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงไอโซเลต PW2 สามารถลดการเกิดรากปมในมะเขือเทศได้ 30% (Bua-art et al., 2011) ผลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ต่อการฟักไข่ และการตายของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม

M. incognita อาจเกิดจากการกลไกการทำลายร่วมกันของเอนไซม์ย่อยสลายเช่น protease และ chitinase หรือเกิดจากสาร nematoxin อื่น ๆที่มีอยู่ใน culture filtrate ซึ่งเป็นสารทีมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น trans-2-decenedioic acid ที่มีอยู่ในเชื้อรายย่อยสลายไม้ เช่นเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*)(Kwok et al., 1992) ซึ่งอาจมีผลต่อการทำลายโครงสร้างสารจำพวก collagen หรือ glycogen ที่เป็นองค์ประกอบของ gelatinous matrix ของผนังกลุ่มไข่ ที่มีหน้าที่ในการปกป้องไข่จากการสูญเสียความชุ่มชื้น ซึ่งมีผลต่อพัฒนาการของตัวอ่อนไส้เดือนฝอย (Wallace, 1968) สำหรับฤทธิ์การทำลายของสาร aurisin A ที่สกัดจากเส้นใยเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ต่อตัวอ่อนหรือไข่ไส้เดือนฝอยนั้นยังไม่ทราบกลไกแน่ชัด สันนิษฐานว่าอาจจะเกิดจากกลไกการทำงานร่วมกันของสารหลายชนิด ปัจจุบันมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ชีวภาพอื่น ๆ เพิ่มขึ้นในเห็ดเรืองแสง *N. nambi* เช่น nambinones A-D, 1-epi-nambinone, aurisin A และ aurisin K เป็นต้น (Kanokmedhakul et al., 2012) งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีภายในเนื้อเยื่อกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยที่เกิดจากอิทธิพลของ culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง *N. nambi* โดยใช้เทคนิค FTIR-microspectroscopy ในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษา และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE) และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์กรมหาชน) ที่อนุเคราะห์การใช้เครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ฤทธิไกร จันทะบุตร, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ และอนันต์ หิรัญสาลี. 2555. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม. แก่นเกษตร 40(พิเศษ): 424-430.

สุรีย์พร บัวอาจ, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์, อนันต์ หิรัญสาลี และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. 2549. การใช้เห็ดเรืองแสง (*Omphalotus* sp.) ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.) ในมะเขือเทศ ว. วิทย์ กษ. 37: 1039-1042.

สุภกิจ สุขใจมิตร, สืบศักดิ์ สนธิรัตน์ และสมชาย สุขกุล. 2530. การใช้เชื้อรา *Paecilomyces lilacinus* (Thorn.) Samson ควบคุมไส้เดือนอฝยรากปม (*Meloidogyne incognita* Chitwood.) ศัตรูผักกาดหอม. ว. โรคพืช 8: 84-90.

อนันต์ หิรัญสาลี. 2529. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช. ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Ami, D., A. Natalello, A. Zullini andS.M. Doglia. 2004. Fourier transform infrared microspectroscopy as a new tool for nematode studies. GEBS letters 576: 297-300.

Bird, A.F. and A. Soeffky. 1972. Changes in the ultrastructure of the gelatinous matrix of *Meloidogyne javanica* during dehydratation. J. Nematol., 4: 166-169.

Bua-art, S., W. Saksirirat, A. Hiransalee, S. Kanokmedhakul and R. Lekphrom. 2011. Effect of bioactive compound from luminescent mushroom (*Neonothopanus nambi* Speg.) on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood) and non-target organisms. KKU Res. J. 16: 331-341.

Jonathan, E.I., S. Kumar, K. Devarajan andG. Rajendran. 2001. Fundamentals of Plant Nematology, Devi Publications, Tiruchirapalli.

Kanokmedhakul, S., R. Lekphrom, K. Kanokmedhakul, C. Hahnvajanawong, S. Bua-art, W. Saksirirat, S. Prabpai andP. Kongsaeree. 2012. Cytotoxic sesquiterpenes from luminescent mushroom *Neonothopanus nambi.* Tetrahedron 68: 8261-8266.

Kwok, O.C.H., R. Plattner, D. Weisleder andD.T. Wick-Low. 1992. A nematicidal toxin from *Pleurotus ostreatus* NRRL-3526. J. Chem. Ecol. 18: 127-136.

Thummanu, K., W. Tanthanuch, J. Lorthongpanich, P. Heraud andR. Parnpai. 2009. FTIR micro-spectroscopic imaging as a new tool to distinguish the chemical composition of mouse blastocyst. J. Mol. Struc. 933: 104-111.

Wallace, H.R. 1968. The influence of soil moisture on survival and hatch of *Meloidogyne javanica*. Nematologica 14: 231-242.