ผลของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด

นางสาวกฤติกา วัฒนวิสุทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

EFFECTS OF SHELLAC AND LACQUER WOOD COATING OF FUNGAL GROWTH ON THE PLYWOOD SURFACE

Miss Krittika Vathanavisuth

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด
โดย	นางสาวกฤติกา วัฒนวิสุทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนลักษณ์ รัชฎาวงศ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฤติกา วัฒนวิสุทธิ์ : ผลของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด. (EFFECTS OF SHELLAC AND LACQUER WOOD COATING OF FUNGAL GROWTH ON THE PLYWOOD SURFACE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์, 231 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงและวัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป รวมทั้งศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ (1) การทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง ทำการทดลองโดยนำไม้อัดแช่ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อเป็นเวลา 1 วันก่อนบ่มในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในอยู่ในช่วงร้อยละ 85 (2) สภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง บ่มไม้อัดในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในอยู่ในช่วงร้อยละ 85 และ (3) สภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป บ่มไม้อัดไว้ในตู้ควบคุมความชื้นที่มีความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในอยู่ในช่วงร้อยละ 65 ทำการทดลองโดยนำสารละลายเชื้อราชนิด Aspergillus niger และ Trichoderma harianum ความเข้มข้น 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร หยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไม้อัดมาวางแล้วนำไปบ่มไว้ในตู้ควบคุมความชื้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกันตามสภาวะที่ไม้อัดได้สัมผัสความชื้นยิ่งไม้อัดสัมผัสความชื้นสูงทำให้พบการเติบโตของเชื้อรามากขึ้นตามลำดับ โดยค่าความชื้นสมดุลในวัสดุสามารถใช้เป็นเครื่องทำนายในการประเมินความเสี่ยงต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุได้ เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่มีสารเคลือบไม้พบว่ายิ่งมีการทาสารเคลือบไม้หลายรอบ การเติบโตของเชื้อราก็น้อยลงสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนและสารเคลือบเชลแล็กซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดมากกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยาง

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา	2556	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5470112921 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: WOOD COATING / ASPERGILLUS NIGER / TRICHODERMA HARZIANUM

KRITTIKA VATHANAVISUTH: EFFECTS OF SHELLAC AND LACQUER WOOD COATING OF FUNGAL GROWTH ON THE PLYWOOD SURFACE. ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIMA PANYAMETHEEKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. PICHAYA RACHDAWONG, Ph.D., 231 pp.

This research aimed to investigate the effects of shellac and lacquer wood coating on fungal growth on teak and rubber plywood. The experiments evaluated the fungal growth on both plain plywood and coated plywood, which was coated with different layers of shellac and lacquer: 2, 3 and 4 layers. The research assessed the fungal growth in three different environments: plywood exposed directly to water, plywood in the building with high relative humidity, and normal relative humidity.This research examined whether shellac can act against fungal growth. The research had three experiments i.e. (1) Plywood with direct water exposure: plywood was submerged into sterile deionized water 1 day before being incubated in the chamber with relative humidity 85%. (2) Plywood in high relative humidity environment: plywood was incubated in the chamber with relative humidity 85%. (3) Plywood in normal relative humidity environment: plywood was incubated in the chamber with relative humidity 65%. All three experiments were done using spore solution --Aspergillus niger and Trichoderma harianum -- with concentration of 10^5 CFU/ml, which was dropped on agar. Plywood were incubated in the chambers for 8 weeks before analyzing results. The results indicated that the 2 species of fungi showed different growth rates depending on the levels of humidity to which plywood was conditioned. The fungal rate of growth varied directly with the level of moisture. The higher levels of moisture, the higher rates of fungal growth were observed. The equilibrium moisture content can be used as an indicator to assess the risk of fungal growth on different materials. The research found that fungal rate of growth had an inverse relationship with the number of wooden coating layers. The more the layers of wooden coatings, the lower the rate of fungal growth was observed. Lastly, comparing the two coatings, shellac was found to offer better resistance to the fungal growth than lacquer coating on both of teak and rubber plywood.

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Field of Study:	Environmental Engineering	Co-Advisor's Signature .....
Academic Year:	2013	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ และความร่วมมืออย่างดียิ่งจากหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ระหว่างการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ประธานและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนลักษณ์ รัชฎาวงศ์ที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้ เนื้อหาวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาภัทร ปาลกะ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ใช้ของเครื่องมือการทำวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอพระคุณที่มีส่วนสำคัญยิ่งในการช่วยให้การทำวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบพระคุณ คุณธนิต สิงหบุญพงศ์ คุณวัชรี จาดไร่ขิง และคุณกนกวรรณ ศรีนิธิ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ และให้ความช่วยเหลือในดูแลการใช้เครื่องมือตลอดการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณฉัตรชัย บริษัท ฉัตรชัยเฟอร์นิเจอร์ ที่ช่วยให้การสนับสนุนไม้อัด สารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ที่ทำการทดลอง รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการเคลือบไม้ตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ คำแนะนำ และความรู้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณอรรถพร วัฒนวิสุทธิ์ และคุณวันทณีย์ วัฒนวิสุทธิ์ บิดาและมารดาของข้าพเจ้า ที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนในทุกด้าน และเป็นกำลังใจให้เสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 4
1.3 ขอบเขตการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 เชื้อรา 6
2.1.1 ลักษณะที่สำคัญของเชื้อรา 6
2.1.2 สัณฐานวิทยาของเชื้อรา 6
2.1.3 การดำรงชีวิตของเชื้อรา 11
2.1.4 สภาพแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา 12
2.1.5 ความสำคัญของเชื้อราต่อมนุษย์ 13
2.1.6 สารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) 15
2.1.7 เชื้อรา จีนัส *Aspergillus* 16
2.1.8 เชื้อรา จีนัส *Trichoderma* 19
2.2 ไม้อัด (Plywood) 21
2.2.1 ชนิดของไม้อัดที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย 22
2.2.2 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มอก. 178-2549) 25
2.2.3 คุณภาพหรือเกรดของไม้อัด (มอก. 178-2549) 27
2.2.4 ส่วนประกอบของไม้อัด (มอก.178-2549) 27
2.2.5 กรรมวิธีการผลิตไม้อัด (มอก.178-2549) 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.6 คุณสมบัติของไม้อัด 33
2.2.7 ประโยชน์ของไม้อัด (แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ, 2520) 33
2.2.8 เครื่องหมายและฉลาก (มอก.178-2549) 34
2.2.9 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ไม้ 34
2.2.10 ปัจจัยสนับสนุนสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัด (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2549) 36
2.2.11 ปัจจัยเสี่ยงสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัด (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2549) 37
2.3 เชลแล็ก (Shellac) 37
2.3.1 กระบวนการผลิตเชลแล็ก 38
2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเชลแล็ก 44
2.3.3 ตัวทำละลายของเชลแล็ก 45
2.3.4 อัตราส่วนเชลแล็กกับเมทิลแอลกอฮอล์ 45
2.3.5 วิธีการเคลือบเชลแล็ก (ดำเนิน คงพาลา, 2548) 46
2.3.6 ข้อดีของการทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้ 46
2.3.7 ข้อเสียของการทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้ 47
2.4 แลกเกอร์ (Lacquer) 48
2.4.1 ตัวทำละลายของแลกเกอร์ 50
2.4.2 การผสมแลกเกอร์เงากับทินเนอร์ (ดำเนิน คงพาลา, 2548) 51
2.4.3 วิธีการเคลือบแลกเกอร์ (ดำเนิน คงพาลา, 2548) 52
2.4.4 ข้อดีของการทาแลกเกอร์เงาเคลือบผิวไม้ 52
2.4.5 ข้อเสียของการทาแลกเกอร์เงาเคลือบผิวไม้ 53
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54
2.5.1 ชนิดของเชื้อราที่พบบนพื้นผิววัสดุ 54
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ 55
บทที่ 3 แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย 56
3.1 แผนการทดลอง 56
3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 58
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมไม้อัด มีดังนี้ 58

หน้า

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมสารเคลือบไม้ 58
3.2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา มีดังนี้ 58
3.2.4 ตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลอง 58
3.2.5 วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ มีดังนี้ 59
3.3 การเตรียมวัสดุและเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง 59
3.3.1 การเตรียมไม้อัดตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้ 59
3.3.2 การเตรียมตู้ควบคุมความชื้น มีขั้นตอนดังนี้ 60
3.3.3 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง 60
3.4 วิธีการทดลอง 62
3.4.1 การทดลองเบื้องต้น 62
3.4.2 การทดสอบวัสดุ 65
3.4.3 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ 68
3.4.4 การศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา 77
3.4.5 การกำจัดเชื้อราบนพื้นผิววัสดุภายหลังจากการทดลอง 79
3.5 สรุปชุดการทดลองในงานวิจัย 80
3.6 แผนการดำเนินงานวิจัย 81
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 82
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น 82
4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ 82
4.1.2 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดที่มีการเคลือบผิวแบบชำรุดและไม่ชำรุด 83
4.1.3 การทดลองหาระยะเวลาเหมาะสมที่จะหยดสารละลายเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการทาสารเคลือบไม้ 84
4.2 ผลการทดสอบวัสดุ 85
4.2.1 ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ (Equilibrium moisture content, EMC) 85
4.2.2 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ (Water holding capacity,WHC) 90
4.3 ผลการเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ 92

หน้า

4.3.1 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง 92
4.3.2 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 104
4.3.3 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป 116
4.4 ผลการศึกษาความสามารถของสารละลายเซลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา 130
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 133
5.1 สรุปผลการวิจัย 133
5.2 ข้อเสนอแนะ 135
รายการอ้างอิง 137
ภาคผนวก 143
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 231

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโครงสร้างลักษณะที่สำคัญของเชื้อรา 7
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ความหนา ความกว้าง ความยาว ของไม้อัด 26
ตารางที่ 2.3 ขนาดความกว้าง ความยาว ความหนาของไม้อัดที่นิยมใช้ 27
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งหลังผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มาก 40
ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น 62
ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น 63
ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น 64
ตารางที่ 3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองความชื้นสมดุลในวัสดุ 66
ตารางที่ 3.5 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ 67
ตารางที่ 3.6 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง 69
ตารางที่ 3.7 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุอยู่ในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 73
ตารางที่ 3.8 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป 75
ตารางที่ 3.9 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของสารละลายเซลแล็ก 78
ตารางที่ 3.10 สรุปชุดการทดลองในงานวิจัย 80
ตารางที่ 3.11 ระยะเวลาในการดำเนินงาน 81
ตารางที่ 4.1 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดในสภาวะไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและมีอาหารเลี้ยงเชื้อ 83
ตารางที่ 4.2 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดที่มีการเคลือบผิวไม้อัดแบบชำรุดและไม่ชำรุด 84
ตารางที่ 4.3 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดที่หยดสารละลายเชื้อราหลังทาสารเคลือบไม้เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 14 วันตามลำดับ 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่4.4ร้อยละความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านน้ำของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ 90

ตารางที่ 4.5 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบและ 4 รอบ 90

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้ และ ร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 94

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 6 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 99

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้ และ ร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergilus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 106

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 7 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 111

ตารางที่ 4.10เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้ และ ร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergilus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 117

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 122

ตารางที่ 4.12 ผลการเติบโตของเชื้อรา Aspergillus niger และเชื้อรา Trichoderma harzianum บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) ที่เวลาต่างๆ 131

ตารางที่ 4.13 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวของไม้อัด 132

ตารางที่ 5.1 ราคาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 135

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ของไทย จำแนกตามประเภทวัตถุดิบ 2
ภาพที่ 2.1 รูปร่างของเห็ดรา 8
ภาพที่ 2.2 สปอร์ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ 10
ภาพที่ 2.3 เชื้อรา Aspergillus niger 17
ภาพที่ 2.4 เชื้อรา *Trichoderma spp* 20
ภาพที่ 2.5 ไม้อัดสัก 23
ภาพที่ 2.6 ไม้อัดยาง 23
ภาพที่ 2.7 ไม้อัดบีช 24
ภาพที่ 2.8 ไม้อัดอิตาลี 24
ภาพที่ 2.9 ไม้อัดโอ้ค 25
ภาพที่ 2.10 ไม้อัดแอช 25
ภาพที่ 2.11 ไม้ซุง 28
ภาพที่ 2.12 แผ่นเยื่อไม้ 28
ภาพที่ 2.13 ตัดริมขอบเยื่อไม้ 29
ภาพที่ 2.14 เย็บเยื่อไม้ 29
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างแนวเสี้ยนไม้บางแต่ละชั้น 30
ภาพที่ 2.16 เครื่องอัดไม้อัดแรงดันสูง 31
ภาพที่ 2.17 เครื่องตัดไม้อัด 31
ภาพที่ 2.18 เส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มไม้อัด 32
ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนการผลิตชิ้นไม้อัด 32
ภาพที่ 2.20 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ 34
ภาพที่ 2.21 ขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ 35
ภาพที่ 2.22 แมลงครั่ง (Laccifer lacca) 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2.23 ขั้นตอนการผลิตเชลแล็ก....40
ภาพที่ 2.24 ครั่งดิบ (Stick lac)....40
ภาพที่ 2.25 ครั่งเม็ด (Seed lac)....41
ภาพที่ 2.26 เชลแล็ก (Shellac)....41
ภาพที่ 2.27 วิธีผลิตเชลแล็กดั้งเดิม (Handmade)....42
ภาพที่ 2.28 เชลแล็กที่ได้จากวิธีผลิตดั้งเดิม (Handmade)....42
ภาพที่ 2.29 การผลิตเชลแล็กด้วยเครื่องจักร (Machine-made)....43
ภาพที่ 2.30 เชลแล็กที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machine-made)....43
ภาพที่ 2.31 เชลแล็กขาว (Bleached shellac)....43
ภาพที่ 2.32 เชลแล็กที่จำหน่ายในท้องตลาด....44
ภาพที่ 2.33 เมทิลแอลกอฮอล์ที่จำหน่ายในท้องตลาด....45
ภาพที่ 2.34 แลกเกอร์ด้านและแลกเกอร์เงา....49
ภาพที่ 2.35 ทินเนอร์เกรดเอเอเอ (AAA Grade)....51
ภาพที่ 2.36 หน้ากากและแว่นตาอนามัย....54
ภาพที่ 3.2 ตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลอง....59
ภาพที่ 3.3 การนับโคนิเดียเชื้อราโดยการใช้ Hemacytometer....61
ภาพที่ 3.4 วิธีการเจือจางสารละลายสปอร์ของเชื้อรา....61
ภาพที่ 3.5 แผนผังขั้นตอนการทดลองหาความชื้นสมดุลในวัสดุ....67
ภาพที่ 3.6 แผนผังขั้นตอนการทดลองหาความชื้นสมดุลในวัสดุ....68
ภาพที่ 3.7 ภาพแสดงลักษณะการนำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อรา....71
ภาพที่ 3.8 ภาพแสดงลักษณะการนำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อรา....71
ภาพที่ 3.9 แผนผังการทดลองการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ....72
ภาพที่ 3.10 แผนผังชุดการทดลองการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ....74
ภาพที่ 3.11 แผนผังชุดการทดลองการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ....77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 3.12 การเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วจานเพาะเชื้อด้วยแท่งแก้วรูปตัว L.....78

ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งที่จะวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิลิตร 79

ภาพที่ 4.1 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ตามลำดับในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงร้อยละ 65±3 และ 85±3.....86

ภาพที่ 4.2 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม.....95

ภาพที่ 4.3 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน)ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม.....96

ภาพที่ 4.4 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน)ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม.....97

ภาพที่ 4.5 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม 100

ภาพที่ 4.6 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม 101

ภาพที่ 4.7 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม 102

ภาพที่ 4.8 ลักษณะของไม้.....103

ภาพที่ 4.9 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 107

ภาพที่ 4.10 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 108

ภาพที่ 4.11 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 109

ภาพที่ 4.12 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง.....112

ภาพที่ 4.13 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง.....113

ภาพที่ 4.14 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง.....114

ภาพที่ 4.15 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....118

ภาพที่ 4.16 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.17 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....120

ภาพที่ 4.18 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....123

ภาพที่ 4.19 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....124

ภาพที่ 4.20 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป.....125

ภาพที่ 4.21 (ก) การเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสัก (ข) การเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดสัก (ค) บริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดที่ผ่าเพื่อดูการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum*ในเนื้อไม้ (ง) บริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดที่ผ่าเพื่อดูการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในเนื้อไม้.....127

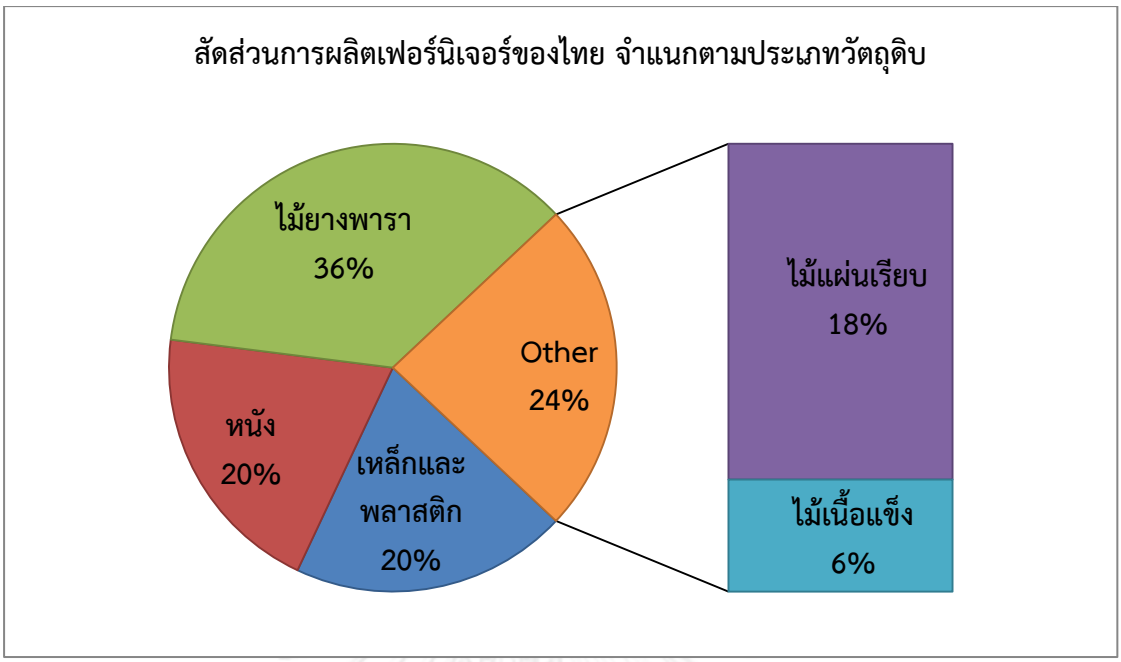
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ร้อยละค่าความชื้นสมดุลที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศร้อยละ 85 กับจำนวนวันที่เชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัด (วัน).....129

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากวิกฤตการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นมา ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างครอบคลุมพื้นที่ทั้งในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง รวมทั้งกรุงเทพและปริมณฑล ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเฟอร์นิเจอร์ บ้านเรือน อาคารสำนักงาน ร้านค้าและกิจการต่างๆ ของประชาชน ที่ทำจากไม้ โดยเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และเทศบาลต่างๆ ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย โครงการบ้านจัดสรรจำนวนมาก รวมทั้งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจ โดยจากเหตุน้ำท่วมใหญ่ในครั้งนี้ ได้สร้างความเสียหายต่อบ้านเรือนมากกว่า 7 แสนหลังคาเรือน และคาดว่าจะส่งผลให้เฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ตกแต่งภายในอาคารบ้านเรือนดังกล่าว ได้รับความเสียหายด้วยเป็นจำนวนมาก โดยคนไทยส่วนใหญ่นิยมใช้เฟอร์นิเจอร์ไม้ในการตกแต่งบ้านเรือนเนื่องจากเฟอร์นิเจอร์ไม้มีความสวยงาม ไม้บางชนิดมีราคาไม่สูงมาก และยังคงเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ในประเทศ ประกอบกับตลาดเฟอร์นิเจอร์ของไทยมีการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูงคิดเป็นร้อยละ 60 ของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมด โดยไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่จะเป็นไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้ยางพารา ไม้แผ่นเรียบ ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งไม่ทนน้ำ บวมและชำรุดได้ง่าย เมื่อสัมผัสน้ำและแช่ในน้ำเป็นเวลานาน ทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่สัมผัสน้ำท่วมส่วนใหญ่มักได้รับความเสียหาย

จากสถิติที่สำนักสิ่งแวดล้อม (สวล.) ได้จัดเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นต้นมาตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงสิ้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นระยะเวลากว่า 2 เดือนครึ่งที่สามารถจัดเก็บขยะในแต่ละวันได้สูงสุดวันละกว่า 14,000 ตัน และจัดเก็บได้สูงกว่า 10,000 ตันต่อวัน ต่อเนื่องติดต่อกันหลายวัน รวมปริมาณขยะตั้งแต่น้ำเริ่มท่วมสามารถจัดเก็บขยะรวมแล้วมีปริมาณกว่า 770,000 ตัน ซึ่งโดยปกติแล้วกรุงเทพมหานครจะมีปริมาณขยะประมาณ 8,500 – 8,700 ตันต่อวัน เหตุการณ์นี้ถือว่าเป็นปริมาณขยะที่เกินจากภาวะปกติ เนื่องจากบ้านเรือนประชาชนได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมขังทำให้ต้องทิ้งเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ภายในบ้าน กลายเป็นขยะที่เกิดจากน้ำท่วมรวมอยู่ที่ประมาณ 100,000 ตัน



ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ของไทย จำแนกตามประเภทวัตถุดิบ

ที่มา ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2554

ถึงแม้ว่าน้ำที่ท่วมขังอยู่นานจะลดลงไปหมดแล้วแต่ปัญหาต่างๆที่ตามมาหลังน้ำลดก็ยังไม่หมดไป กล่าวคือ ผู้ประสบภัยยังต้องพบกับปัญหาการเกิดเชื้อราบนเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้าน ซึ่งไม่เพียงแต่สร้างความเสียหาย แต่ยังอาจส่งผลต่อสุขภาพของคนในบ้านเพราะบ้านที่ถูกน้ำท่วมขังจะมีความชื้นสูง อีกทั้งอากาศยังถ่ายเทไม่สะดวก สภาวะดังกล่าวเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย เนื่องจากเชื้อราเป็นละอองลอย (aerosols) ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์เชื้อภายในอาคารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการเกิดอุทุกภัย พบมากในบริเวณที่มีความชื้นสูง โดยพบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุหลายชนิด เช่น พรม เฟอร์นิเจอร์ไม้ เป็นต้น ภายหลังที่ระดับน้ำลดลง เชื้อราจะสร้างสารที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ สารทำให้เกิดอาการระคายเคือง รวมถึงบางครั้งเชื้อราบางชนิดก็สามารถผลิตสารเคมีที่เป็นสารพิษ (Mycotoxin) โดยสารพิษนี้จะติดไปกับสปอร์และส่วนอื่นของเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดโรคภูมิแพ้ เช่น โรคหอบหืด เป็นต้น รวมถึงเป็นอันตรายต่อผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ ได้แก่ ผู้ป่วยที่ได้รับยาเคมีบำบัด ผู้ป่วยโรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง ผู้ที่มีภาวะเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ เป็นต้น ส่วนเชื้อราที่เจริญเติบโตบนพื้นผิววัสดุภายในอาคารชนิดต่างๆ อาจทำให้วัสดุเหล่านั้นเสียหายได้ (Davis P.J., 2001)

วัสดุก่อสร้างภายในอาคารหลายชนิด พบปัญหาการเกิดเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ เช่น ไม้ กระดาษ สิ่งทอ รวมถึงผนังกั้นห้อง เพดาน พรม วอลเปเปอร์ แม้กระทั่งอยู่ตามระบบปรับอากาศ โดย

เกิดจากความชื้นที่ตัววัสดุ ที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งสาเหตุของความชื้นนั้นส่วนมากเกิดจากการที่วัสดุได้สัมผัสกับน้ำโดยตรง ซึ่งน้ำมีที่มาจากสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ เกิดจากภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย พายุฝน หิมะละลาย เป็นต้น และเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์เอง เช่น การรั่วซึมของท่อน้ำประปา การรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณขอบประตู หน้าต่าง รางระบายน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ การทำกิจกรรมต่างๆภายในอาคารของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการประกอบอาหาร การซักล้างเสื้อผ้า และการอาบน้ำ ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างน้ำกับวัสดุต่างๆภายในอาคาร จนทำให้บริเวณนั้นมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญพันธุ์ของเชื้อรา (Pasanen A.L. และคณะ, 1994) ส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจริญเติบโตของเชื้อรา ได้แก่ อุณหภูมิภายในอาคาร ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม สารอาหารของเชื้อรา และลักษณะพื้นที่ผิวของวัสดุต่างๆ ปัจจัยเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราและการกระจายตัวของสปอร์เชื้อรา ให้แพร่กระจายไปยังวัสดุภายในอาคาร (Becker R., 1994)

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทหนึ่งที่พบการเกิดของเชื้อราบนพื้นผิว และเนื่องจากไม้เป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรามากกว่าวัสดุอนินทรีย์ ทำให้มีผลต่อการเพิ่มของสปอร์และธาตุอาหารจากภายนอก ยังช่วยเพิ่มการเจริญโตของเชื้อราบนวัสดุ โดยมีลักษณะของการเกิดเชื้อราบนผิวหน้าและผิวข้างของเนื้อไม้แตกต่างกัน (Hoang C.P. และคณะ, 2010) โดยกลุ่มจีนัสของเชื้อราที่พบการเจริญพันธุ์บนพื้นผิวไม้อัดทั้งในเชิงคุณภาพ ปริมาณ และความหลากหลาย ได้แก่ *Aspergillus* และ *Trichoderma* ซึ่งเชื้อราทั้ง 2 จีนัสนี้ ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อมนุษย์ได้ (Andersen B. และคณะ, 2011)

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาหาสารเคลือบไม้จากธรรมชาติที่มีความสามารถในการต่อต้านการเติบโตของเชื้อราโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยและมีความเหมาะสมต่อการใช้งานโดยนำมาเปรียบเทียบกับสารเคลือบไม้สังเคราะห์ที่นิยมใช้ทั่วไปในปัจจุบัน โดยงานวิจัยเลือกใช้สารเคลือบไม้ธรรมชาติ คือ เชลแล็ก (Shellac) ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration, 1981) ได้รับรองว่าเชลแล็กเป็นสารที่มาจากธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสุขภาพ และอนุมัติให้ใช้เชลแล็กในการเคลือบลูกกวาด ยา ผลไม้และเฟอร์นิเจอร์สำหรับเด็กและเชลแล็กยังสามารถนำมาใช้ในงานด้านต่างๆมากมาย เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่เด่นในการซึมผ่านน้ำ (Water permeability) ที่ต่ำมาก และเพิ่มความเงางามของผิววัสดุที่เคลือบ สามารถใช้งานสะดวก (Banker G.S. และคณะ, 1999) โดยนำมาเปรียบเทียบกับสารเคลือบไม้สังเคราะห์แลกเกอร์ซึ่งเป็นสารเคลือบไม้ที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้สารเคลือบไม้ที่มีความสามารถในการต่อต้านการเติบโตของเชื้อราโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยและมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์

1.2.2 เปรียบเทียบลักษณะและผลการใช้งานของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ ในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ไม้อัดที่ใช้ในการทดลองตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: มอก.178-2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549a)

- ไม้อัดสัก
- ไม้อัดยาง
- ไม้อัดที่ใช้ในการทดลองมีขนาด กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 5 x 5 x 1.5 เซนติเมตร

1.3.2 สารเคลือบไม้ที่ใช้ทาวัสดุ

- สารเคลือบผิวเนื้อไม้เชลแล็ก (Shellac)
- สารเคลือบผิวเนื้อไม้แลกเกอร์ (Lacquer)

1.3.3 เชื้อราที่ใช้ในการทดลอง

- ใช้เชื้อรา 2 ชนิด ได้แก่ *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* จากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
- เพาะเลี้ยงเชื้อราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) ในจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาทดลอง

1.3.4 ค่าความชื้นสัมพันธ์ในอากาศ (Relative humidity) จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2555 กำหนดค่าความชื้นสัมพันธ์ในอากาศได้ดังนี้

- ค่าความชื้นสัมพันธ์ในอากาศที่ร้อยละ 65 แทนค่าความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูร้อน
- ค่าความชื้นสัมพันธ์ในอากาศที่ร้อยละ 85 แทนค่าความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูฝน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.41 ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ

1.4.2 นำผลงานวิจัยนี้ไปใช้เปรียบเทียบการใช้งานของสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ในการป้องกันการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดเพื่อกำหนดปริมาณสารเคลือบไม้ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบไม้อัดในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อรา

เชื้อรา เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารเองได้ ดำรงชีวิตได้โดยการดูดซึมอาหารจากการย่อยซากสิ่งมีชีวิต และการอาศัยอาหารจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เชื้อราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 25 - 30 องศาเซลเซียส เชื้อราเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนและชอบความเป็นกรด เดิมเชื้อราจัดอยู่ในอาณาจักรเดียวกับพืช ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาพบว่ามีคุณสมบัติต่างจากพืชและสัตว์ จึงจัดอาณาจักรใหม่เป็นอาณาจักรเห็ดรา โดยในปัจจุบันค้นพบเชื้อรามากกว่า 1 แสนชนิด แต่ที่กระจายอยู่ทั่วโลกน่าจะมีมากกว่า 2 ล้านชนิด ด้วยเหตุที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสิ่งแวดล้อมหลากหลาย โดยเฉพาะในที่มีอินทรียวัตถุสูงๆ เชื้อราจึงมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศในแง่ของการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตต่างๆทำให้ระบบนิเวศเกิดความสมดุล (เกรียงไกร นาคะเกศ และ จารุณี เมฆสุวรรณ์, 2549)

2.1.1 ลักษณะที่สำคัญของเชื้อรา

เชื้อราเป็นสิ่งมีชีวิตในกลุ่มยูคาริโอต (Eukaryote) ไม่มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เชื้อราส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบใช้อากาศ และแบบกึ่งไร้อากาศ จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการอาหารจากสารอินทรีย์ (Heterotroph) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ลักษณะโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นเส้นใย (Hypha) โดยกลุ่มของเส้นใยนี้ เรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) (สมจิตร อยู่เป็นสุข, 2552) ลักษณะรูปร่างของเชื้อราเมื่อเจริญในอาหารจะมีลักษณะฟูคล้ายปุยฝ้าย ส่วนใหญ่สีขาว แต่บางทีมีสีสดหรือสีหม่นๆจนถึงดำ ซึ่งเป็นสีของสปอร์ โดยสีอ่อนแก่จะแสดงถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของราบางชนิดด้วย การสืบพันธุ์ของเชื้อราส่วนใหญ่จะเป็นการสร้างสปอร์ (Spore) เชื้อราจะสร้างเส้นใย ถ้าแบบเส้นใยเล็กๆ มักเรียกว่า เชื้อรา แต่ถ้าเป็นแบบกลุ่มเส้นใย เรียกว่า เห็ด เส้นใยเชื้อราจะฝังตัวอยู่ในดิน ในพื้นไม้หรือแหล่งอาหารต่างๆที่เชื้อราเกาะอยู่ เชื้อราบางชนิดมีการแบ่งตัววัดความยาวได้มากถึง 1 กิโลเมตรต่อวัน และเส้นใยนี่เองที่เป็นตัวดูดซึมสารอาหารพร้อมทั้งปล่อยสารต่างๆออกมาย่อยสลายสิ่งต่างๆที่เชื้อราเกาะอยู่ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เห็นว่าบางทีเพียงหนึ่งคืนอาหารก็จะเน่าเสียได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามเชื้อราก็ทำลายได้เพียงแค่ฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ แต่ก็ไม่ทำเชื้อราสูญพันธุ์เพราะสปอร์ของเชื้อราทนความร้อนได้สูง (เกรียงไกร นาคะเกศ และ จารุณี เมฆสุวรรณ์, 2549)

2.1.2 สัณฐานวิทยาของเชื้อรา

เชื้อรา เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีทั้งเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ และที่เป็นหลายเซลล์เรียงเป็นเส้นใย (Hypha) เมื่อเกิดการรวมกลุ่มของเส้นใย จะเรียกว่าไมซีเลียม (Mycelium) เส้นใยของราหลายชนิดมี

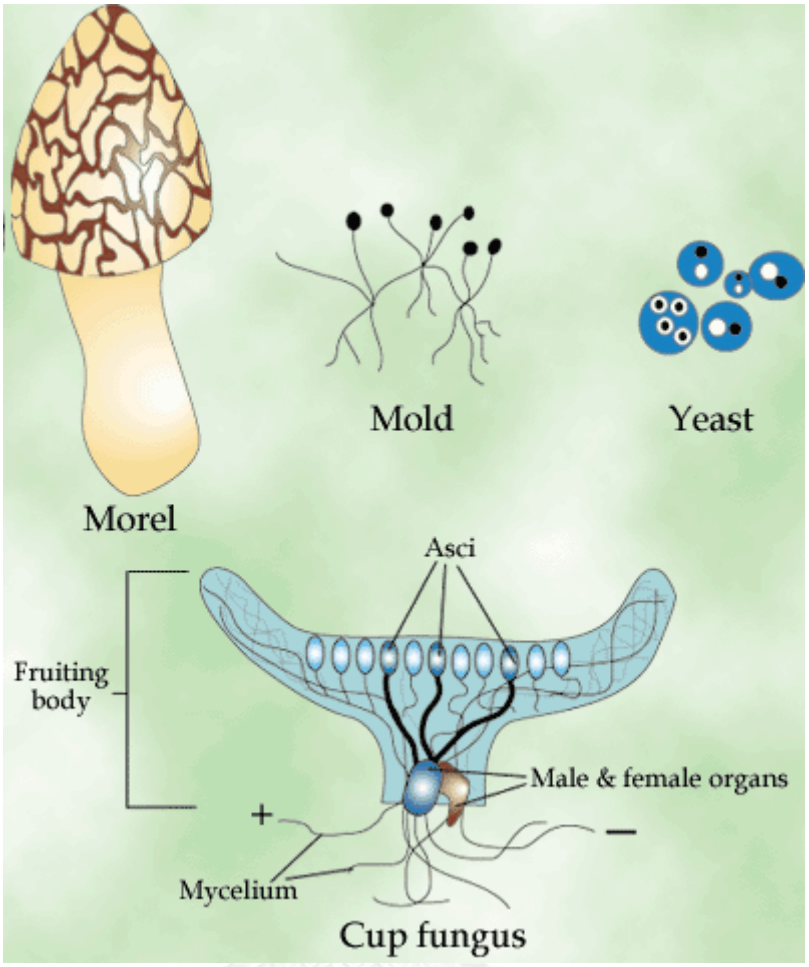
สีใสหรือไม่มีสี (Hyaline) แต่ราบางชนิดมีเส้นใยสีดำ ซึ่งเกิดจากการสะสมของเม็ดสีเมลานินที่ผนังเส้นใย เส้นใยอาจมีความหนาเท่ากันตลอดหรืออาจค่อยๆเรียวเล็กลงจากส่วนที่ใหญ่ไปหาส่วนที่เล็กกว่าในเส้นใยเดียวกัน อาจมีการแตกกิ่งหรือไม่แตกกิ่ง ความหนาของเส้นใยมีแตกต่างกันไปตั้งแต่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร จนถึงใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร แต่โดยปกติมีความกว้างประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และอาจมีความยาวเพียง 2-3 ไมโครเมตร จนกระทั่งเจริญสร้างเป็นแผ่นหรือรวมกันเป็นเส้นใหญ่ (Hyphal strand) ที่ยาวหลายเมตร เส้นใยได้รับอาหารจากภายนอกโดยการดูดซึมสารผ่านเข้าทางผนังของเส้นใย ส่วนปลายสุดของเส้นใยเป็นส่วนที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของรา

เส้นใยเหล่านี้ประกอบด้วย ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ และช่องว่างภายในเซลล์ที่บรรจุโพรโทพลาซึม โดยเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรามีลักษณะเป็นเยื่อ 2 ชั้น ล้อมรอบโพรโทพลาซึม ส่วนผนังเซลล์ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือที่เรียกว่า ไคทิน โดยส่วนประกอบโครงสร้างที่สำคัญของเชื้อรา แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโครงสร้างลักษณะที่สำคัญของเชื้อรา

ส่วนประกอบโครงสร้าง	**ลักษณะ**
ชนิดของเซลล์	เซลล์ยูคาริโอต มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ที่อาจพบว่าในหนึ่งเซลล์มีมากกว่าหนึ่งนิวเคลียส
คลอโรฟิลล์	ไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงดำรงชีวิตแบบ Heterotroph โดยดูดซับสารจากสิ่งแวดล้อม อาจเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือเป็นปรสิต
เยื่อหุ้มเซลล์	มีสเตอรอล
ผนังเซลล์	ประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) หรือ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือ ไคติน (Chitin) อย่างใดอย่างหนึ่ง
สปอร์	สร้างสปอร์เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ทั้งอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ

ราเส้นใยเดี่ยวหรือเส้นใยแตกแขนงจะเรียกว่า Mold ส่วนราที่เส้นใยรวมกันเป็นมัด Fruiting body จะเรียกว่า Mushroom ส่วนยีสต์ เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แต่อาจมีการต่อกันเป็นสาย เรียกว่า Pseudo mycelium หรือ Pseudo hyphae ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 รูปร่างของเห็ดรา

(ที่มา: http://www.sparknotes.com/biology/microorganisms/fungi/section2.rhtml)

หากพิจารณาเส้นใยของราในช่วง Somatic phase (Vegetative phase) และ Reproductive phase จะพบว่าเส้นใยราในระยะ Somatic phase จะมีผนังเซลล์ห่อหุ้ม ยกเว้นราชั้นต่ำบางชนิดอาจมีเซลล์เพียงเซลล์เดียว และไม่มี Cell wall ห่อหุ้ม Thallus (ตัวราทั้งหน่วย) ราส่วนใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง (Non-motile) สำหรับราพวก Ascomycetes หรือราชั้นสูง ผนังที่กั้นหรือ Septum นั้นไม่ปิดทึบหมด แต่มีช่องหรือรูเปิดอยู่ตรงกลาง ทำให้ออร์แกเนลบางอย่างเคลื่อนที่ข้ามจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งได้ เส้นใยของฟังไจอาจเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อทำหน้าที่พิเศษได้แก่

1) Haustorium พบในราที่เป็นปรสิต ราจะแทงเส้นใยเข้าเซลล์เจ้าบ้าน เพื่อดูดอาหารจากเซลล์เจ้าบ้าน

2) Rhizoid มีลักษณะคล้ายรากพืชยื่นออกจากไมซีเลียม เพื่อยึดให้ติดกับผิวอาหาร และช่วยดูดซึมอาการด้วย เช่น ราขนมปัง

เส้นใยราบางชนิดมีความจำเพาะ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบางอย่าง ทำให้เกิดการมีชีวิตอยู่ร่วมกันที่เป็นรูปแบบเฉพาะขึ้นเช่น การสร้าง Fungus garden ของมด ปลวก การอยู่

ร่วมกันระหว่างรากพืชกับราที่เรียกว่า Mycorrhizas เช่น Truffle ซึ่งเป็นราในกลุ่ม Ascomycetes จะสร้างเส้นใยราโอบล้อมขนรากของพืชพวกโอ๊คและบีช เส้นใยราเหล่านี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมเกลือแร่ และอาจให้สารบางอย่างที่จำเป็นต่อต้นไม้ ขณะเดียวกันต้นไม้ก็ให้สารบางอย่างแก่ราเช่นกัน นอกจากพวกโอ๊คแล้วยังพบได้ที่รากของกล้วยไม้ทั่วๆไปอีกด้วย

นอกจากนี้ เชื้อราบางชนิดมีรูปร่างได้ทั้งสองแบบ (Dimorphism) ถ้าเจริญเติบโตในดิน หรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปร่างเป็นเส้นใย แต่ถ้าเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ จะมีรูปร่างเป็นเซลล์เดียวแบบยีสต์ เช่น *Histoplasma capsulatum* ได้แก่ เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น กลาก เกลื้อน และที่ทำให้เกิดโรคกับธัญพืช เป็นต้น (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ (Reproductive system) มีดังต่อไปนี้

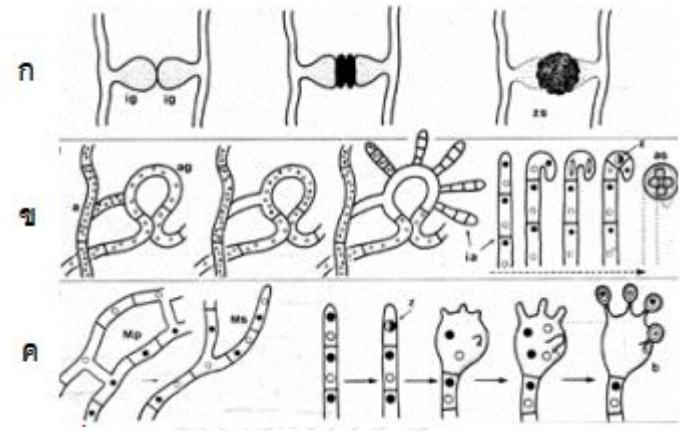
1) Fragmentation เกิดจากเส้นใยหักเป็นส่วนๆแต่ละส่วนเรียก Oidia สามารถเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้

2) Budding (การแตกหน่อ) เป็นการสืบพันธุ์ที่พบได้ในยีสต์ทั่วไป เกิดจากเซลล์ตั้งต้นแบ่งเซลล์ โดยนิวเคลียสของเซลล์ตั้งต้นแบ่งออกเป็นสองนิวเคลียส นิวเคลียสอันหนึ่งจะเคลื่อนย้ายไปเป็นนิวเคลียสของเซลล์ใหม่ที่มีปริมาณไซโทรพลาซึมน้อยกว่า (เซลล์ใหม่จะเล็กกว่าและติดอยู่กับเซลล์ตั้งต้นเรียกเซลล์หรือหน่อนี้ว่า Blastospore) เมื่อเซลล์ใหม่เจริญเต็มที่จะคอดเว้าขาดจากเซลล์ตั้งต้นและเจริญต่อไปได้

3) Binary fission การแบ่งตัวออกเป็น 2 ส่วนที่เท่ากัน แต่ละเซลล์จะคอดเว้าตรงกลางและหลุดออกจากกันเป็น 2 เซลล์ พบได้ในยีสต์บางชนิดเท่านั้น

4) การสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual sporulation) เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่พบมากที่สุด สปอร์แต่ละชนิดจะมีชื่อและวิธีสร้างที่แตกต่างกันไป

5) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีการผสมกันระหว่างเซลล์สืบพันธุ์และมีการรวมตัวของนิวเคลียส ซึ่งรวมแล้วเป็น Diploid (2n) และมีการแบ่งตัวในขั้นตอนสุดท้ายแบบ Meiosis เพื่อลดจำนวนโครโมโซมลงเป็น Haploid (n) ตามเดิม การสืบพันธุ์แบบมีเพศในเห็ดราแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่เรียกว่า Gametangium ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Gemete) เพศผู้และเพศเมีย เห็ดราที่ Gametangium ซึ่งสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอยู่ในไมซิเลียมเดียวกันและสามารถผสมพันธุ์ได้เรียกว่า Monoecious แต่เห็ดราที่มี Gametangium สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอยู่ต่างไมซีเลียมกันเรียกว่า Dioecious ในการสืบพันธุ์แบบมีเพศของเห็ดราต่างๆนี้ จะมีการสร้างสปอร์เกิดขึ้นเช่นเดียวกัน สปอร์ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีขนาดเล็กและจำนวนน้อยกว่า เช่น Ascospore Basidiospore Zygospore และ Oospore



ภาพที่ 2.2 สปอร์ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

(ก) Zygospore (ข) Ascospore (ค) Basidiospore

(ที่มา: http://xoomer.alice.it/gmg /Microonline/Micologiaเปอร์เซ็นต์ 20generale/riprsessuata45.gif)

การแพร่กระจายของสปอร์ ส่วนมากอาศัยกลไกที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (นิวัฒ เสนาะเมือง, 2543) ดังนี้

1) การแพร่ของสปอร์โดยลม (By wind) เป็นการแพร่กระจายสปอร์ของราที่มีสปอร์แห้ง (Dry spore) และไม่สัมผัสน้ำได้ง่าย เช่น Sporangiospore ของราในจีนัส *Rhizopus* ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการลอยตัวขึ้นของอากาศร้อน เมื่อลมม้วนตัวขึ้น พร้อมกับพาเอาสปอร์ลอยขึ้นตามแนวดิ่งมาแขวนลอยอยู่ในอากาศ และเมื่อลมพัดผ่านวัตถุ สปอร์ที่อยู่รวมกับฝุ่นละอองจะตกลงสู่วัตถุ การเคลื่อนไหวของสปอร์เชื้อราในอากาศจะมีทิศทางที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสลมในช่วงเวลานั้นๆ โดยปริมาณสปอร์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมของสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น

2) การแพร่กระจายของสปอร์โดยอาศัยน้ำ (By water) การแพร่ด้วยวิธีนี้เป็นการแพร่กระจายของสปอร์โดยอาศัยหยดน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ โดยหยดน้ำของน้ำฝนที่ตกลงมาหลังจากที่กระทบพื้นอาจกระเด็นไปได้ไกลถึง 1 เมตร หยดน้ำฝนหลายๆ หยด สามารถพาสปอร์ของเชื้อราให้กระจายตัวออกไปได้ไกล โดยส่วนมากพบว่าเป็นราที่สร้างสปอร์ที่มีลักษณะเปียก (Wet spore) การแพร่ด้วยวิธีดังกล่าวนี้ อาจแพร่ไปในรูปของ sporangial drop ซึ่งพบในราบางชนิดที่สร้างสปอร์ Sporangium เมื่อ Sporangium เปียกน้ำผนังของ Sporangium จะสลายตัวส่วน Sporangiospore รวมตัวกันอยู่ในหยดน้ำ อาศัยซูโอสปอร์ของเชื้อราเอง ซึ่งเชื้อราหลายชนิดสามารถว่ายน้ำไปได้ โดยว่ายไปตามน้ำที่เคลือบอยู่บนผิวพืชหรือบนพื้นผิวดิน เชื้อราบางชนิดก็ไหลไปตามกระแสน้ำ

3) การแพร่กระจายของสปอร์โดยอาศัยสัตว์ (By animal) การแพร่สปอร์โดยวิธีนี้อาศัยสัตว์ตัวเล็กๆ เช่น แมลง มากัดกินสปอร์แล้วช่วยพาสปอร์ไปอีกทีหนึ่ง เช่น แมลงบางชนิดนำเชื้อรา *Ophiostoma ulmi* ไปยังพืชต้นใหม่ เชื้อรา *Claviceps* และ *Puccinia graminis* สร้างสารเมือกเหนียวเพื่อล่อให้แมลงมาเกาะแล้วพาสปอร์ติดออกไปด้วย ซึ่งเชื้อรา *Pilobolus* และ *Basidiobolus* อาศัยติดเข้าไปอยู่ภายในลำไส้ใหญ่ของสัตว์ เมื่อสัตว์เหล่านั้นขับถ่ายมูลออกมาก็จะมีสปอร์ติดออกมาด้วย

4) การแพร่กระจายของสปอร์โดยอาศัยติดไปกับเมล็ดพันธุ์พืช ส่วนมากการแพร่กระจายด้วยวิธีนี้ จะเป็นเชื้อราที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคในพืชหลายชนิด โดยเชื้อราสามารถติดไปกับเมล็ดพันธุ์ของพืชได้

2.1.3 การดำรงชีวิตของเชื้อรา

เนื่องจากเชื้อราไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ดังนั้นการดำรงชีวิตส่วนมากจึงต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้แก่ อินทรียสารจากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว โดยเชื้อราจะปล่อยเอนไซม์มาย่อยสลาย จึงเกิดการเน่าเปื่อยผุพังเป็นสารอินทรีย์ขนาดเล็ก สามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ โดยทั่วไปแล้วการดำรงชีวิตของเชื้อรามีหลายแบบดังนี้ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

1) Saprophyte เป็นเชื้อราที่ได้อินทรียสารจากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว เช่น ซากพืช หรือซากสัตว์ต่าง ๆ เป็นอาหารเชื้อราเหล่านี้ไม่สามารถเจริญบนสิ่งที่มีชีวิตได้จึงจัดว่าเป็นพวก Obligate saprophyte

2) พาราไซต์ เป็นเชื้อราที่ได้อินทรียสารจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งเชื้อราพวกนี้บางชนิดเจริญเฉพาะในสิ่งที่มีชีวิตเท่านั้น เรียกว่า พาราไซต์ที่แท้จริง (obligateparasite) แต่บางชนิดสามารถเจริญบนสิ่งที่มีชีวิตและเมื่อสิ่งที่มีชีวิตนั้นตาย ก็เจริญบนซากสิ่งที่มีชีวิตนั้นอีก เรียกเชื้อราพวกนี้ว่า Facultative parasite

3) mutualism เป็นการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น ไลเคนส์ เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อรากับสาหร่าย เชื้อราต้องการอาหารสำเร็จรูปเพื่อการดำรงชีวิต แต่บางกรณีพบว่าในที่มีคาร์โบไฮเดรตบางชนิด (เช่น กลูโคสและมอลโตส) และไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ต่างรวมทั้งเกลือแร่ที่จำเป็นบางชนิด เชื้อราจะสามารถสังเคราะห์โปรตีนเองได้แร่ธาตุบางอย่างที่มีความสำคัญต่อการเจริญของเชื้อรา ได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม กำมะถัน โบรอน แมงกานีส ทองแดง โมลิปตินั่ม เหล็ก สังกะสีและแคลเซี่ยม ส่วนแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุด ได้แก่ กลูโคส แหล่งไนโตรเจนที่ดีที่สุดคือสารประกอบอินทรีย์ของไนโตรเจน รองลงมาได้แก่ สารประกอบพวกแอมโมเนียและไนเตรต เมื่อเชื้อราได้รับอาหารเข้าสู่เซลล์ ส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ ส่วนที่เหลือจะเก็บสะสมไว้ในรูปของน้ำมันและไกลโคเจน

2.1.4 สภาพแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา

2.1.4.1 น้ำและความชื้น

ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญของเชื้อรา น้ำช่วยในการแพร่สารอาหารเข้าสู่เซลล์ และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไซโตพลาสซึมภายในเซลล์ นอกจากนี้ น้ำยังช่วยในการขับเอนไซม์ออกจากเซลล์ของเชื้อรา เพื่อใช้ในปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอาหารโมเลกุลใหญ่ ให้เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลที่เล็กลงเพื่อดูดซึมเข้าสู่เซลล์ปริมาณน้ำในอาหาร วัดได้ด้วยความชื้น (Moisture content) และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity) เชื้อราส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นค่อนข้างสูง โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 70 ขึ้นไป เชื้อราต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตน้อยกว่า ยีสต์ (Yeast) และแบคทีเรีย (Bacteria) จึงสามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีความชื้น และมีค่า วอเตอร์แอคทิวิตี้ ต่ำกว่า ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราอยู่ระหว่าง 0.7 แต่ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำสุด (Minimum aw) ที่เชื้อราเจริญได้คือ 0.62 ซึ่งน้ำบริสุทธ์มีค่า Water activity เท่ากับ 1.0 ดังนั้นในการถนอมอาหาร (Food preservation) ด้วยการทำแห้ง (Dehydration) จึงลดปริมาณ วอเตอร์แอคทิวิตี้ในอาหารให้ต่ำกว่าค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา

2.1.4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยเชื้อราส่วนใหญ่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วง 25 ถึง 35 องศาเซลเซียส แต่ก็มีข้อแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของเชื้อรา โดยแบ่งเชื้อราเป็นเป็น 3 กลุ่มตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ได้ดังนี้

1) เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ (Psychrophilic fungi) เป็นเชื้อรากลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 0 ถึง 20 องศาเซลเซียส

2) เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic fungi) เป็นเชื้อรากลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราอยู่ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส

3) เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง (Thermophilic fungi) เป็นเชื้อรากลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรากลุ่มนี้อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียสขึ้นไป

2.1.4.3 แสง

แสงไม่ค่อยส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา แต่แสงมักมีผลต่อการสร้างสปอร์ และการสร้างฟรุ๊ตติ้งบอดี้ (Fruit body) ของเชื้อรา แต่อาจพบเชื้อราบางชนิดที่มีลักษณะการเจริญเติบโตของเส้นใยที่ตอบสนองต่อแสง โดยมีการแตกแขนงของเส้นใยที่แตกต่างกันตามความสว่าง โดยตอนกลางวันเส้นใยแตกแขนงได้มากกว่าตอนกลางคืน

2.1.4.4 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง หรือ ค่าพีเอช (pH) ของอาหารหรือสภาพแวดล้อม มีความสำคัญต่อความสามารถในการดูดซับสารอาหารเข้าสู่เซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ รวมถึงมีผลต่อประจุของโปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนมากเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีค่าพีเอช ในช่วงประมาณ 4-8.5 และมีเชื้อราหลายชนิดเป็นพวกที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด เช่น เชื้อรา *Aspergillus*, *Penicillium* และ *Fuuusarium* spp. ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่าพีเอช 3 แต่ค่าพีเอชที่เหมาะสมของเชื้อราเหล่านี้โดยทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 4-6

2.1.4.5 อากาศ

เชื้อราส่วนใหญ่ใช้ออกซิเจนในการหายใจและเพื่อการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของเชื้อราจึงพบบริเวณผิวหน้าของอาหาร อาจแบ่งเชื้อราออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามความต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้ดังนี้

1) Obligate aerobic fungi เชื้อรากลุ่มนี้ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ถ้ามีออกซิเจนไม่เพียงพอหรือขาดออกซิเจน เชื้อรากลุ่มนี้จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโตหรือตาย

2) Facultative aerobic fungi เชื้อรากลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน โดยในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจจะได้พลังงานที่น้อยและมีอัตราการเพิ่มจำนวนเซลล์กว่าสภาวะที่มีการการหายใจแบบใช้ออกซิเจน

3) Obligate fermentative fungi เชื้อรากลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนโดยได้พลังงานส่วนใหญ่จากในบริเวณที่สภาพคล้ายการหมักตามธรรมชาติ

4) Obligate anaerobic fungi เชื้อรากลุ่มนี้ต้องการสภาพแวดล้อมที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก ถ้ามีออกซิเจน เชื้อรากลุ่มนี้จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโตหรือตาย ส่วนมากจะพบเชื้อรากลุ่มนี้ในกระเพาะอาหารของสัตว์กินหญ้าพวกวัว ควาย แพะ และแกะ ซึ่งเชื้อรากลุ่มนี้มีเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชที่กินเข้าไป

2.1.5 ความสำคัญของเชื้อราต่อมนุษย์

เชื้อราเป็นสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อมนุษย์ ในการดำเนินชีวิต และการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งมีทั้งที่เป็นประโยชน์ และทำให้เกิดโทษต่อมนุษย์ โดยสามารถจำแนกได้ ดังนี้ (พิไลพรรณ พงษ์พูล, 2525)

1) ความสำคัญด้านการแพทย์ มีการนำเชื้อรามาใช้ประโยชน์ในการผลิตสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลลิน ซึ่งใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อในสิ่งมีชีวิตต่างๆ เนื่องจากสารปฏิชีวนะมีฤทธิ์ยับยั้งและทำลายเชื้อโรคได้ดี ยาปฏิชีวนะที่รู้จักกันดี เช่น กลุ่มเพนนิซิลลิน อีรีโทรมัยซิน เตตราซัยคลิน คลอแรมเฟนิคอล สเตรปโตมัยซิน (เกรียงไกร นาคะเกศ และ จารุณี เมฆสุวรรณ์, 2549)

และจากการศึกษาพบว่ามีเชื้อราประมาณ 25 จีเนรา ที่ทำให้เกิดโรคแก่มนุษย์และสัตว์ และพบการระบาดอย่างมากในเขตร้อน โดยโรคที่เกิดจากเชื้อราแบ่งได้ดังนี้

- โรคที่เกิดตามอวัยวะภายนอก (Dermatomycosis) เช่น เชื้อราตามผิวหนัง เล็บ

- โรคที่เกิดเฉพาะอวัยวะภายใน (Deepseated mycosis) เช่น เชื้อรา *Aspergillus fumigatus* ทำให้เกิดโรค Aspergillosis เข้าไปทำลายปอด พบมากในคนและนก เชื้อรา *Cocidioides immitis* ทำให้เกิดโรคปอดอาการคล้ายโรควัณโรค

- โรคที่เกิดจากสารพิษของเชื้อรา เช่น สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งจะพบตามผิวของเมล็ดพืชจำพวกข้าว และถั่ว เมื่อสารอะฟลาทอกซินนี้เข้าไปสะสมในร่างกายในปริมาณที่มากเกินจะทำให้เกิดโรคเนื้อเยื่อในสมองอักเสบ และโรคมะเร็งในตับได้ โดยสารพิษนี้มีความสามารถในการทนต่อความร้อนได้ถึง 300 องศาเซลเซียส ซึ่งระดับความร้อนของการปรุงอาหารจะไม่สามารถทำลายสารพิษนี้ได้ จึงต้องป้องกันตนเองโดยเลือกอาหารที่ปลอดภัยจากเชื้อรา

2) ความสำคัญด้านการเกษตร เชื้อราหลายชนิดที่ทำให้เกิดโรคแก่พืช ซึ่งทำความเสียหายต่อผลผลิตของเกษตรกร แต่เชื้อราบางชนิดก็มีประโยชน์ในการใช้ควบคุมแมลงที่เป็นศัตรูของพืช โดยสามารถใช้เชื้อราในการป้องกัน และกำจัดแมลง ด้วยวิธีที่เรียกว่า Biological control และเนื่องจากเชื้อราสามารถย่อยอินทรียสารได้ดี จึงมีการนำเชื้อรามาใช้ทำดินหมักหรือปุ๋ยสำหรับใช้ในการปลูกพืช โดยเตรียมใบไม้ที่มีเชื้อราใบไม้ขึ้นอยู่ผสมกับข้าวสุก น้ำตาลทรายแดง หมักทิ้งไว้ก็จะได้หัวเชื้อมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งนำมาใช้ผสมกับดินเพื่อไว้ใช้เพาะปลูก จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ให้แก่ดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตดีไปด้วย

3) ความสำคัญในด้านอุตสาหกรรม เชื้อราบางชนิดนำมาสกัดเป็นเอนไซม์ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย แล้วแต่คุณสมบัติของเอนไซม์ที่สกัดได้ เชื้อราที่ใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่างๆมีดังนี้

- ใช้ในการผลิตน้ำย่อยและกรดบางชนิด

- ใช้ในการผลิตยาปฏิชีวนะในวงการแพทย์

- ใช้ในการผลิตน้ำหมึก สีย้อมและการทำแม่พิมพ์

4) ความสำคัญด้านวิทยาศาสตร์ เชื้อราใช้ในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นการศึกษาถึงลักษณะ และส่วนประกอบต่างๆ ของเชื้อราโดยตรง เช่น ศึกษาทางพันธุ์ศาสตร์ สรีรวิทยา สัณฐานวิทยา เซลล์วิทยา เป็นต้น

5) ความสำคัญทางด้านอาหาร มีการนำเชื้อรามาใช้ในการบริโภคและผลิตอาหารมากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงคือพวกเห็ด ส่วนทางอ้อมคือการนำคุณสมบัติการย่อยของเชื้อรา โดยอาจใช้เชื้อราเดี่ยวๆหรือใช้ร่วมกับแบคทีเรียหรือยีสต์ เช่น เครื่องปรุงรสทำด้วยถั่วเหลือง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ซีอิ้ว) เต้าเจี้ยว จะใช้เชื้อราที่สามารถย่อยถั่วเหลืองได้ดีมาหมัก การทำข้าวหมาก กระแช่ สาโท ก็จะใช้เชื้อราที่สามารถหมักแป้งให้เป็นน้ำตาล จากนั้นยีสต์และแบคทีเรียจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรด ทำให้ได้ข้าวหมักที่มีรสหวาน เปรี้ยวและมีกลิ่นหอมด้วย อาหารหมักอย่างอื่นก็คล้ายๆกัน จะใช้ความสามารถในการย่อยสลายของเชื้อรามาประยุกต์ใส่ในอาหารที่ต้องการ ทำให้ได้อาหารที่มีรูปแบบเปลี่ยนไปจากเดิมและเพิ่มมูลค่าให้วัตถุดิบด้วย

2.1.6 สารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins)

ไมโคทอกซิน (Mycotoxin) คือ สารพิษที่เกิดจากเชื้อราซึ่งเจริญเติบโตเมื่อมีอากาศและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม หากคนหรือสัตว์ได้รับสารพิษนี้อาจมีอาการเจ็บป่วยได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง ซึ่งอาการเจ็บป่วยเนื่องจากการได้รับสารพิษนี้เรียกว่า ไมโคทอซิโคซีส (Mycotoxicosis) อาการเจ็บป่วยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะความเป็นพิษของสารนั้นๆ ปริมาณที่ได้รับ อายุ และเพศ รวมถึงชนิดของพันธุ์สัตว์ โดยปัจจุบันพบว่า เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารพวกเมล็ดธัญพืช ถั่วและวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เชื้อราเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะเชื้อราในจีนัส *Aspergillus Penicillim* และ *Fusarium* โดยสารพิษส่วนใหญ่ก่อให้เกิดการผ่าเหล่าทางพันธุกรรม (Mutagenic Effects) และ/หรือทำให้เกิดเซลล์มะเร็ง (Carcinogenic Effect) โดยสารพิษจากเชื้อราที่สำคัญแบ่งได้ดังนี้

1) อะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เป็นสารพิษที่สร้างโดย *Aspergillus flavas, A. Paraditicus, A. Tamarii* และ *A. Nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืช และพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวสาลี ถั่วลิสง พริก มะพร้าว เครื่องเทศ และสมุนไพร ในประเทศไทยพบสารดังกล่าวในผลิตผลเกษตรและในผลิตภัณฑ์แปรรูปแทบทุกชนิด ที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลเกษตรที่มีเชื้อราชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ โดยสารอะพลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติมีอยู่ 4 ชนิด คือ Aflatoxin B_1, B_2, G_1 และ G_2 สารอะฟลาทอกซินพบครั้งแรกในปี ค.ศ.1960 มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์โดยตรงและปัญหาทางการค้า เพราะเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) สารก่อลูกวิธูป (Teratogen) และเป็นสารก่อกลายพันธุ์ (Mutagen) ในปัจจุบัน IARC (International Association Research Center) ได้จัดสารอะฟลาทอกซินเป็นสารก่อมะเร็ง (International Association Research Center, 2002)

2) โอคราทอกซิน (Ochratoxins) เป็นสารพวก Cyclic pentaketids, dihydroisocoumarin derivatives เชื่อมต่อกับ L-phenylalanine ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1965 ในเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* และในปีต่อมาพบว่าสารพิษนี้สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus* 8 species ได้แก่ *A.ochraceus, A alliaceus, A. ostianus, A. sclerotiorum, A. sulphureus, A. melleus, A. petrakii* และ *A. glaucus* ในปัจจุบันยังพบอีกว่าราดำก็สามารถสร้างสารพิษ Ochratoxins ได้ เช่น *A. niger, A. foetidus* และ *A. carbonarius* โดยเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* นี้

จะพบว่ามีการสร้างสารพิษในแถบอากาศร้อนชื้น ขณะที่ประเทศแถบอากาศเย็นจะเกิดปัญหาสารพิษ Ochratoxins จากเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* ที่พบเสมอ คือ *Penicillium vilidicatum* และ *P. aurantiogriseum*

3) ซีราลิโนน (Zearalenone) เป็นสารสร้างโดยเชื้อรา *Fusarium graminearum* ซึ่งมักจะพบปนเปื้อนอยู่ในข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง และอาหารสัตว์ โดยสารซีราลิโนนมีผลเกี่ยวกับฮอร์โมนเพศหญิง ทำให้เกิดอาการแท้งลูกในสัตว์ ในมนุษย์มีรายงานว่าสารพิษนี้มีผลต่อเด็กผู้หญิงเช่นกัน

4) ฟูโมนิซิน (Fumonisins) เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อรากลุ่ม Fusarium ที่สำคัญได้แก่ *Fusarium moniliforme* และ *F. proliferatum* เชื้อราพวกนี้ส่วนมากพบในข้าวโพด ข้าว ข้าวฟ่าง สารพิษ Fumonisins ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1988 ในประเทศอัฟริกาใต้ สารพิษ Fumonisins ถูกพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า สารพิษ Fumonisins ทำให้เกิด apoptosis และเกิดอาการเซลล์ตายได้

5) ไตรโคทีซีน (Trichothecenes) เป็นสารพิษจำพวก sesquiterpenoid ที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Fusarium, Trichothecium, Gliocladium, Myrothecium, Stachybotrys* และ *Trichoderma* สารพิษกลุ่มนี้มีหลายชนิดแต่ที่พบตามธรรมชาติที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ Deoxynivalinol, Nevalenol diacetoxyscirpenol และ T-2 toxin ส่วนมากจะพบในข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรท์ และข้าวสาลี ซึ่งเชื้อราที่เป็นตัวการสำคัญในการสร้างสารพิษกลุ่มนี้ได้แก่ *Fusarium acuminatum, F. culmorum, F. graminearum, F. poae, F. solani* และ *F. sporotrichioides* สารพิษกลุ่มนี้สามารถยับยั้งการสร้างโปรตีนและ DNA ได้ ดังนั้นความเป็นพิษของสารพิษกลุ่มนี้มีได้ทั้งรุนแรงเฉียบพลันและเล็กน้อยขึ้นอยู่กับสูตรโครงสร้างทางเคมีของสารนั้นๆ ลักษณะอาการที่ได้รับสารพิษเข้าไปคือ จะมีอาการคลื่นไส้ ไม่อยากรับประทานอาหาร เม็ดโลหิตผิดปกติ รวมทั้งลดการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายด้วย

2.1.7 เชื้อรา จีนัส *Aspergillus*

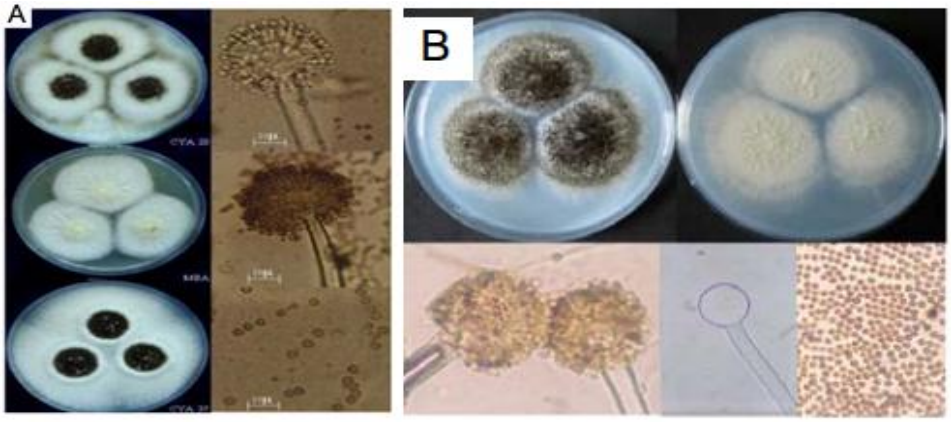
เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* มีประมาณ 600 สายพันธุ์ พบได้บ่อยที่สุดตามสิ่งแวดล้อมทั่วไปได้ทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นบริเวณที่มีอากาศหนาวหิมะหรือตามทะเลทรายซาฮารา ในอากาศทุกหนแห่งจะพบเชื้อราชนิดนี้แขวนลอยอยู่ในอากาศ และในดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในอินทรียวัตถุแทบทุกชนิด เชื้อรา *Aspergillus* รูปร่างเป็นแบบแท่ง มีลักษณะที่สำคัญคือ มีการแตกแขนงเป็นมุม 45 องศา เป็นเชื้อราที่พบได้ทั้งในรูปการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Anamorphic) และแบบอาศัยเพศ (Teleomorphic) และจัดเป็นราในกลุ่ม *Ascomycetes* เชื้อรา *Aspergillus* มีเส้นใยที่แตกแขนงและมีผนังกั้น เส้นใยของเชื้อราไม่มีสีแต่ละส่วนที่กั้นแล้วมีนิวเคลียสหลายอัน ก้านชูสปอร์(conidiophore) เกิดจากฟูตเซลล์ (Foot cell) ก้านชูสปอร์อาจมีผนังกั้น

หรือไม่มีก็ได้ที่ส่วนปลายของก้านชูสปอร์จะโป่งออกเป็นเวสซิเคิล (Vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็น สเตอริกมา (Sterigma) ซึ่งอาจมีชั้นเดียวหรือสองชั้นก็ได้ โคนิเดีย (Conidia) ถูกสร้างขึ้นภายในสเตอริกมา โคนิเดียที่สร้างขึ้นภายหลังจะดัน โคนิเดียอันแรกๆออกมา และยังติดต่อกันอยู่จึงเกิดเป็นสายของโคนิเดีย

สามารถจัดกลุ่มของ เชื้อรา *Aspergillus* ออกเป็น 18 กลุ่ม โดยอาศัยลักษณะของ Conidial head และสีของโคโลนี สำหรับการจัดจำแนกในระดับสปอร์ของเชื้อราสกุล *Aspergillus* อาศัยลักษณะการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อและลักษณะของโครงสร้าง (ชลนิชา ทองขลิบ และวิเชียร กิจปรีชาวนี; Klich, 2002) *Aspergillus niger* เป็นเชื้อราที่จัดอยู่ในไฟลัม *Ascomycota* สามารถพบได้ทั่วไปขึ้นได้ที่อุณหภูมิห้อง ลักษณะทั่วไปเมื่อดูด้วยตาเปล่าของราชนิดนี้คือ ลักษณะโคโลนีด้านที่เริ่มต้นจะมีสีขาว ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ดำ ด้านหลังไม่มีสีหรือมีสีเหลืองผิวหน้าจะเป็นเม็ดเล็กๆ เส้นใยมีสีขาวฟู สายใยมีผนังกั้น (Septate hypha) (Raper B.K. and Fennell D.I., 1965)

การสืบพันธุ์เป็นแบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการสร้างสปอร์ (Spore) ที่เรียกว่า โคนิเดีย (Conidia) โดยเกิดที่ปลายของเส้นใยที่ทำหน้าที่ชูสปอร์ (Conidiophore) ซึ่งที่ปลายของเส้นใยจะมีเซลล์ที่เรียกว่าเฟียลิด (Phialide) ทำหน้าที่สร้างโคนิเดีย เมื่อเส้นใยแก่จะสร้างสปอร์ที่มีสีดำ Vesical ของราทั้ง 2 ชนิดนี้มีรูปร่างกลม (Spherical) โดยรอบ Vericle เป็นที่เกิดของ Metula และที่ปลายของแต่ละ Metula ให้กำเนิด Phialide ได้หลายอันมีรูปร่างเป็นกระเปาะรูปกลมขนาด 20-50 ไมโครเมตร บางครั้งอาจถึง 100 ไมโครเมตร บนกระเปาะจะมีติ่ง เริ่มแรกนั้นจะมีชั้นเดียว ต่อมามีสองชั้น ติ่งจะเกาะอยู่รอบกระเปาะ โคโลนีที่เกิดจากกระเปาะนั้นจะเป็นรูปกลม มีสีน้ำตาล หรือ ดำ ผนังจะหนาและขรุขระ (วิจัย รักวิทยาศาสตร์, 2546)

โคนิเนียของราชนิดนี้ มีสีต่างๆกัน เช่นสีดำ น้ำตาล เหลือง เขียว เป็นต้น สีของโคนิเดียขึ้นอยู่กับธาตุอาหารบางชนิดที่ได้รับ เช่น เชื้อรา *A.niger* จะสร้างโคนิเดียสีดำ แต่เมื่อไม่ได้รับทองแดงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง



ภาพที่ 2.3 เชื้อรา Aspergillus niger

(ที่มา: http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4405072.pdf)

เชื้อราสกุล *Aspergillus* มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บได้มากมาย โดยโรคที่เกิดขึ้นเรียกว่า *Aspergillosis* อาการมีตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงสาเหตุให้ผู้ป่วยถึงแก่กรรม จากการสำรวจผู้เสียชีวิตในประเทศไทยปี พ.ศ. 2548 พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* เป็นสาเหตุของการตายร้อยละ 1 โดยมีจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งสิ้นรวม 16,219 ราย โรค *Aspergillosis* ที่เกิดขึ้นได้แก่ กลุ่มของโรคปอด โรคที่ระบบประสาท โรคที่ผิวหนัง โรคที่บริเวณ หู จมูก โรคที่ตา โรคที่เล็บ (กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

โดยโรคปอดอักเสบจากเชื้อรามีสาเหตุมาจากเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* เป็นหลัก สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อในร่างกายได้หลายระบบ ได้แก่ หู ตา จมูก และปอด บางคนเชื้อราสามารถลุกลามไปยังกระดูก สมอง หรือเยื่อหุ้มสมองได้ เชื้อราชนิดนี้ติดต่อโดยการหายใจเอาสปอร์เข้าไปในปอดทำให้เกิดการติดเชื้อที่ปอด แม้ว่าสปอร์ของราชนิดนี้จะมีอยู่ในอากาศ แต่คนปกติเมื่อหายใจได้รับเชื้อรานี้มักจะไม่เกิดโรค แต่สำหรับคนที่มีภูมิคุ้มกันไม่ดี เช่น ได้รับเคมีบำบัด ได้รับยาสเตอรอยด์ หรือ ผู้ที่ใส่เครื่องช่วยหายใจหรือโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องเมื่อได้รับเชื้อนี้จะทำให้เกิดการติดเชื้อที่ปอด ทำให้ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันไม่ดีเมื่อติดเชื้อนี้มักจะเสียชีวิต

เนื่องจากเชื้อรา *Aspergillus* เป็นเชื้อที่กระจายอยู่ทั่วไปและเป็นเชื้อที่คนเราสามารถสัมผัสได้ตลอดเวลา โดยที่ไม่รู้ตัว จึงมีโอกาสเกิดโรคติดเชื้อได้ง่าย เชื้อรา *Aspergillus* จึงจัดว่าเป็นเชื้อที่อันตรายชนิดหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดโรคได้โดยไม่รู้ตัว เชื้อรา *Aspergillus* ที่เป็นสาเหตุของโรคที่รุนแรงที่สุด ได้แก่ *A. fumigatus* และ *A. flavus* ร่างกายจะได้รับเชื้อนี้โดยการหายใจเอาสปอร์เข้าไป โดยสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* มีขนาด 2-5 ไมครอน โดยทั่วไปภูมิต้านทานของร่างกายสามารถที่จะกำจัดเชื้อนี้ออกจากร่างกาย หากร่างกายไม่สามารถกำจัดเชื้อนี้ออกจากร่างกายก็จะทำให้เกิดการติดเชื้อได้หลายรูปแบบดังต่อไปนี้

- Allergic bronchopulmonary aspergillosis (ABPA) ทำการวินิจฉัยได้ยาก เนื่องจากอาการของผู้ป่วยเหมือนอาการไข้หวัดหรือหอบหืดที่ผู้ป่วยเป็นอยู่ นอกจากนั้นยังสามารถพบเชื้อนี้อาศัยอยู่ในทางเดินหายใจของคนปกติ โดยการวินิจฉัยสามารถทำได้โดยการส่องกล้องเข้าไปในปอดแล้วใช้น้ำล้าง เอาเชื้อไปส่งตรวจหรือจากการตัดชิ้นเนื้อส่งตรวจ โดยมากจะพบการติดเชื้อในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดโดยเฉพาะผู้ที่ได้รับประทานยาสเตอรอยด์เป็นเวลานาน หรือเป็นโรค Cystic fibrosis สำหรับคนที่เป็นหอบหืดมักจะมีอาการหอบเพิ่ม เป็นไข้ ครั่นเนื้อครั่นตัว ไอ ไอมีเสมหะปนเลือด น้ำหนักลด หายใจหอบ บางรายมีอาการไซนัสอักเสบร่วมด้วย

- Aspergilloma หมายถึง การติดเชื้อราในปอด โดยเชื้อราก่อตัวเป็นก้อนในปอด การติดเชื้อชนิดนี้ มักจะเกิดบนแผลเป็นของผู้ป่วยที่เคยเป็นวัณโรคหรือมีพังผืดที่ปอด ผู้ป่วยมักจะไม่มีอาการ พบได้จากการเอกซเรย์ปอด หากมีอาการจะไอมีเสมหะมีเลือด บางรายอาจจะเลือดออกมากจนถึงกับเสียชีวิต

- Invasive fungal infection หมายถึง การติดเชื้อราที่แพร่กระจายไปยังอวัยวะต่างๆของร่างกายตามหลอดเลือด ในระยะนี้ผลการรักษามักจะไม่ได้ผล ผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันไม่ดี มีอัตราการเสียชีวิตสูง อาการที่สำคัญคือ ประมาณร้อยละ 25-30 จะไม่มีอาการ ส่วนใหญ่จะเป็นปอดบวม มีไข้ แน่นหน้าอก ไอเล็กน้อย บางรายอาจจะมีอาการเจ็บหน้าอกเนื่องจากปอดแตก มีลมรั่วในปอด ในรายที่เป็นรุนแรงปัสสาวะจะมีเลือดปน บางรายปัสสาวะออกน้อย การติดเชื้ออาจจะแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น เช่น กระดูก สมอง เป็นต้น

2.1.8 เชื้อรา จีนัส *Trichoderma*

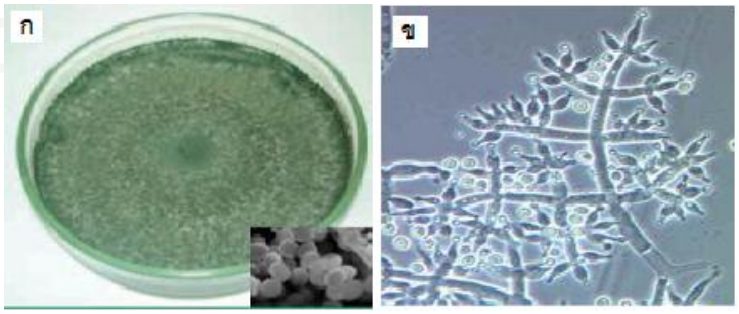
เชื้อรา *Trichoderma spp.* เป็นเชื้อราชั้นสูงที่ดำรงชีวิตอยู่ในดิน เศษซากพืช ซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์และวัสดุอินทรีย์ตามธรรมชาติ และไม่พบว่ามีการเจริญบนพืชที่มีชีวิต อาศัยเศษซากพืช ซากสัตว์และอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหาร (วรรณวิไล อินทนู, 2547) เป็นเชื้อราจำพวก saprophyte (Troutman J.L. and Matejka J.C., 1978) จัดเป็น Soil saprophyte และเป็น Mycoparasite โดยใช้เส้นใยขดเป็นวงรอบๆ พบว่าในดินที่ปราศจากแหล่งอาหาร เชื้อราชนิดนี้สามารถอยู่ได้นานกว่า 130 วัน การเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma spp.* สามารถถูกกระตุ้นให้เจริญเติบโตได้โดยการใช้สารไธแรม (Thiram) แต่จะถูกยับยั้งโดยสารเบโนมิล (Banomyl) เชื้อราชนิดนี้มีความทนทานต่อสารเมตาแลกซิล (Metalaxyl) และแอมโมเนีย เชื้อรา *Trichoderma spp.* จัดเป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เนื่องจากมีการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถแข่งขันและเข้าทำลาย เชื้อราสาเหตุของโรคพืชได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้น เชื้อรา *Trichoderma spp.* ยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ในดิน พบได้ทั่วโลกและง่ายต่อการแยกจากกิน เศษซากไม้ที่ย่อยสลาย และอินทรียวัตถุอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างรวดเร็วและสร้างสปอร์สีเขียวเป็นจำนวนมาก บางครั้งพบว่าโคโลนีจะไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน สีเหลือง สีน้ำตาลเหลือง สีเขียวหรือสีเหลืองอมเขียว และมีหลายสปีชีส์ มีการจัดจำแนกไว้ทั้งหมด 11 ชนิด (Species) (Domsch K.H. และคณะ, 1980) และเมื่ออาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ลักษณะของโคโลนี Conidia และ Conidiophore สามารถจัดจำแนกเชื้อราสกุล *Trichoderma* spp. ออกเป็น 9 ชนิด (Samuels G.J., 2001)

เชื้อรา *Trichoderma* จัดจำแนกดังนี้ (Rifai M.A., 1969)

Kingdom	Fungi
Phylum	Ascomycota
Class	Euascomycetes
Order	Hypocreales
Family	Hypocreaceae
Genus	*Trichoderma*

ลักษณะทาง Anamorph (Imperfect stage) ของเชื้อราชนิดนี้สร้าง Conidiophores มีสี จางหรือ ไม่มีสี แตกแขนงมาก พบ Phialides เกิด เดี่ยวๆ หรือ เป็น กลุ่ม Conidia (Phialospore) เป็นแบบเซลล์เดียวรูปไข่ ไม่มีสี เกิดเป็นกลุ่มเล็กๆที่ปลาย Phialides โคโลนีมีการสร้างเส้นใยที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ลักษณะของเส้นใยไม่มีสี มีผนังกั้นระหว่างเซลล์ ผนังเรียบ มีการแตกกิ่งก้านมากมาย ที่เจริญออกมาเริ่มแรกจะมีผิวหน้าเรียบ ไม่มีสีหรือสีขาว ต่อมาโคโลนีมีลักษณะเป็นปุยฝ้ายฟูอย่างหลวมๆหรือเป็นกระจุกหนาแน่นหรือมีลักษณะทั้งสองแบบในโคโลนีเดียวกันหรือมีลักษณะอยู่ระหว่างทั้ง 2 แบบ การเกาะกันเป็นกระจุกของโคโลนีมีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของก้านชูสปอร์ (Conidiophore) ก้านชู สปอร์จะแตกกิ่งก้านเป็นช่อ

การสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma* ที่สำคัญ คือ บริเวณที่สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นวงรอบ หรือเป็นวงแหวน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแสง และเมื่อโคโลนีมีอายุมากขึ้นจะมีการสร้าง conidiophore ขึ้นมาใหม่บริเวณรอบนอกที่สร้างสปอร์ ทำให้เกิดวงรอบ (Zonation) ไม่ชัดเจน บางไอโซเลทมีลักษณะเป็นแบบปุยฝ้ายเมื่อเชื้อรามีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม เนื่องจากมีการสร้างสปอร์มากขึ้น โดยสีของโคโลนีส่วนใหญ่เกิดมาจากการสร้างสีของสปอร์ นอกจากสีสปอร์ที่มีผลต่อสีของโคโลนีแล้วยังมีปัจจัยอื่นอีก คือ ปริมาณสปอร์ที่สร้าง ทำให้โคโลนีมีสีเข้มขึ้นหรืออ่อนลง การสร้างผลึกสีหรือปล่อยสีออกมา ทำให้สีของอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนไป ชนิดและความเป็นกรดด่าง (pH) ของอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลต่อสีของโคโลนีและการสร้างเส้นใยที่ยืดตัวออกและเป็นหมันเหนือกระจุกของก้านสปอร์ของเชื้อราสปอร์ส่วนใหญ่จะมีสีเขียว มี 1 เซลล์รูปไข่ผิวเรียบ หรือขรุขระ เกิดเดี่ยวๆหรือเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนกลมหรือค่อนข้างกลม เจริญออกมาจากส่วนปลายของเส้นใย มีขนาดเฉลี่ย 3.2 x 2.7 ไมครอน สามารถเจริญ ได้อย่างรวดเร็ว Chamydospore จะเจริญระหว่างหรือส่วนปลายของเส้นใย มีลักษณะกลมใส เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 6.9 ไมครอน (Homer, 1972) การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Trichoderma* ใช้ลักษณะความแตกต่างของโคโลนี (colony) ก้านสปอร์ เซลล์ที่ให้กำเนิดสปอร์และสปอร์ (phialospore) (Rifai M.A., 1969)



ภาพที่ 2.4 เชื้อรา *Trichoderma spp.*
(ก) ที่เจริญบนอาหารวุ้น (ข) ลักษณะเส้นใยและสปอร์
(ที่มา : http://www.pmc03.doae.go.th/tricoderma.pdf)

2.2 ไม้อัด (Plywood)

ไม้อัด (Plywood) ทำมาจากการนำไม้ซุงมาทำการปอกหรือฝานให้เป็นไม้บางแล้วนำมาอัดทับกันเป็นแผ่นด้วยกาวสังเคราะห์ โดยมีลักษณะการวางในทิศทางสลับกันโดยแนวเสี้ยนขวางตั้งฉากกันด้วยกาวแผ่นที่อยู่ผิวด้านนอกจะเป็นผิวไม้บางที่ฝานเป็นแผ่นส่วนไม้ไส้ด้านในจะเป็นไม้ที่ได้จากการปอก เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ลดการขยายตัวหรือหดตัวในระนาบของแผ่นให้น้อยที่สุดและทำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมจะใช้งานต่างๆได้มากมาย ก่อนปี พ.ศ. 2500 ประเทศไทยต้องสั่งซื้อไม้อัดจากต่างประเทศเข้ามาใช้แต่นับจากปี พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา ก็ได้มีการตั้งโรงงานผลิตไม้อัดขึ้นใช้เอง ไม้อัดที่ผลิตได้ภายในประเทศมีมาตรฐานและคุณภาพทัดเทียมกับต่างประเทศ แต่ราคาถูกกว่า (แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ, 2520)

การผลิตไม้อัดในปี 2554 คาดว่าจะลดลงเมื่อเทียบกับปีก่อนเนื่องจากปัจจัยต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวสูงขึ้น เช่น วัตถุดิบไม้ ค่าแรง และน้ำมัน เป็นต้น บวกกับผลกระทบของวิกฤตอุทกภัยในวงกว้าง ทำให้ปริมาณการผลิตตลอดปี 2554 ลดลง การจำหน่ายในประเทศปี 2554 คาดว่าจะลดลงเมื่อเทียบกับปีก่อน เนื่องจากถึงแม้ว่าตลาดยังมีความต้องการสูงโดยเฉพาะตลาดกลางและตลาดบน แต่สถานการณ์อุทกภัยและค่าครองชีพที่ปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการใช้จ่ายของผู้บริโภค ทำให้ปริมาณการจำหน่ายในประเทศของตลอดปี 2554 ลดลง

สำหรับแนวโน้มการผลิตและการจำหน่ายในประเทศในปี 2555 คาดว่าจะขยายตัวจากความต้องการไม้และเครื่องเรือนที่เพิ่มขึ้นหลังภาวะน้ำท่วมบวกกับมาตรการกระตุ้นภาคอสังหาริมทรัพย์ของรัฐบาล กล่าวคือ โครงการสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยแห่งแรก จะส่งผลให้ความต้องการไม้และเครื่องเรือนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญ คือ ต้นทุนการผลิต เช่น วัตถุดิบ น้ำมัน และค่าแรง รวมถึงเงินเฟ้อ ที่ปรับตัวสูงขึ้น ตลอดจนกำลังซื้อของผู้บริโภคที่ได้รับผลกระทบจากการต้องแบกรับภาระหลังภาวะน้ำท่วม

การส่งออกของในปี 2554 เมื่อเทียบกับปีก่อน คาดว่าจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเศรษฐกิจโลกโดยเฉพาะเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้าหลักของไทย ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น สหราชอาณาจักร และจีน ขยายตัวได้ดี และการส่งออกไปตลาดรอง เช่น ออสเตรเลีย อินเดีย ประเทศสมาชิกอาเซียน และประเทศแถบตะวันออกกลาง ขยายตัวได้ดีเช่นกัน สำหรับแนวโน้มการส่งออกในปี 2555 คาดว่าจะทรงตัว จากปัจจัยเสี่ยงของการแข็งค่าของเงินบาท ความผันผวนของราคาน้ำมัน และภาวะเศรษฐกิจของตลาดหลักของไทย โดยเฉพาะเศรษฐกิจและภาคอสังหาริมทรัพย์ของสหรัฐอเมริกา ที่ยังเปราะบาง อย่างไรก็ตาม ตลาดรองของไทย เช่น ประเทศสมาชิกอาเซียน และประเทศแถบตะวันออกกลาง มีศักยภาพสูง รวมถึงประเทศแถบเอเชียใต้ที่ภาคอสังหาริมทรัพย์ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้ความต้องการไม้และเครื่องเรือนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2554)

ประเภทของไม้อัดตาม มอก.178-2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549a) โดยทั่วไป ไม้อัดแบ่งออกได้ 4 ประเภท

1) ประเภทใช้ภายนอก (Exterior Plywood) เป็นไม้อัดที่ผลิตโดยใช้กาวพิเศษที่ทนทานต่อลมฟ้าอากาศ น้ำเย็น น้ำเดือดไอน้ำและความร้อนแห้งได้ดีเหมาะสำหรบใช้ภายนอกอาคาร หรือในที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำจนเปียกชื้น เช่น ผนังภายนอก ใช้ทำป้ายโฆษณา ทำแบบหล่อคอนกรีต ต่อเรือ และสร้างส่วนของอาคารบ้านเรือนที่ต้องถูกแดด ถูกฝน ไม้อัดชนิดนี้ประทับตราด้วยหมึกสีแดง

2) ประเภททนความชื้น ใช้กาวที่ทนทานต่อลมฟ้าอากาศ น้ำเย็น น้ำเดือด ไอน้ำ และความร้อนแห้งได้ดีเหมาะสำหรบใช้ภายในและภายนอกอาคารหรือในที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำเป็นครั้งคราว

3) ประเภทใช้ภายใน (Interior Plywood) เป็นไม้อัดที่ใช้กาวซึ่งทนความเปียกชื้นน้ำเย็นได้ดีพอสมควร ทนทานในน้ำร้อนได้ในเวลาจำกัด ไม่ทนทานในน้ำเดือด เหมาะสำหรับใช้ในงานภายในอาคารหรือในที่ซึ่งไม่ถูกน้ำหรือละอองน้ำ เช่น ตกแต่งผนังภายใน ไม้สำหรับทำฝ้าเพดาน ไม้กั้นห้อง และสร้างเครื่องเรือน เช่น โต๊ะ ตู้ เตียงนอน เก้าอี้ หิ้ง หรือชั้นวางสิ่งของ ไม้อัดชนิดนี้ประทับตราด้วย หมึกสีม่วง สำหรับไม้อัดสักใช้งานภายในจะประทับตราด้วยหมึกสีดำ

4) ประเภทใช้งานชั่วคราว เป็นไม้อัดที่ผลิตด้วยกาว ซึ่งไม่ทนความเปียกชื้น ทนน้ำเย็นได้ในเวลาจำกัด เหมาะสำหรับใช้งานชั่วคราว เช่น ใช้ทำลังบรรจุสิ่งของหรือป้ายโฆษณากลางแจ้งในระยะสั้น ฯลฯ ไม้อัดชนิดนี้ประทับตราด้วยหมึกสีเขียว

2.2.1 ชนิดของไม้อัดที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

1) ไม้อัดสัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกการประกอบสมดุล โดยการเอาแผ่นเยื่อไม้สัก (เยื่อไม้ที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตมาจากต้นสัก) มาปิดทับบนแผ่นไม้อัดยางเป็นผิวหน้า ทำให้ไม้อัดสักมีความสวยงามด้วยลวดลายไม้ตามธรรมชาติมีทั้งลายเส้นและลายภูเขา ผิวด้านหลังอาจใช้เยื่อไม้สักหรือไม้อื่นๆแทนได้ ลักษณะที่สำคัญของไม้อัดสัก คือ การจัดให้ไม้บางแต่ละแผ่นมีแนวเสี้ยนขวางตั้งฉากกัน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางความแข็งแรงและลดการขยายตัวหรือหดตัวในระนาบของแผ่นให้มีค่าน้อยที่สุด โดยไม้อัดสักตามท้องตลาดมีหลายคุณภาพ หลายราคา ที่นิยมใช้ส่วนใหญ่หนา 4 6 10 15 และ 20 มิลลิเมตร เป็นไม้อัดที่เหมาะกับการใช้ในงานตบแต่งภายในและงานเฟอร์นิเจอร์ เนื่องจากสามารถทำสีได้ง่าย ทุกโทนสี เช่น สีเสี้ยน สีธรรมชาติ สีเชอร์รี่ สีโอ๊ค รวมถึงสามารถตัด เลื่อย ตอก ตะปูได้ง่าย ไม่แตกหัก สามารถโค้งงอได้

ภาพที่ 2.5 ไม้อัดสัก

(ที่มา: http://www.ptkwood.com/PRODUCT/ไม้อัดสักธรรมชาติ-ตราบ้าน.html)

2) ไม้อัดยาง ผลิตขึ้นโดยนำไม้เข้าเครื่องปอกหรือเครื่องฝาน ออกมาเป็นแผ่นไม้และนำไปเข้ากรรมวิธีอัดโดยสลับชั้น ใช้ไม้ยางเป็นผิวทั้งด้านหน้าและด้านหลังหรือด้านหลังอาจใช้ไม้ชนิดอื่นที่มีคุณภาพคล้ายกัน เป็นไม้อัดที่ไม่มีลวดลาย มีลักษณะหน้าออกสีแดง มีหลายคุณภาพให้เลือก ไม้อัดยางเลยมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง เหมาะสำหรับงานทั่วไปที่ไม่ต้องแสดงลวดลายไม้ทั้งภายในและภายนอกโดยการใช้งานส่วนมากขึ้นอยู่กับชนิดกาวที่ใช้

ภาพที่ 2.6 ไม้อัดยาง

(ที่มา : http://www.thaicarpenter.com)

3) ไม้อัดบีช ผลิตจากไม้อัดยางปิดผิวหน้าไม้ด้วยเยื่อไม้บีชธรรมชาติเพื่อความสวยงาม มีทั้งลายภูเขาและลายตรง เยื่อไม้ไม้อัดบีชจะออกสีโทนชมพูหรือส้ม เนื้อละเอียด มีแบบลายตรง และลายภูเขา ใช้เป็นส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ รวมถึงใช้ในการตกแต่งภายในอาคารและที่อยู่อาศัย

ภาพที่ 2.7 ไม้อัดบีช

(ที่มา : http://www.ptkwood.com/PRODUCT/ไม้อัดบีชธรรมชาติ-ตราบ้าน.html)

4) ไม้อัดอิตาลี ทำมาจากไม้อัดยางปิดผิวหน้าไม้ด้วยด้วยเยื่อไม้ลายประดิษฐ์สัก (เยื่อไม้สักอิตาลี หรือ recomposed teak veneer) ซึ่งทำจากไม้จริงที่ผ่านกรรมวิธีสร้างลายไม้ให้คล้ายกับลายไม้สักธรรมชาติ โดยทุกแผ่นมีลวดลายเหมือนกัน แต่ราคาถูกกว่าเยื่อไม้สักธรรมชาติ มีแบบลายเส้นและลายภูเขา เป็นส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ เตียง เป็นต้น รวมถึงใช้ในการตกแต่งภายในอาคารและที่อยู่อาศัย มีคุณสมบัติคือสามารถตัด เลื่อย ตอกตะปูได้ง่าย ไม่แตกหัก

ภาพที่ 2.8 ไม้อัดอิตาลี

(ที่มา : http://www.thaicarpenter.com)

5) ไม้อัดโอ๊ค ผลิตจากไม้อัดยางปิดผิวหน้าไม้ด้วยเยื่อไม้โอ๊คธรรมชาติเพื่อความสวยงาม ไม้แต่ละแผ่นจะมีลวดลายธรรมชาติที่ต่างกัน โดยเยื่อไม้โอ๊คจะมีสีอ่อน สว่าง แยกเป็นประเภทโอ๊คขาวและโอ๊คแดง ใช้เป็นส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ เป็นต้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2.9 ไม้อัดโอ้ค

(ที่มา : http://www.ptkwood.com/PRODUCT/ไม้อัดโอ้คธรรมชาติ-ตราบ้าน.html)

6) ไม้อัดแอช ผลิตจากไม้อัดยางปิดผิวด้วยเยื่อไม้แอชธรรมชาติเพื่อความสวยงาม มีทั้งลายเส้นและลายภูเขา โดยไม้อัดแต่ละแผ่นจะมีลวดลายธรรมชาติที่ต่างกัน เป็นไม้อัดที่เน้นสีออกไปทางนวลเหลือง เหมาะกับการนำมาตบแต่งภายใน เป็นส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ เป็นต้น

ภาพที่ 2.10 ไม้อัดแอช

(ที่มา : http://www.ptkwood.com/PRODUCT/ไม้อัดแอชธรรมชาติ-ตราบ้าน.html)

2.2.2 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มอก. 178-2549)

1) ความหนาและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.2

2) ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3

3) ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้งสองเส้นไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นสั้น

4) ความตรงของขอบ จะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ความหนา ความกว้าง ความยาว ของไม้อัด

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	
ระบุ	ความหนา	ความกว้างและความยาว
2.0	± 0.2	± 3.0
2.5	± 0.2	
3.0	± 0.2	
4.0	± 0.2	
5.0	± 0.2	
6.0	± 0.3	
7.0	± 0.3	
8.0	± 0.3	
9.0	± 0.3	
10.0	± 0.3	
12.0	± 0.4	
13.5	± 0.4	
15.0	± 0.5	
18.0	± 0.5	
20.0	± 0.6	
25.0	± 0.7	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 ขนาดความกว้าง ความยาว ความหนาของไม้อัดที่นิยมใช้

กว้าง x ยาว	ความหนา (มิลลิเมตร)						
4 x 8 ฟุต	4	5	6	8	10	15	20
3 x 6 ฟุต	4	5	6	-	10	-	-

บางโรงงานอาจผลิตไม้อัดขนาดต่างออกไปตามความต้องการของผู้ซื้อ เช่น ขนาด 6 x 10 ฟุต หรือขนาด 3 x 3 ฟุต โดยขนาดของไม้อัดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของไม้บางที่เตรียมมาและขนาดเครื่องอัดความร้อนไม้อัดทั้ง 3 ชั้น ความหนาของชั้นกลางมักจะไม่เกินร้อยละ 60 ของความหนาทั้งหมด ส่วนไม้อัดที่เกินกว่า 3 ชั้น ไม้หน้าและไม้ชั้นอื่นๆที่มีแนวเสี้ยนไปในทางเดียวกัน จะมีความหนารวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 แต่ไม่เกินร้อยละ 65 ของความหนาของแผ่นไม้อัด

2.2.3 คุณภาพหรือเกรดของไม้อัด (มอก. 178-2549)

แผ่นไม้อัดแต่ละประเภทแบ่งชั้นคุณภาพตามลักษณะของไม้บางที่ทำเป็นหน้าไม้และหลังไม้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชั้น โดยพิจารณาแต่ละด้านภายหลังที่ได้ทำเป็นแผ่นไม้อัดแล้ว

1) ชั้นคุณภาพ 1 ไม้อัดที่มีขนาดและความหนาได้มาตรฐาน มีผิวหน้าเรียบสวย สามารถใช้ในงานแสดงผิวไม้ได้ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการแสดงผิวหน้าไม้

2) ชั้นคุณภาพ 2 ไม้อัดที่มีขนาดและความหนาได้มาตรฐาน และมีผิวหน้าค่อนข้างเรียบ สามารถใช้ในงานแสดงผิวไม้ได้ เหมาะสำหรับงานที่ไม้ควรทาสีทับหรือปิดทับผิวหน้าไม้

3) ชั้นคุณภาพ 3 ไม้อัดที่อาจมีขนาดความหนาไม้ได้ตามที่ระบุไว้ ผิวหน้าเรียบพอสมควร หรือบางครั้งอาจเรียบสวยเพียงแค่ด้านเดียว

4) ชั้นคุณภาพ 4 เหมาะสำหรับงานที่ผิวหน้าไม้ที่ไม่มีความสำคัญ

2.2.4 ส่วนประกอบของไม้อัด (มอก.178-2549)

1) ไม้หน้า ไม้หลัง

2) ไม้ไส้ เป็นไม้บางที่เป็นชั้นของไม้ไส้ อาจมีการต่อปลายหรือไม่ก็ได้ และอาจมีตำหนิเปิดโพรง รอยเหลี่ยมหรือรอยพับได้ ตำหนินี้ต้องไม่ทำให้แผ่นไม้อัดเป็นคลื่น หรือทำให้เสียความเรียบของผิวหน้าที่ต้องการทาสีหรือทาน้ำมัน แผ่นไม้อัดที่ใช้ไม้บางคุณภาพ 1 หรือ 2 เป็นหน้าไม้ ตำหนิหรือโพรงของไม้ไส้ที่ติดกับไม้หน้าต้องไม่มี แต่ในชั้นอื่นยอมให้มีได้ แต่ขนาดไม่เกิน 2.5 มิลลิเมตร และต้องไม่มีรอยเหลื่อมหรือรอยพับ

3) กาว ควรเป็นไปตาม มอก.360-2530 และอาจมีสารอื่นเช่นตัวเร่งแข็ง ตัวผสมตัวอุด ประกอบอยู่ด้วย (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530)

2.2.5 กรรมวิธีการผลิตไม้อัด (มอก.178-2549)

1) การผลิตเริ่มจากการแปรรูปวัตถุดิบขาเข้า ซึ่งการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดสามารถเลือกใช้ไม้ได้หลากหลายชนิดรวมถึงการใช้ไม้ติดเปลือก เริ่มกระบวนการโดยนำซุงมาทำการเปิดปีกไม้ โดยใช้เครื่องเลื่อยสายพาน คือ การตัดเปลือกนอกออก ให้เหลือเนื้อไม้ตามหน้าตัดซุง เป็นสี่เหลี่ยม

ภาพที่ 2.11 ไม้ซุง

(ที่มา: http://hexigonholdings.com/pdf/Plywood_Teak_Wood.pdf)

2) ส่งซุงเข้าต้ม เพื่อให้ไม้นิ่ม และดำเนินการสไลด์ตามแนวยาวตามขนาดท่อนซุงออกมาเป็นแผ่นเยื่อไม้บางๆ (เยื่อไม้) ความหนาอยู่ที่ประมาณ 3 - 5 มิลลิเมตร การผลิตแผ่นใยไม้อัดจำเป็นต้องมีความพิถีพิถันในคุณภาพของเส้นใยไม้ที่นำมาใช้ โดยปกติมักใช้ไม้ท่อนขนาดเล็กที่มีขนาดต่ำกว่า 6 นิ้ว และเป็นไม้ชนิดเดียวกัน

ภาพที่ 2.12 แผ่นเยื่อไม้

(ที่มา : http://hexigonholdings.com/pdf/Plywood_Teak_Wood.pdf)

3) นำเยื่อไม้ที่ได้ผ่านเครื่องตัดเพื่อตัดริมขอบเยื่อไม้ให้เป็นเส้นตรง และตัดความยาวที่เกินมากไป

ภาพที่ 2.13 ตัดริมขอบเยื่อไม้

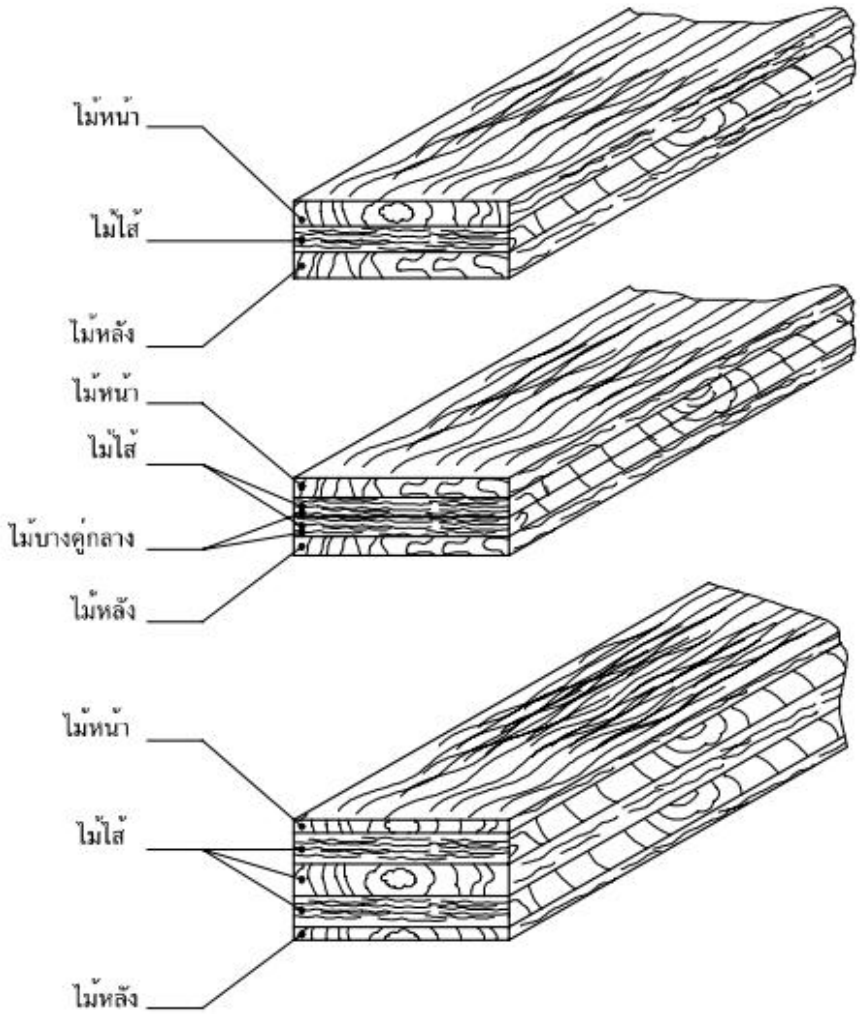
(ที่มา : http://hexigonholdings.com/pdf/Plywood_Teak_Wood.pdf)

4) นำเยื่อไม้ที่ตัดริมมาเย็บให้ติดกันโดยใช้กระดาษกาวสำหรับติดเยื่อไม้หรืออาจใช้เครื่องเย็บเยื่อไม้ ที่เป็นลักษณะใช้เส้นกาวเย็บแทนเส้นด้ายจนได้หน้ากว้างประมาณ 1,240 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 2,455 มิลลิเมตร

ภาพที่ 2.14 เย็บเยื่อไม้

(ที่มา : http://hexigonholdings.com/pdf/Plywood_Teak_Wood.pdf)

5) การประกอบไม้บางเป็นแผ่นไม้อัด ให้แนวเสี้ยนของไม้บางแต่ละชั้นที่อยู่ติดกันตั้งฉากกันในกรณีที่แผ่นไม้อัดประกอบด้วยชั้นไม้บางจำนวนคู่ ให้แนวเสี้ยนบางคู่กลางอยู่ในทางเดียวกัน แผ่นไม้อัดจะต้องเป็นการประกอบสมดุล และใช้ไม้ที่มีคุณลักษณะเฉพาะใกล้เคียงกัน ทำด้วยวิธีเดียวกันคือเป็นไม้บางปอกด้วยกันหรือเป็นไม้บางฝานด้วยกันควรให้ด้านแน่นของไม้บางทั้งไม้หน้าและไม้หลังอยู่ด้านนอก ต้องไม่มีกระดาษกาวติดอยู่ที่ผิวหน้าของแผ่นไม้อัด แผ่นไม้อัดที่มีความหนาตั้งแต่ 10 มิลลิเมตรขึ้นไป ต้องทำด้วยไม้บางไม่น้อยกว่า 5 ชั้น โดยการติดกาวระหว่างไม้บางแต่ละชั้นต้องติดแน่นสม่ำเสมอทั่วแผ่น และต้องไม่มีส่วนใดหลุดล่อนหรือโป่งขึ้น



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างแนวเสี้ยนไม้บางแต่ละชั้น

(ที่มา: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/028/6.PDF)

6) นำเยื่อไม้ที่ได้ ทากาวลาเท็กซ์อุตสาหกรรม นำมาวางเป็นชั้นๆ สลับลายตามแนวขวางลายและตามแนวขนานลาย โดยที่ต้องวางสลับลายระหว่างชั้นเช่นนี้ เพื่อให้เกิดการดึงตัวระหว่างผิวภายในที่เท่ากันทั้ง 2 ด้าน ไม่ให้เกิดการบิดตัวโก่งงอ เมื่อทำเป็นแผ่นสำเร็จ) นำเยื่อไม้ที่วางเสร็จแล้ว ขึ้น Hot Press (เครื่องอัดแรงดันสูง เครื่องนี้จะเป็นเครื่องอัดทับขนาดใหญ่ที่มีแผ่นความร้อนถ่ายผ่านจากบอยล์เลอร์เข้ามา ปรับตั้งอุณหภูมิได้เกิน 100 องศาขึ้นไป) อัดทับลงไป เพื่อให้แผ่นเยื่อไม้อัดประสานติดกันพร้อมเนื้อกาว

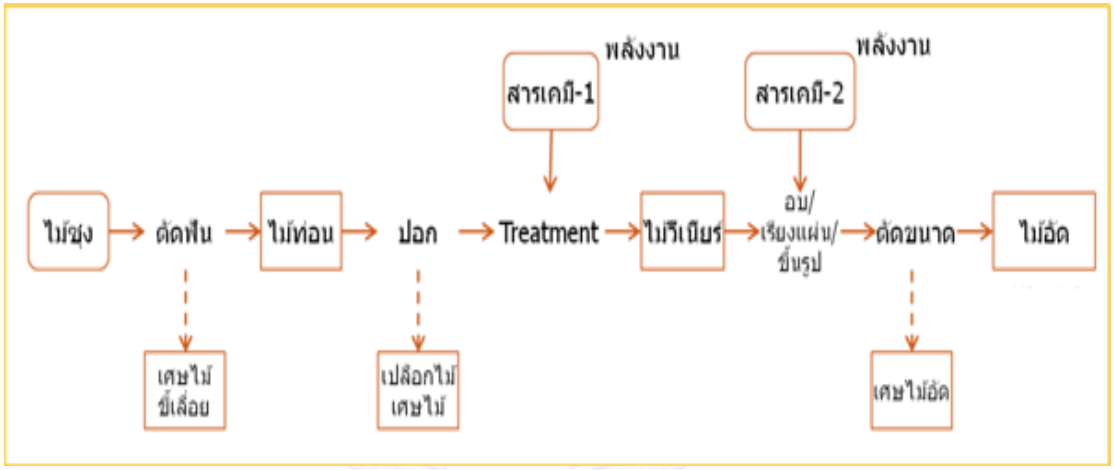
ภาพที่ 2.16 เครื่องอัดไม้อัดแรงดันสูง

(ที่มา: http://www.tbrplywood.com/index.php/2012-09-07-06-08-36/82-2012-10-30-04-40-32)

7) หลังจากเข้าเครื่องอัดแล้ว ก็จะได้แผ่นไม้อัดจากนั้นนำไปตัดให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน เมื่อตัดได้ขนาดแล้วก็จะนำไม้อัดไปขัดผิวที่เครื่องขัดกระดาษทรายสายพาน โดยการผลิตส่วนใหญ่เป็นแบบอัตโนมัติ มีพนักงานควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ตรวจสอบและคัดคุณภาพสินค้า ขนส่งและลำเลียงผลผลิตไปยังตำแหน่งต่างๆ ในสายการผลิต

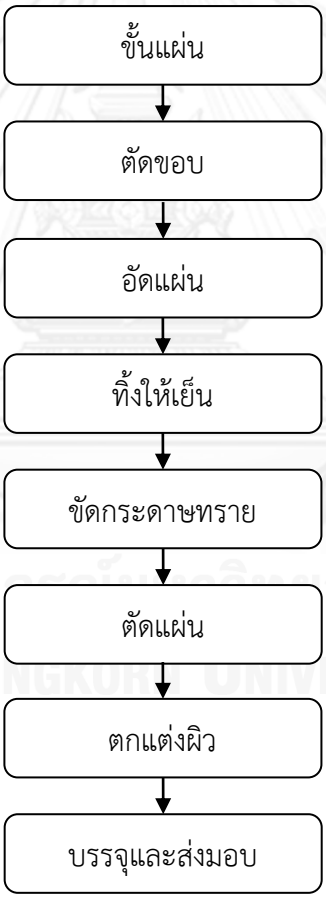
ภาพที่ 2.17 เครื่องตัดไม้อัด

(ที่มา: http://www.tbrplywood.com/index.php/2012-09-07-06-08-36/82-2012-10-30-04-40-32)



ภาพที่ 2.18 เส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มไม้อัด

(ที่มา: http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=item&id=235)



ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนการผลิตชิ้นไม้อัด

(ที่มา: http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=item&id=235)

2.2.6 คุณสมบัติของไม้อัด

1) คงรูปได้ดี (Dimensional Stability) คือ ถึงแม้ว่าสภาพอากาศจะเปลี่ยนแปลงไป ไม้อัดก็ยังคงรูปอยู่ได้ไม่เหมือนกับไม้แปรรูปซึ่งจะมีการยืดหด พิจารณาประเภทไม้อัดได้ 2 กรณีดังนี้ (แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ, 2520)

- ไม้อัด 3 ชั้น มีอัตราการยืดหดตัวตามขวางต่อความยาวประมาณ 1.5 ส่วน
- ไม้อัดมากกว่า 3 ชั้นมีอัตราการยืดหดตัวตามขวางต่อความยาว 1.2 ส่วน
- ไม้แปรรูปจะมีการยืดหดตัวมากกว่าไม้อัดถึง 25 เท่า ส่วนการบวมหรือพองตัว (Swelling) นั้น ไม้อัดจะมากกว่าไม้แปรรูป 1.5 เท่า

2) เป็นสื่อความร้อนที่เลว (Low Conductivity of heat) เนื่องจากไม้อัดมีความหนาแน่นต่ำ ความร้อนจึงถ่ายเทได้รวดเร็ว

3) เป็นตัวนำเสียงที่เลว (Low Sound Conductivity) เนื่องจากการเดินทางของเสียงในไม้อัดนั้นต้องผ่านชั้นต่างๆของไม้อัดซึ่งมีลักษณะลายไม้สลับกัน ดังนั้นเสียงจึงเดินทางได้ช้ากว่าไม้แปรรูป และมีคุณสมบัติในด้านเก็บเสียงสะท้อน (Acoustic Properties) ได้ดีกว่าไม้แปรรูป

4) ดูดความชื้นได้น้อย เพราะการดูดความชื้นจะมีอยู่เฉพาะชั้นผิวหน้านั้น ยิ่งประกอบด้วยไม้บางหลายชั้น จะยิ่งดูดความชื้นได้น้อยลง

5) ง่ายต่อการประกอบ ไม้อัดจะเบากว่าไม้แปรรูปทำให้การเคลื่อนย้ายหรือขนส่งได้สะดวก และไม้อัดสามารถตอกตะปูได้ชิดริมโดยไม้ไม่แตก

6) ความสวยงาม ไม้อัดมีความสวยงาม มีความเรียบและความหนาสม่ำเสมอ

7) ความแข็งแรง โดยทั่วไป ไม้อัดจะมีความแข็งแรงมากกว่าไม้แปรรูปที่เป็นไม้ชนิดเดียวกัน ขนาดอายุการใช้งานและความชื้นเท่ากัน ความแข็งแรงของไม้อัดนี้มีความสำคัญมากเกี่ยวกับการก่อสร้าง ไม้อัดจะมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่นำมาผลิต เกรดของไม้บาง จำนวนชั้นที่ประกอบ และประสิทธิของกาวที่นำมาใช้

8) การดูดสี เนื่องจากไม้อัดดูดความชื้นได้น้อยกว่าไม้แปรรูป ดังนั้นไม้อัดจึงดูดสีได้น้อยกว่า และเนื่องจากผิวหน้าของไม้อัดเรียบสม่ำเสมอทั้งแผ่นจึงทำให้การทาสีง่าย

2.2.7 ประโยชน์ของไม้อัด (แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ, 2520)

1) ใช้ในงานวัสดุก่อสร้าง

2) ใช้ในโรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ ใช้บรรจุของ เป็นต้น

3) ใช้ประกอบพาหนะ เช่น ตู้รถไฟ เป็นต้น

4) ใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงแต่งผิวหน้าให้สวยงาม

2.2.8 เครื่องหมายและฉลาก (มอก.178-2549)

ที่แผ่นไม้อัดทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1) คำว่า “แผ่นไม้อัด”

2) ประเภท โดยแสดงคำว่า “ภายนอก” หรือ “ทนความชื้น” หรือ “ภายใน” หรือ “ชั่วคราว”

3) ชั้นคุณภาพ แสดงเป็นเลขอารบิก ตัวเลขหน้าแสดงชั้นคุณภาพของไม้หน้า ตัวเลขหลังแสดงชั้นคุณภาพของไม้หลัง โดยมีเครื่องหมาย / คั่นกลาง เช่น ½

4) ขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) เป็นมิลลิเมตร

5) ข้อความหรือรหัสแสดง เดือน ปี ที่ทำหรือรุ่นที่ทำ

6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

2.2.9 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ไม้

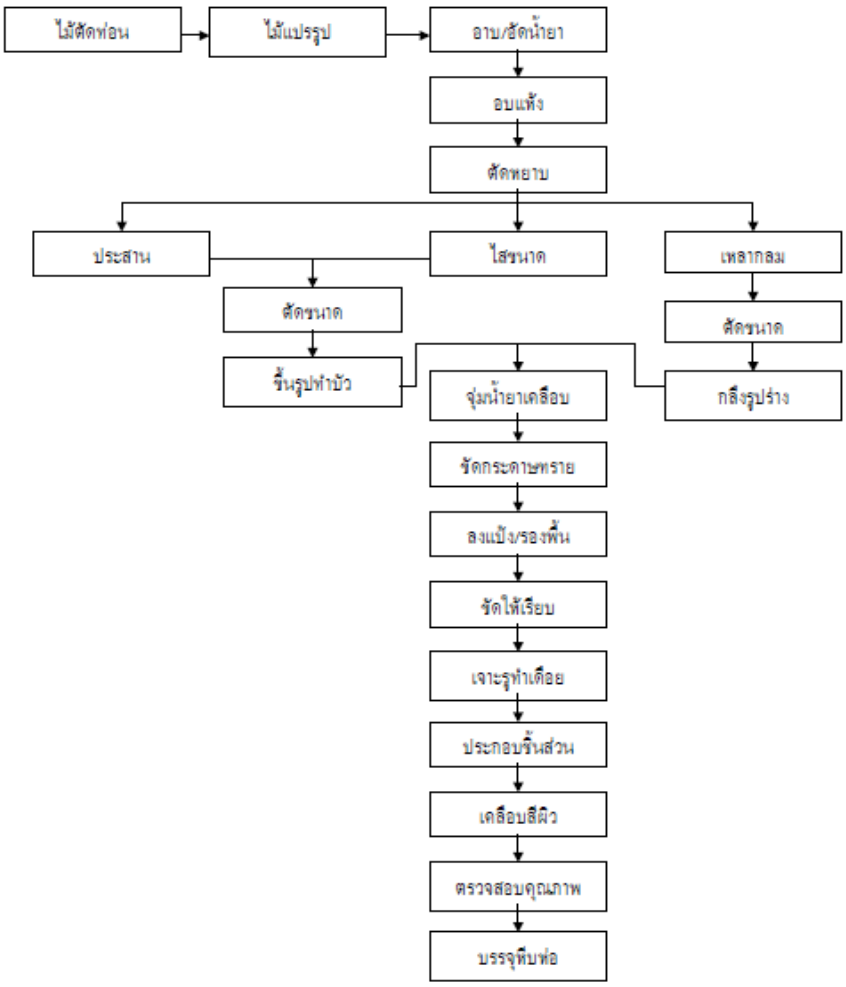
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์จากไม้ดังสรุปในภาพที่ 2.20 และภาพที่ 2.21 โดยขั้นตอนการผลิตเริ่มจากวัตถุดิบ โดยจะมีการดำเนินการทั้งสองด้าน ดังนี้

- การคัดเลือกไม้แปรรูปที่มีคุณสมบัติเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต
- การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับวัตถุดิบและไม้แปรรูปที่มี

การผลิตในระดับอุตสาหกรรมในประเทศ มีทั้งแบบการรับจ้างผลิตสินค้ารูปแบบต่างๆ ตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และการผลิตสินค้าที่ออกแบบเอง

ภาพที่ 2.20 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

(ที่มา : http://woodworkinginthai.blogspot.com/2013/08/blog-post_6419.html)



ภาพที่ 2.21 ขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

(ที่มา : โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา สาขาไม้และเครื่องเรือน คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ไม้ที่นำเข้าสู่สายการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ เป็นไม้ที่ผ่านการอบแห้งและอาบน้ำยาถนอมเนื้อไม้เบื้องต้นมาแล้วและพร้อมนำเข้าสายการผลิต การผลิตโดยส่วนใหญ่ต้องอาศัยการไสไม้โดยเครื่องไสไม้เพื่อให้มีผิวหน้าเรียบ การตัดไม้โดยเลื่อยไฟฟ้าให้ได้ขนาดตามต้องการ การกลึงโดยเครื่องกลึง การเซาะขึ้นรูปโดยเครื่องกัดเซาะร่องไม้ (Router) และการขัดผิวหน้าด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย ในบางกรณีอาจมีการดัดไม้โดยใช้ความร้อนเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่โค้งรับกับสัดส่วนที่ต้องการเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้ มีหลายระดับ ตั้งแต่เครื่องมืออย่างง่ายที่หาซื้อได้จากร้านค้าทั่วไป เครื่องจักรกลเบา (Light machine tools) อาทิ เครื่องกลึง เลื่อย สว่าน เครื่องกัด ไปจนถึงเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับงานไม้ เช่นเครื่อง CNC ขึ้นกับปริมาณการผลิต ระดับของสินค้าที่ผลิต และขนาดของกิจการ การควบคุมขนาด สีและลวดลายของชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะนำมาประกอบกันเป็นผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการควบคุมขนาด มีวิธีการตั้งแต่ การทำไปวัดไป การวัดด้วย

เทปวัด การใช้ Jig & Fixture อย่างง่ายที่เตรียมขึ้นโดยการใช้เศษไม้ที่มีอยู่ ไปจนถึงการใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบและผลิต Jig & Fixture การวัดขนาด การคัดแยกชิ้นงานโดยใช้เครื่องมือชั้นสูง เช่นเลเซอร์ ระบบประมวลภาพอัตโนมัติ เป็นต้น อย่างไรก็ดีการผลิตในขั้นตอนนี้ มีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันคือ การผลิตชิ้นส่วนให้มีรูปร่างตามต้องการโดยการดึงวัสดุส่วนเกินออกจากวัตถุดิบที่มีขนาดเริ่มต้นใหญ่กว่าขนาดของชิ้นงานที่ต้องการ (Extractive processing) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ก่อให้เกิดฝุ่นไม้และเสียง โดยการเกิดฝุ่นและเสียงจะมากหรือน้อยขึ้นกับเทคนิคการตัดที่เลือกใช้ ประสิทธิภาพของเครื่องมือ และประสิทธิภาพในการควบคุม หลังจากได้ชิ้นส่วนตามต้องการ

ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการประกอบชิ้นส่วนเป็นตัวสินค้า ขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่ใช้แรงงานคน หรือเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ และอาจมีการใช้เครื่องช่วยในการประกอบ โดยการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน มีการใช้เทคนิคที่หลากหลาย ตั้งแต่การใช้ตะปูหรือสกรูโลหะ การใช้แผ่นประกบ การใช้ลิ้นและเดือยไม้หรือโลหะ การต่อแบบเข้าลิ่มและอัดกาว และการต่อแบบผสมผสานรูปแบบต่างๆ โดยเป้าหมายหลักของการต่อคือการทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ประกอบเข้ารูปกันได้ลงตัว ได้ขนาดและรูปลักษณ์ตามที่ต้องการ มีความแข็งแรงได้ตามมาตรฐาน และมีความคงทนสามารถนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้โดยไม่ก่ออันตรายต่อผู้ใช้ กาวที่ใช้ในผลิตเฟอร์นิเจอร์มีทั้งแบบกาวที่ได้จากวัสดุธรรมชาติและกาวสังเคราะห์ กาวบางชนิดอาจมีส่วนผสมของสารละลาย (Solvent) ในเนื้อกาว บางชนิดมีการควบคุมการแข็งตัวโดยใช้สารเร่งการแข็งตัว (Hardener) และบางชนิดอาศัยความร้อนหรือ *แสง*อัลตร้าไวโอเล็ต (ยูวี) ในการทำให้กาวแข็งตัว (Curing) การเลือกใช้กาวแต่ละชนิด ขึ้นกับสินค้าที่ผลิตและลักษณะของผู้ประกอบการ

เมื่อประกอบชิ้นส่วนเป็นสินค้าเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการตกแต่งผิวหน้าและปิดร่องรอย โดยทั่วไปจะใช้วิธีการที่ไม่แตกต่างกันมาก ประกอบด้วยการเตรียมผิวหน้า ทำโดยการขัดกระดาษทราย ทั้งแบบขัดด้วยมือและขัดโดยใช้เครื่องขัด และการอุดรอยที่เกิดจากการประกอบไม่ได้ขนาด และ/หรือ มีตำหนิขนาดใหญ่บนผิวหน้าชิ้นงาน จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการย้อมสี การขัดเคลือบเงา และการตกแต่งผิว โดยหลังเสร็จสิ้นในแต่ละขั้นตอนอาจต้องมีการขัดกระดาษทรายซ้ำเพื่อลบเสี้ยนไม้ที่กระดก/พองตัวขึ้น ก่อนเข้าสู่การลงสี ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี แต่สำหรับสินค้าที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ จะใช้วิธีการพ่น ในพื้นที่ควบคุมฝุ่น เพื่อป้องกันฝุ่นละอองจากอากาศ ติดบนผิวหน้าชิ้นงาน

2.2.10 ปัจจัยสนับสนุนสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัด (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2549)

1) วัตถุดิบหลักได้แก่ ชิ้นไม้ เศษไม้ และไม้ยางพารา สำหรับผลิตแผ่นใยไม้อัดและปาร์ติเกิลบอร์ด มีเพียงพอกับความต้องการใช้ของอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ประกอบกับภาครัฐมีนโยบายขยายพื้นที่ปลูกไม้ยางพาราทั่วประเทศ เพื่อรองรับความต้องการวัตถุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

2) อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของไทยเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำที่มีขนาดใหญ่และสินค้าเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ จึงมีความต้องการใช้ไม้อัดเพื่อเป็นวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งไม้ยางพาราของไทยมีคุณภาพดี และเนื้อไม้มีสีอ่อนเมื่อเทียบกับไม้ยางของประเทศอินโดนีเซียหรือมาเลเซีย ทำให้สามารถย้อมสีได้ง่ายจึงเหมาะต่อการนำไปผลิตเฟอร์นิเจอร์

3) ผู้ประกอบการไทยมีเทคโนโลยีการผลิตสูง รวมถึงแรงงานไทยมีความชำนาญและมีความประณีตสูง โดยเฉพาะไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด และไม้ Medium Density Fiberboard (MDF) ซึ่งเป็นไม้ที่ได้จากการนำกิ่งก้านของไม้ยางพาราไปสับให้เป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนได้เส้นใยไม้ จากนั้นนำไปผสมกับกาวเพื่อให้เส้นใยไม้ยึดเกาะกัน แล้วนำไปอัดด้วยความดันสูงเพื่อให้ติดกันเป็นแผ่นและอบแห้งในขั้นตอนสุดท้าย

2.2.11 ปัจจัยเสี่ยงสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัด (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2549)

1) ตลาดส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่สำคัญ อาทิ สหรัฐฯ ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้ในการผลิตไม้อัด ตามกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเรื่องห้ามนำเข้าผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้สารกลุ่ม Arseric (สารหนู) เคลือบผิวไม้เพื่อป้องกันการผุกร่อนของเนื้อไม้และป้องกันแมลงทำลายไม้ ทำให้การผลิตไม้อัดมีต้นทุนเพิ่มขึ้นในการหาสารเคลือบไม้ธรรมชาติมาทดแทน และในกรณีของสหภาพยุโรปมีมาตรการอื่นๆที่เป็นการปฏิบัติตามความสมัครใจของผู้ผลิต อาทิ การไม่ใช้วัตถุดิบไม้ที่มาจากป่าธรรมชาติในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ และการติดฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อมเพื่อแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากนี้ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมตลอดอายุผลิตภัณฑ์

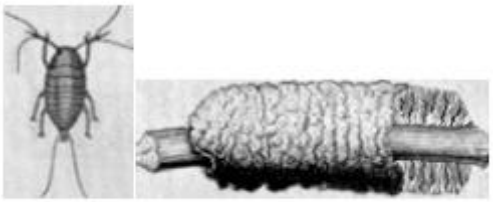
2) ต้นทุนการผลิตด้านค่าจ้าง ค่าพลังงาน ราคาวัตถุดิบ เนื่องจากอัตราภาษีนำเข้าวัตถุ เช่น กาว สีเคลือบ สารเคมี สูงกว่าประเทศคู่แข่ง

3) ปัจจุบันภาษีนำเข้าไม้อัดในเขตการค้าเสรีอาเซียนลดเหลือเพียงร้อยละ 5 จูงใจให้มีการนำเข้ามากขึ้น

2.3 เชลแล็ก (Shellac)

เชลแล็ก (Shellac) เป็นสารพอลิเมอร์ตามธรรมชาติซึ่งได้จากสารคัดหลั่งจากแมลงครั่ง (Laccifer lacca) นำมาผ่านกระบวนการทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น แบ่งได้หลายประเภท หากแบ่งตามความบริสุทธิ์พบว่าแบ่งได้ 3 ประเภท (Chatfield H.W, 1953) คือ

- ครั่งดิบ (Sticklac)
- ครั่งเม็ด (Seedlac)
- เชลแล็ก (Shellac)



ภาพที่ 2.22 แมลงครั่ง (Laccifer lacca)

(ที่มา : http://www.ncwood.org/Shellacเปอร์เซ็นต์20handout.pdf)

เชลแล็กสามารถนำมาใช้ในงานด้านต่างๆมากมาย เนื่องจากเป็นสารที่มีสมบัติที่เด่นในความสามารถในการซึมผ่านน้ำ (Water permeability) ที่ต่ำมาก และความเงางามของผิววัสดุที่เคลือบ นำมาใช้งานสะดวก ดังนั้นเชลแล็กจึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากมายได้แก่ อุตสาหกรรมไม้ เช่นการเคลือบผิวเนื้อไม้ การทำเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้รับรองว่าเชลแล็กเป็นสารที่มาจากธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสุขภาพเลยอนุมัติให้ใช้งานเชลแล็กในการเคลือบลูกกวาด ยา ผลไม้และเฟอร์นิเจอร์สำหรับเด็ก เนื่องจากตัวทำละลายแอลกอฮอล์ไม่เป็นอันตรายเหมือนตัวทำละลายของแลกเกอร์ (ทินเนอร์) โดยจะไม่เป็นอันตรายจนกว่าจะดื่มหรือหายใจในปริมาณที่มากเกินไป

2.3.1 กระบวนการผลิตเชลแล็ก

ประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงแมลงครั่งมากในแถบภาคเหนือตอนบน เช่น ลำปาง ลำพูน น่าน เป็นต้น รวมถึงแถบภาคเหนือตอนล่าง เช่น กำแพงเพชร นครสวรรค์ โดยครั่งที่เก็บได้จากต้นไม้จะเรียกว่าครั่งดิบ ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ เรซิน ขี้ผึ้ง สี ซากตัวครั่ง และสารต่างๆ โดยการทำเชลแล็กเริ่มจากชาวบ้านนำครั่งไปปล่อยที่ต้นไม้ราวเดือนธันวาคม โดยต้นไม้ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงครั่งคือ ต้นไม้ในวงศ์เลกูมิโนซี (Leguminosae) เช่น ต้นก้ามปู ต้นถั่วอินเดีย ต้นกระถิ่นยักษ์ เป็นต้น โดยต้องคำนึงถึงปฏิกิริยาของน้ำเลี้ยงและความหนาแน่นของน้ำเลี้ยง เนื่องจากต้นไม้ที่มีขนาดเล็กหรือไม่แข็งแรงเพียงพอ เมื่อมีแมลงครั่งไปทำรังมากเกินไป ต้นไม้อาจจะตายได้ (อุดม จิรเศวตกุล และ นิพนธ์ เดชะ, 2553)

หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าครั่งเกาะต้นไม้ติดในช่วงราวเดือนมีนาคม ตัวอ่อนจะเจริญอยู่บนต้นไม้ใช้ปากเจาะเข้าไปในกิ่งของต้นไม้เพื่อดูดน้ำเลี้ยงจากกิ่งไม้เป็นอาหารจากนั้นจะปล่อยสารคัดหลั่งออกมาเพื่อห่อหุ้มตัวเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก สารคัดหลั่งที่ได้จะมีลักษณะเหนียว นิ่ม สีเหลืองทอง เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะติดแน่นอยู่ที่กิ่งไม้ มีสีแดงคล้ำค่อนข้างดำ โดยต้นไม้จะมีลักษณะเป็นปุ่มสีแดงตามกิ่งไม้ที่ปล่อยคลั่งไป เมื่อเวลาผ่านไปเรซินที่เกิดขึ้นจะค่อยๆหนาขึ้น และหนาเต็มที่พร้อมตัดออกได้ในช่วงเดือนสิงหาคม โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี โดยอุณหภูมิสูงมากเกินไปก็จะทำให้เรซินหลอมและมีผลทำให้คลั่งที่อยู่ภายใน

ตาย หรือถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็จะทำให้คลั่งเจริญเติบโตได้ช้าเช่นกัน และนอกจากนี้หากปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไปจะทำให้คลั่งภายในตายได้ การเก็บเกี่ยวจะเริ่มจากเดือนสิงหาคม ส่วนที่จะใช้ในการแพร่พันธุ์ต่อก็จะไม่เก็บเกี่ยวแต่จะปล่อยคลั่งไว้ที่ต้นไม้จนเติบโตเต็มที่ แล้วจึงนำฟางมาหุ้มและตัดในเดือนธันวาคมเพื่อนำไปแขวนที่ต้นไม้ต้นอื่นต่อไป (สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ มานี เหลืองธนะอนันต์ และ สาธิต พุทธิพิพัฒน์ขจร, 2545)

โดยช่วงการเก็บจะส่งผลต่อความชื้นของเรซิน หากเก็บในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ จะมีค่าความชื้นต่ำกว่าเดือนสิงหาคม เมื่อเก็บเรซินเรียบร้อยแล้วก็จะนำมาแปรรูปที่โรงงานโดยชาวบ้านจะนำสารที่ตัดจากกิ่งไม้มาขายที่โรงงานโดยตรงหรือผ่านพ่อค้าคนกลางที่จะไปรับซื้อมาจากหมู่บ้าน ลักษณะของสารตอนนี้จะมีลักษณะเป็นก้อนสีดำหุ้มอยู่ที่เปลือกไม้หรือเป็นก้อนสีดำที่ชาวบ้านกะเทาะออกจากเปลือกไม้แล้ว โดยจะเรียกสารในขั้นตอนนี้ว่า ครั่งดิบ (Stick lac) ดังภาพที่ 2.24 ซึ่งเป็นครั่งที่แกะหรือขูดออกจากกิ่งของต้นไม้ ในครั่งดิบนี้ยังมีสิ่งเจอปน เช่น สีครั่ง ขี้ผึ้ง ซากแมลงครั่งและเศษกิ่งไม้ โดยมีสัดส่วนองค์ประกอบดังตารางที่ 2.4 ราคาของครั่งดิบจะขึ้นกับปริมาณไม้ที่ปะปนอยู่

หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปโดยกะเทาะเอาเศษไม้ออกก่อนด้วยมือ แล้วนำไปบดหยาบและบดละเอียดอีกครั้งเพื่อนำมาแยกสิ่งเจือปนออก แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเพื่อแยกเศษไม้ นำสารที่บดได้มาลำเลียงเข้าเครื่องล้างที่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงไปจะได้ครั่งน้ำสีแดง ซึ่งจะนำไปย้อมผ้าได้ โดยทำการล้างครั่งจนกระทั่งน้ำใส จากนั้นนำครั่งเม็ดที่ได้ออกมาตากแห้งบนลานปูน โดยต้องมีการเกลี่ยให้เป็นระยะเพื่อให้ครั่งดิบ แห้งอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการทำให้แห้งนั้นสามารถใช้การอบโดยใช้เครื่องอบแห้งก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการใช้เครื่องอบแห้งไม่ดีเท่าวิธีตากแห้งบนลานปูน หลังจากทำให้คลั่งดิบแห้งแล้วนำมาเข้าเครื่องแยกขนาดโดยมีจุดประสงค์เพื่อความสะดวกในการแยกเศษไม้ที่ตกค้างจะแยกได้เป็น 3 ขนาด โดยสารในแต่ละจะถูกส่งเข้าเครื่องปั่นเพื่อให้เศษไม้และฝุ่นแยกกัน 3 เครื่อง หลังจากนั้นนำสารที่แยกได้ทั้ง 3 ขนาดมาผสมกันอีกครั้ง โดยจะเรียกสารที่ผ่านขั้นตอนมาจนถึงขั้นนี้ว่า ครั่งเม็ด (Seed lac) ดังภาพที่ 2.25 โดยขนาดของครั่งเม็ดควรประมาณ 10 เมช (mesh) และมีความชื้นประมาณร้อยละ 8 – 13 โดยมีสัดส่วนองค์ประกอบดังตารางที่ 2.4 หลังจากนั้นจะถูกลำเลียงบรรจุในถุงผ้า ให้ความร้อนจนครั่งหลอมเหลว บิดถุงผ้าให้แน่นจนเนื้อครั่งซึมออกจากถุงผ้า ใช้วัสดุปาดเนื้อครั่งที่ซึมออกมาใส่ในภาชนะที่อังด้วยไอน้ำ ความร้อนจากไอน้ำจะช่วยให้เนื้อครั่งอ่อนตัวลง นำเนื้อครั่งที่อ่อนตัวมายืดเป็นแผ่นบางๆ ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อครั่งเย็นตัวลงจะแข็งตัวกลายเป็นแผ่นบางๆ จากนั้นหักแผ่นครั่งออกเป็นชิ้นเล็กๆ สีน้ำตาลแดง เรียกว่า เชลแล็ก (Shellac) ดังภาพที่ 2.26 ซึ่งสามารถนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทไม้ได้ (ครั่งเม็ด 100 กรัม ผลิตเป็นเชลแล็กได้ประมาณ 87 กรัม)

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งหลังผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น (Sequeira V. and Bezkorowajnyj P.G., 1998)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	ครั่งดิบ (Sticklac)	ครั่งเม็ด (Seedlac)	เชลแล็ก (Shellac)
เรซินหรือยางครั่ง	68.0	88.5	90.9
ขี้ผึ้ง	6.0	4.5	4.0
สีครั่ง	10.0	2.5	0.5
กลูเตน	5.5	2.0	2.8
ความชื้น	4.0	2.5	1.8
สิ่งเจือปนอื่นๆ	6.5	-	-

ภาพที่ 2.23 ขั้นตอนการผลิตเชลแล็ก

ภาพที่ 2.24 ครั่งดิบ (Stick lac)

(ที่มา : http://www.bskoshellac.com/stick-lac.htm)

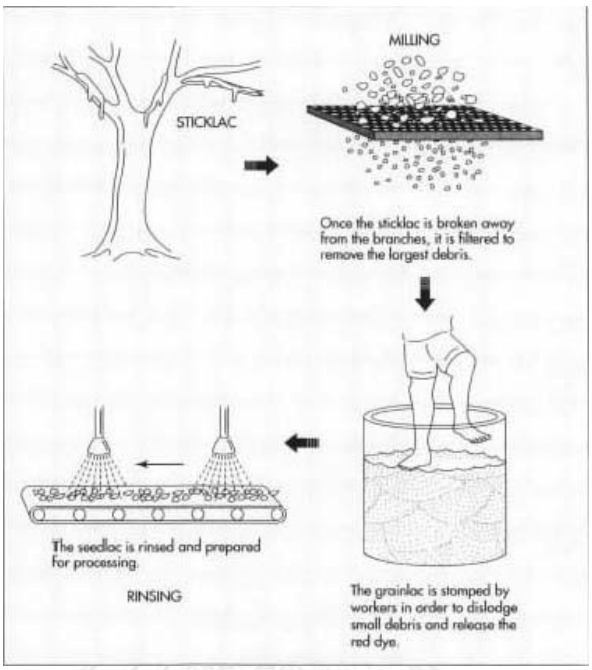
ภาพที่ 2.25 ครั่งเม็ด (Seed lac)

(ที่มา : http://www.bskoshellac.com/seedlac.htm)

ภาพที่ 2.26 เชลแล็ก (Shellac)

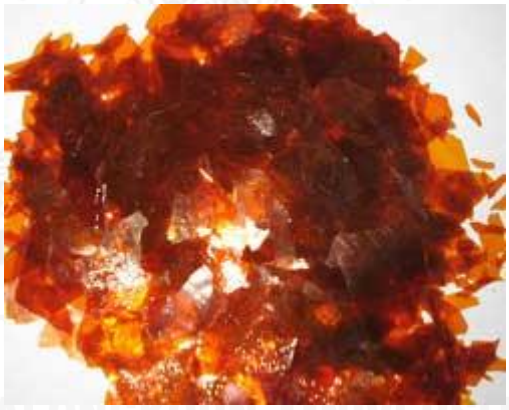
(ที่มา : http://www.wooden-box-maker.com/shellac.html)

โดยหากทำการแบ่งประเภทของเชลแล็กตามวิธีการผลิตพบว่า สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เชลแล็กที่ได้จากวิธีผลิตดั้งเดิม (Handmade) ดังภาพที่ 2.27 และภาพที่ 2.28 เชลแล็กที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machine-made) ดังภาพที่ 2.29 และภาพที่ 2.30 และเชลแล็กขาว (Bleached shellac) ดังภาพที่ 2.31 ในปัจจุบันการผลิตเชลแล็กทางการค้าเป็นการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ให้ความร้อน และกรองโดยใช้ความดันทำให้ครั่งมีความบริสุทธิ์มากขึ้นได้เป็นเชลแล็ก (Martin J., 1982)



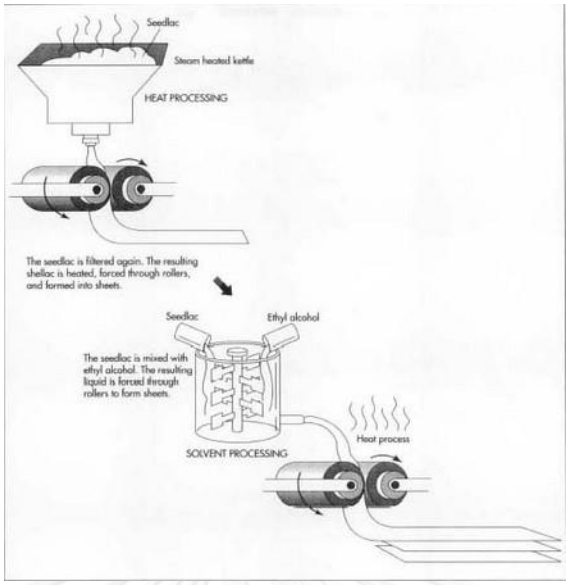
ภาพที่ 2.27 วิธีผลิตเชลแล็กดั้งเดิม (Handmade)

(ที่มา : http://www.enotes.com/shellac-reference/shellac)



ภาพที่ 2.28 เชลแล็กที่ได้จากวิธีผลิตดั้งเดิม (Handmade)

(ที่มา : http://www.bskoshellac.com/handmade-shellac.htm)



ภาพที่ 2.29 การผลิตเชลแล็กด้วยเครื่องจักร (Machine-made)
(ที่มา : http://www.enotes.com/shellac-reference/shellac)

ภาพที่ 2.30 เชลแล็กที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machine-made)
(ที่มา : http://www.bskoshellac.com/machine-made-shellac.htm)

ภาพที่ 2.31 เชลแล็กขาว (Bleached shellac)
(ที่มา : http://www.bskoshellac.com/dewaxed-shellac.htm)

เชลแล็กที่จำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันมีทั้งชนิดที่เป็นชนิดแผ่นและสารละลายโดยชนิดแผ่นนิยมบรรจุลงในถุงกระดาษสีน้ำตาลปิด มีการแบ่งจำหน่ายเป็นกิโลกรัม เมื่อซื้อมาแล้วควรเก็บไว้ในตู้เพื่อป้องกันความชื้นซึมเข้าไปในเชลแล็กดังกล่าว ซึ่งจะมีผลทำให้เชลแล็กจับกันเป็นก้อนๆ ถ้าเก็บไว้ในพื้นที่เหมาะสม เชลแล็กยังคงเป็นเม็ดหรือเป็นเกล็ดอยู่เมื่อนำไปใช้งานก็จะละลายในเมทิลแอลกอฮอล์ได้ง่าย แต่เชลแล็กที่อายุเกิน 3 ปี ก็จะละลายในเมทิลแอลกอฮอล์ได้น้อยลงเมื่อเทียบกับเชลแล็กใหม่เมื่อนำมาใช้งานก็จะแห้งช้าและเหนียวมากกว่าปกติ ส่วนเชลแล็กที่นำมาละลายในเมทิลแอลกอฮอล์แล้วจะเก็บได้มากที่สุดไม่เกิน 6 เดือนและควรเก็บในสถานที่ที่เย็น มืด ความชื้นต่ำ (ดำเนิน คงพาลา, 2548) ส่วนเชลแล็กชนิดสารละลายคือการนำเชลแล็กชนิดแผ่นมาละลายในแอลกอฮอล์จะได้สารละลายเชลแล็กที่เรียกว่า เชลแล็กวานิช ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เชลแล็กวานิชที่มีสีตามธรรมชาติ เชลแล็กวานิชที่ฟอกขาว และเชลแล็กวานิชแต่งสี (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550)

ภาพที่ 2.32 เชลแล็กที่จำหน่ายในท้องตลาด

(ที่มา : http://www.thaicarpenter.com)

2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเชลแล็ก

เชลแล็กเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากแมลงที่มีคุณสมบัติคล้ายกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพอลิเมอร์ที่เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อนหรือความดันแล้ว ผลิตภัณฑ์จะนำไปหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ (Pearnchob N. and Bodmeier R., 2003) องค์ประกอบหลักของเชลแล็ก ดังแสดงในตาราง 2.4 มีส่วนของเรซินร้อยละ 90.9 เมื่อพิจารณาในส่วนของเรเซินพบว่าจะประกอบด้วยเรซินแข็ง (hard resin) ซึ่งเป็นโพลีเอสเตอร์ (Polyesters) สายสั้นๆ และส่วนของเรซินอ่อน (soft resin) ซึ่งประกอบด้วยเอสเตอร์โมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เมื่อนำส่วนของเรซินมาทำการไฮโดรไลซิสจะพบว่ามีกรดไขมันอยู่หลายชนิด ได้แก่ กรดอะเลอริติก (Aleuritic acid) กรดเทอร์พีนิก (Terpenic acid) และกรดแลกซิจาร์ลาริก (Laccijlaric acid) (มานี เหลืองธนะอนันต์ สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ และ เฉลิมพล วนวงศ์ไทย, 2548) ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเชลแล็ก พบว่าเชลแล็กมีความถ่วงจำเพาะ 1.143 – 1.207 มีจุด

หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 77 – 90 องศาเซลเซียส ค่าดัชนีหักเหอ้างอิงที่ 20 องศาเซลเซียส 1.5210 – 1.5272

2.3.3 ตัวทำละลายของเชลแล็ก

เชลแล็กมีลักษณะเป็นเม็ดและเกล็ด เมื่อต้องการให้เม็ดและเกล็ดละลายต้องนำไปแช่น้ำในเมทิลแอลกอฮอล์ (ดำเนิน คงพาลา, 2548) ต้องเป็นแอลกอฮอล์แปลงสภาพตามประกาศกรมสรรพสามิต เรื่อง กำหนดวิธีการแปลงสภาพแอลกอฮอล์ ตาม มอก. 149 – 2550 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550)

ภาพที่ 2.33 เมทิลแอลกอฮอล์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

(ที่มา : http://www.khaisee.com/product_detail.php?id=497)

2.3.4 อัตราส่วนเชลแล็กกับเมทิลแอลกอฮอล์

ในการแช่เชลแล็กในเมทิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วนที่ใช้อยู่ที่ประมาณ 1:7 คือ เชลแล็ก 1 ส่วน เมทิลแอลกอฮอล์ 7 ส่วน ระยะเวลาของการทำปฏิกิริยาระหว่างเชลแล็กกับเมทิลแอลกอฮอล์ เมื่อแช่เชลแล็กลงในเมทิลแอลกอฮอล์ ให้สังเกตดังนี้ (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

1) ถ้าเป็นเชลแล็กใหม่ ชนิดเม็ดหรือเกล็ด เมื่อนำมาแช่ลงในเมทิลแอลกอฮอล์ในภาชนะที่เป็นอโลหะประมาณ 30 นาที เชลแล็กจะละลายผสมกับเมทิลแอลกอฮอล์จนหมด

2) ถ้าเชลแล็กที่เก็บไว้นานหลายเดือนหรือเป็นปี มีลักษณะเป็นก้อนโตๆ ต้องใช้ค้อนทุบให้แตก เมื่อนำไปแช่ในเมทิลแอลกอฮอล์ ต้องใช้ไม้คนแต่การละลายต้องใช้ระยะเวลาในการแช่เป็นชั่วโมง อาจละลายออกไปบางส่วนเหลือบางส่วนเป็นเม็ดๆซึ่งก่อนนำไปใช้งานต้องใช้ไม้คนให้เชลแล็กละลายเข้ากัน ถ้าเป็นเม็ดๆให้นำมาเทลงในภาชนะที่มีผ้ากรองติดตั้งอยู่ที่ปากเพื่อกรองส่วนที่เป็นน้ำและเหลือแต่ส่วนที่เป็นเม็ดติดค้างอยู่บนผ้ากรอง

2.3.5 วิธีการเคลือบเชลแล็ก (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

1) นำไม้ที่วางบนโต๊ะ เปิดฝาภาชนะที่แช่เชลแล็กกับเมทิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วนที่ใช้อยู่ที่ประมาณ 1:7 คือ เชลแล็ก 1 ส่วน เมทิลแอลกอฮอล์ 7 ส่วน ใช้ไม้คนเชลแล็กให้ผสมเข้ากัน ยกไม้ที่ใช้คนขึ้นดูความข้นเหลวของเชลแล็กและดูว่ามีเม็ดติดอยู่ที่ไม้คนดังกล่าวหรือไม่ ถ้ามีเม็ดติดอยู่ที่ปลายไม้ต้องนำเชลแล็กดังกล่าวไปกรองก่อนนำมาใช้งาน จากนั้นนำแปรงทาเชลแล็กจุ่มลงในถังสารละลายเชลแล็กให้มิดขนแปรง ทาเชลแล็กไปรอบๆภาชนะ ยกแปรงทาเชลแล็กขึ้นปาดเบาๆ ที่ขอบของภาชนะเพื่อให้ขนแปรงดูดซับเชลแล็กไว้พอประมาณ

2) นำแปรงทาเชลแล็กมาจรดลงที่พื้นผิวไม้ เริ่มทาเชลแล็กจากซ้ายในลักษณะหงายมือ เมื่อลากแปรงทาเชลแล็กไปทางขวาก็พลิกมือให้ด้ามแปรงตั้งฉากกับพื้นผิวดังกล่าว จนกระทั่งลาแปรงทาเชลแล็กไปสุดขอบพื้นผิวไม้ทางขวา ก็คว่ำมือลงเริ่มจรดขนแปรงขอบพื้นผิวไม้ทางขวา ลากแปรงทาเชลแล็กมาทางซ้าย เพื่อทาทับแนวเดิม พร้อมทั้งพลิกมือขึ้น เพื่อให้ด้านแปรงตั้งฉากกับพื้นผิวดังกล่าว ลากแปรงทาเชลแล็กมาจนสุดขอบพื้นผิวไม้ทางด้านซ้าย ถ้าเชลแล็กที่ทาลงบนพื้นผิวดังกล่าวเป็นฟอง ให้ทาเบาๆบนพื้นผิวเชลแล็กที่เป็นฟอง ฟองจะหมดไป

3) นำแปรงทาเชลแล็กมาจรดลงที่พื้นผิวไม้ต่อจากตำแหน่งที่ทาไปแล้วใน ครั้งที่ 1 พร้อมทั้งลากแปรงทาเชลแล็กไปทางขวา ปฏิบัติงานการทาเชลแล็กในลักษณะเดียวกันตามที่กล่าวมาข้างต้น จนได้พื้นไม้ที่ทาด้วยเชลแล็กทั่วพื้นผิวไม้ดังกล่าวตามที่ต้องการ หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ให้เชลแล็กที่ทาเอาไว้แห้ง

4) ใช้กระดาษทรายขัดไม้เบอร์ 0 ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว จนเหลือเม็ดทรายติดอยู่เพียงเล็กน้อย นำมาขัดลูบผิวหน้าเชลแล็กที่ทาเอาไว้ให้เรียบและลื่น ใช้ไม้กวาดอ่อนเช็ดถูผิวหน้าดังกล่าวให้สะอาด ก่อนทาเชลแล็กรอบที่ 2 และ 3 ตามวิธีข้างต้นอีกครั้ง

การเคลือบเชลแล็กให้ปฏิบัติตาม มอก. 285 เล่ม 4 จำนวน 2 ชั้นเคลือบ ให้ได้ความหนาฟิล์มขณะแห้ง 30 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร ในการเคลือบแต่ละชั้นให้เว้นระยะเวลาห่างกัน 30 นาที (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521b) และวิธีวัดความหนาของฟิล์มให้ปฏิบัติตาม มอก.285 เล่ม 5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521a)

2.3.6 ข้อดีของการทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้

1) การทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้ทำให้ผิวไม้ในอาคาร เครื่องเรือนหรือครุภัณฑ์ต่างๆ เกิดความสวยงามมากขึ้น สามารถป้องกันการเปลี่ยนสีของเนื้อไม้ได้ พื้นผิวไม้จะมีความแข็งกว่าปกติ ทำให้เฟอร์นิเจอร์ไม้มีอายุในการใช้งานที่นาน สามารถที่จะชักเงาให้พื้นผิวไม้เพิ่มความสวยงามยิ่งขึ้น เช็ดถูทำความสะอาดได้ง่าย (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

2) เชลแล็กมีคุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำที่ต่ำ สามารถใช้ป้องกันความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ได้

3) เชลแล็กมีความสามารถในการยึดเกาะผิวที่เคลือบและทนทานต่อการขีดข่วน ส่วนฟิล์มเชลแล็กที่ได้ก็จะมีค่าดัชนีหักเหค่อนข้างสูง ทำให้สะท้อนแสงได้ดี มีความเงางาม ซึ่งคุณสมบัติในข้อนี้ใช้เสริมประโยชน์ทางด้านความสวยงามของผลิตภัณฑ์ (สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัตี์ มานี เหลืองธนะอนันต์ และ สาธิต พุทธิพิพัฒน์ขจร, 2545)

4) การทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้เป็นการทารองพื้นก่อนที่จะทาหรือพ่นทับสีทับหน้า ในกรณีที่ต้องการสีไม้ที่ต่างไปจากสีธรรมชาติ เชลแล็กเป็นวัสดุเคลือบผิวที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบกว่าวัสดุเคลือบผิวชนิดอื่น เมื่อทาหลายครั้งจะเกิดความหนาและสามารถขัดให้เรียบเป็นมันได้ง่าย จึงเหมาะที่จะใช้ทารองพื้นเพื่อให้การทาหรือพ่นสีทับหน้าได้ง่ายและสะดวก ไม่ต้องทาหรือพ่นสีทับหน้าให้มีความหนามากเป็นการประหยัดสีทาทับหน้าไม้ เวลา และค่าใช้จ่าย (Linda A.R., 1995)

5) เชลแล็กมีความสามารถในการป้องกันรักษาเนื้อไม้จากศัตรูทำลายไม้พวกเชื้อราและแมลง โดยมีความเป็นพิษต่อเชื้อราและแมลงที่ทำลายเนื้อไม้สูงและคงทนอยู่ในเนื้อไม้ได้ดี (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2556a)

2.3.7 ข้อเสียของการทาเชลแล็กเคลือบผิวไม้

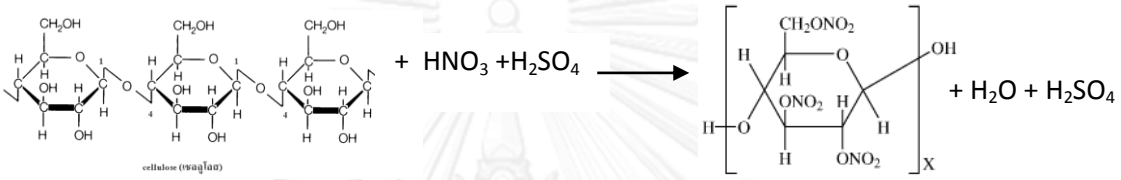
1) ในกรณีที่รีบร้อนทาเชลแล็กและทาหลายๆครั้งทำให้เชลแล็กแห้งไม่สนิท หลังจากปล่อยเนื้อไม้ทิ้งไว้ให้แห้งแล้ว ปรากฏว่าเกิดการแตกร้าวที่ผิวหน้าของวัสดุ

2) ในกรณีที่ทาเชลแล็กลงบนพื้นผิวของไม้เก่าที่ผ่านการใช้งานมาหลายสิบปี เนื้อไม้และยางในเนื้อไม้จะแห้งมาก และดูดเชลแล็กให้ซึมลงไปในเนื้อไม้จนสะสมกันมาก เมื่อพื้นผิวดังกล่าวได้รับความร้อนมากๆ เช่น ในช่วงบ่ายจะเกิดการโป่งพองของเชลแล็กขึ้นมาจนทำให้พื้นผิวที่ทาเชลแล็กเสียหายได้ (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 แลกเกอร์ (Lacquer)

แลกเกอร์ (Lacquer) ถูกค้นพบครั้งแรกในประเทศจีน ในปัจจุบันการผลิตแลกเกอร์จะประกอบด้วยไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) ซึ่งถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในปี 1845 โดยเชินไบน์ (Schonbein) ไนโตรเซลลูโลสเตรียมได้จากกรรมวิธีที่เรียกว่าไนเตรชัน (Nitration) ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสกับกรดไนตริก โดยหมู่ไนเตรตจะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของเซลลูโลสโดยจะใช้กรดไนตริก (HNO_3) ผสมกับกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ในอัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ : 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำอีก 20 เปอร์เซ็นต์ ผ่านเซลลูโลสเข้าไปที่อุณหภูมิ 30 – 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 – 60 นาที และแยกผลิตภัณฑ์ออกด้วยวิธี Centrifuge (อรอุษา สรวารี, 2537)



วิธีไนเตรชันไม่ได้ทำให้โซ่เซลลูโลสเกิดการสลายตัว ค่าดีกรีของโพลิเมอไรเซชัน (D.P.) ของผลิตภัณฑ์ยังมีค่าใกล้เคียงกับของเดิม คือ ประมาณ 3,000 แต่หากเอาผลิตภัณฑ์นี้ไปทำปฏิกิริยากับน้ำต่อ ค่า D.P. จะลดเหลือประมาณ 50-500 โดยปริมาณไนโตรเจนของ ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) ที่ใช้ทำ แลกเกอร์อยู่ระหว่าง 10.50 – 12.20 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่นิยมใช้กันมากอยู่ในช่วง 11.80 – 12.20 เปอร์เซ็นต์ ปกติจะทำละลายในแอลกอฮอล์แต่เมื่อปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้นจะต้องทำกับตัวทำละลายที่แรงขึ้น เช่น คีโตนและเอสเตอร์

อัตราการแห้งตัวของไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ (Nitrocellulose Lacquer) นับว่าอยู่ในขั้นดี แต่ฟิล์มที่ได้มักจะเปราะ และทนต่อแรงดึงกับยึดหน้าผิวไม่ดี ดังนั้นจึงต้องผสมไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) กับพลาสติไซเซอร์และเรซินอื่นๆ โดยพลาสติไซเซอร์มีทั้งชนิดน้ำมัน ตัวทำละลายและเป็นโพลิเมอร์ (Polymeric plasticizer) เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติที่ยังด้อยอยู่ โดยมีการปรับปรุงความยืดหยุ่นและความต้านทานต่อตัวทำละลายกรดและด่าง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามจำนวนและชนิดของเรซิน (Flexner B., 2012) โดยแบ่งได้ดังนี้ คือ

- ชนิดน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันละหุ่งดิบหรือที่ได้ผ่านกรรมวิธีบางอย่างมาแล้ว
- ชนิดตัวทำละลาย ได้แก่ ไดบิลทิลหรือไดออกทิลฟทาสติไซเซอร์ชนิดนี้ คือ ช่วยให้ผสมไดลูเอนต์ (Diluents) ซึ่งเป็นของเหลวที่ไม่สามารถละลายเรซินหรือโพลิเมอร์ได้ แต่สามารถละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลาย เติมลงไปเพื่อลดความหนืด เช่น แนฟทา ไซลีน โทลูอีน ลงไปได้มาก
- ชนิดโพลิเมอร์ ได้แก่ โพลิเอสเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง (Branched polymer) ซึ่งโดยปกติเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะลิฟาติก (Aliphatic acids) และโพลิออล อาทิ Paraplex RG-2 (บริษัท Rohm & Hass) และ Flexol R&H (บริษัทยูเนียนคาร์ไบด์) เป็นต้น

สำหรับเรซินอื่นๆที่ใช้เติมลงไปเพื่อเพิ่มแรงยึดผิวหน้าของฟิล์ม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความเงา ความทนทานน้ำและเคมีภัณฑ์ โดยมักใช้เรซินสังเคราะห์ เช่น ยูเรียเรซิน ซึ่งจะช่วยให้ฟิล์มของไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) เหลืองน้อยลงเมื่อถูกแสงสว่าง สำหรับเรซินสังเคราะห์อื่นๆที่นิยมใช้ ได้แก่ อัลคิดเรซิน ฟีนอลิกเรซิน เมลามีนเรซินและไวนิลเรซิน เรซินเหล่านี้บางทีเรียกว่า “Hard resins” เพราะเป็นตัวเพิ่มความแข็งให้กับไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ (Nitrocellulose Lacquer)

สำหรับส่วนประกอบที่ระเหยได้ของไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ (Nitrocellulose Lacquer) แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ตัวทำละลายที่แท้จริง (True solvernt) และไดลูเอนต์ ตัวทำละลายที่ใช้กันได้แก่ เอสเตอร์ คีโตน ไกลคอลอีเทอร์ ไนโตรพาราฟิน และบิลทิลแอซีเตตซึ่งใช้กันมากที่สุด การใช้ไดลูเอนต์นั้นเพื่อใช้ลดความหนืด ได้แก่ เอทานอล บิลทานอล โทลูอีนและไซลีน เป็นต้น สารเหล่านี้มีผลต่อการแห้งตัวและความเงาของฟิล์มของแลกเกอร์ด้วย เพราะถ้าไดลูเอนต์ระเหยเร็วเกินไป ฟิล์มจะเย็นจัดจนมีน้ำเกาะอยู่บนฟิล์ม ทำให้ฟิล์มเกิดความด้าน (Blushing)

ไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ (Nitrocellulose Lacquer) จะให้ฟิล์มที่แข็ง ทนต่อการกัดกร่อน ทนน้ำ ด่างอ่อน และกรดอ่อนซึ่งความแข็งและความทนทานต่อการกัดกรอน แต่ไม่เหมาะกับงานใช้ภายนอกเพราะสีเหลืองง่ายและมักติดไฟง่าย

งานก่อสร้างและงานไม้นิยมใช้แลกเกอร์ทาเคลือบผิวไม้ เพื่อให้เกิดความสวยงาม ทนน้ำ ทนการขีดข่วน ทำความสะอาดได้ง่าย รักษาเนื้อไม้ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แลกเกอร์ที่ใช้ทาเคลือบผิวไม้มี 3 ชนิด ตาม มอก. 561 – 2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549b) การเลือกใช้แลกเกอร์ชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับรสนิยมของบุคคล คือ

1) แลกเกอร์เงา
2) แลกเกอร์กึ่งเงา
3) แลกเกอร์ด้าน

ภาพที่ 2.34 แลกเกอร์ด้านและแลกเกอร์เงา
(ที่มา: http://soonngow.quinl.com/product/)

แลกเกอร์ที่จำหน่ายในท้องตลอดนิยมบรรจุอยู่ในถังที่สะอาด แห้งและปิดสนิท ตาม มอก. 561 – 2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549b) โดยเป็นถังโลหะกลมขนาด 20 ลิตร แกลลอนโลหะกลมขนาด 1 แกลลอนและแกลลอนโลหะสี่เหลี่ยมขนาด 0.25 – 0.5 แกลลอน

2.4.1 ตัวทำละลายของแลกเกอร์

ตัวทำละลายของแลกเกอร์ คือ ทินเนอร์ (Thinner) ในข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 496 - 2553 กำหนดมาตรฐานของทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์ ดังนี้ ทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์ (Lacquer thinner) หมายถึง ของเหลวระเหยง่าย ประกอบด้วย เอสเทอร์ (Ester) คีโทน (Ketone) แอลกอฮอล์ (Alcohol) และไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) สามารถละลายไนโตรเซลลูโลสเรซินได้ และยังช่วยลดความหนืดของวาร์นิชและสีด้วย เป็นของเหลวใส ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อน ระเหยง่าย แต่มีกลิ่นฉุนใช้ผสมสี ใช้ผสมแลกเกอร์ ละลายสีพ่นในงานอุตสาหกรรม ใช้ล้างเครื่องมือ ล้างอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้งาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553)

เนื่องจากทินเนอร์เป็นสารผสมของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยง่ายหลายชนิด ดังนั้นในมาตรฐานทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์ จึงกำหนดห้ามใช้ตัวทำละลายที่เป็นพิษ ได้แก่ เมธานอล (Methanol) เบนซีน (Benzene) และคลอริเนตไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbon) ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มักนิยมใช้เป็นส่วนประกอบหลักของทินเนอร์ ได้แก่ โทลูอีน (Toluene) ซึ่งนอกจากพบในทินเนอร์แล้ว ยังพบได้ในผลิตภัณฑ์อื่น เช่น กาวที่ใช้ซ่อมรองเท้า กาวสำหรับต่อท่อพลาสติก เป็นต้น โดยในทินเนอร์ประกอบด้วยโทลูอีน ประมาณร้อยละ 66 ร่วมกับตัวทำละลายอื่น ได้แก่ คีโทน ประมาณร้อยละ 17 และแอลกอฮอล์ ประมาณร้อยละ 17

โดยทินเนอร์แบ่งออกเป็นเกรดได้ 3 เกรด คือ

1) ทินเนอร์ เกรดเอ (A Grade) ใช้ในการผสมกับแลกเกอร์ทั่วๆไป มีการระเหยตัวได้เร็วพอควร เมื่อถูกผิวหนังจะระคายเคืองเล็กน้อย มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ไม่มีสี ความร้อนของอากาศและแสงแดดจะทำให้ทินเนอร์เกรดเอระเหยได้ง่าย เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความรีบร้อน ปัจจุบันการผลิตทินเนอร์เกรดเอจะมีสารอย่างอื่นผสมอยู่ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณและประหยัด ทำให้การระเหยเป็นไปได้ช้ามาก จึงไม่ค่อยนิยมนำมาผสมกับแลกเกอร์ แต่จะนำไปใช้ในการล้างเครื่องมือ

2) ทินเนอร์เกรดเอเอ (AA Grade) เป็นทินเนอร์ที่นิยมใช้กันมากในการผสมแลกเกอร์ เพราะการระเหยไวกว่าทินเนอร์เกรดเอ กลิ่นฉุนปานกลาง ไม่มีสี จะใช้กับงานพ่นสีรวมไปถึงการล้างเครื่องมือในงานสี เหมาะสำหรับงานในสภาวะอากาศที่ปลอดโปร่งพอควร เมื่อถูกผิวหนังจะเกิดการระคายเคือง แสบร้อนปานกลาง

3) ทินเนอร์เกรดเอเอเอ (AAA Grade) เป็นทินเนอร์ที่มีความไวในการระเหยมาก กลิ่นฉุนมาก ไม่มีสี เมื่อถูกผิวหนังจะเกิดระคายเคืองมาก แสบร้อน ใช้ในงานทาสีหรือพ่นสีที่ต้องการให้เสร็จไว โดยไม่ต้องคำนึงถึงภูมิอากาศไม่ต้องคำนึงแสงแดด เหมาะกับงานภายในอาคารที่มีความอับชื้นเพราะมีการระเหยที่ไวมาก ในขณะปฏิบัติงานต้องระวังเปลวไฟจากมอเตอร์ สวิตซ์ไฟของเครื่องปั๊มลม ห้ามสูบบุหรี่ในขณะปฏิบัติงาน เพราะมีความไวต่อไฟมาก

แปรงที่ใช้ทาแลกเกอร์เงาเป็นแปรงขนอ่อน ควรเป็นแปรงขนอ่อนใหม่เพราะถ้าเป็นแปรงที่ผ่านการใช้งานมาแล้วประมาณ 2 – 3 เดือนก็สามารถนำมาใช้ได้ แต่เมื่อนำมาใช้งานขนแปรงอาจหลุดร่วงในขณะที่ทาได้

ภาพที่ 2.35 ทินเนอร์เกรดเอเอเอ (AAA Grade)

(ที่มา : http://www.thaicarpenter.com)

2.4.2 การผสมแลกเกอร์เงากับทินเนอร์ (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

1) เตรียมภาชนะที่ใช้ในการผสมแลกเกอร์เงากับทินเนอร์ เทแลกเกอร์เงาและทินเนอร์ลงในภาชนะที่เตรียมเอาไว้อัตราส่วน 1 : 2 แลกเกอร์เงา 1 ส่วน ทินเนอร์ 2 ส่วน

2) ใช้ไม้คนแลกเกอร์เงาให้ละลายเข้ากับทินเนอร์ ยกไม้คนขึ้นดู จะเห็นการหยดของแลกเกอร์เงา ถ้าเป็นหยดของแลกเกอร์เงาขาดกันแสดงว่าละลายเข้ากันแบบเจือจาง สามารถนำไปใช้ทาได้ แต่ถ้ายกไม้คนขึ้นดูเห็นหยดของแลกเกอร์เงาเป็นเส้นไม่ขาดออกจากกัน แสดงว่าละลายเข้ากันแต่ยังมีความข้นอยู่ ให้เติมทินเนอร์ลงไปอีกพอประมาณ ใช้ไม้คนให้เข้ากัน ทดลองยกไม้คนขึ้นดูหลายๆครั้ง จนได้แลกเกอร์เงาที่มีความเจือจางตามที่ต้องการ

3) นำแลกเกอร์เงาดังกล่าวไปทาที่ชิ้นงานได้เลย โดยกรณีที่มีไม้ชิ้นงานเป็นจำนวนมาก ควรผสมแลกเกอร์และทินเนอร์เตรียมไว้ทา เพื่อการปฏิบัติงานจะได้เป็นได้ด้วยความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย

2.4.3 วิธีการเคลือบแลกเกอร์ (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

1) นำไม้ ขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียด ใช้กระดาษทรายขัดไม้เบอร์ 0 ที่ใช้งานแล้ว ขัดลูบไปมา ทดลองเอาฝ่ามือลูบที่ผิวเนื้อไม้ จะลื่นไม่มีความสาก ทำความสะอาดผิวหน้าโดยใช้ผ้าแห้งเช็ดถูบนผิวหน้าให้สะอาดปราศจากฝุ่น

2) นำแลกเกอร์เงาที่ผสมไว้ นำแปรงทาแลกเกอร์จุ่มลงในภาชนะให้เกือบมิดขนแปรง ยกแปรงทาแลกเกอร์ขึ้นมาในแนวดิ่ง ดูการไหลหยดของแลกเกอร์เงา ถ้าไหลเป็นสายตลอดแสดงว่ายังมีความข้นอยู่ให้เติมทินเนอร์ลงไปอีกเล็กน้อยพร้อมคนให้เข้ากัน เพื่อให้แลกเกอร์มีความใสจะได้ทาได้สะดวก

3) เริ่มทาแลกเกอร์โดยยกแปรงทาแลกเกอร์ขึ้นมาในแนวดิ่ง ทาแลกเกอร์ที่บริเวณริมซ้ายของแผ่นไม้ตรงตำแหน่งที่สุดแขน นอนขนแปรงราบไปกับพื้นผิวในลักษณะหงายมือลากแปรงทาแลกเกอร์ไปทางขวาพร้อมทั้งยกด้ามแปรงให้ตั้งฉากกับพื้นผิวของแผ่นไม้ ไปจนสุดแผ่นไม้ จากนั้นก็คว่ำมือทาแลกเกอร์ทางริมขวาของแผ่นไม้ในแนวเดิม นอนขนแปรงราบไปกับพื้นผิว ลากแปรงทาแลกเกอร์จากขวามาทางซ้าย ซึ่งการทาแลกเกอร์เงาในแต่ละครั้งจะทาไปและทากลับในแนวเดียวกัน การยืนปฏิบัติงานให้ยืนหันหน้าหาแผ่นไม้ ให้ลายไม้ขนานกับลำตัว ทาแลกเกอร์เงาต่อไปเรื่อยๆ แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แลกเกอร์เงาแห้งสนิทประมาณ 30 นาที

4) ใช้กระดาษทรายขัดไม้เบอร์ 0 ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว จนเหลือเม็ดทรายติดอยู่เพียงเล็กน้อย นำมาขัดลูบผิวหน้าที่ทาเอาไว้ให้เรียบและลื่น เริ่มทาชั้นที่ 2 และ 3 ตามวิธีข้างต้น

การเคลือบแลกเกอร์ให้ปฏิบัติตาม มอก. 285 เล่ม 4 จำนวน 2 ชั้นเคลือบ ให้ได้ความหนาฟิล์มขณะแห้ง 30 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร ในการเคลือบแต่ละชั้นให้เว้นระยะเวลาห่างกัน 30 นาที และวิธีวัดความหนาของฟิล์มให้ปฏิบัติตาม มอก.285 เล่ม 5

2.4.4 ข้อดีของการทาแลกเกอร์เงาเคลือบผิวไม้

1) ทาเพื่อเพิ่มความสวยงาม เป็นเงางาม ทำให้ชิ้นงานไม้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานผิวไม้มีความแข็งแรง ทนทานต่อการขีดข่วน ทำความสะอาดและเช็ดถูได้ง่าย ทำให้สิ่งของเครื่องใช้ เป็นเฟอร์นิเจอร์ใช้ตกแต่งอาคารได้

2) การทาแลกเกอร์แห้งเร็วมากกว่าเชลแล็กมากซึ่งจะช่วยเพิ่มความเร็วในการผลิตและช่วยขจัดปัญหาเรื่องฝุ่น โดยสามารถทาแลกเกอร์ซ้ำได้ 3 – 4 ครั้งภายใน 1 วัน

3) ทาเพื่อช่วยให้ เกิดการสะท้อนของแสงทำให้ภายในอาคารสว่างขึ้นและเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงตลอดจนสัตว์ต่างๆ

4) ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างต่ำ ทนต่อความร้อน ตัวทำละลายที่เป็นกรดและด่างได้ดีกว่าเชลแล็ก มีความต้านทานรอยขีดข่วนสูง

2.4.5 ข้อเสียของการทาแลกเกอร์เงาเคลือบผิวไม้

1) ชิ้นงานไม้ที่ทาแลกเกอร์เงาเสร็จแล้ว แต่ภายในยังไม่แห้งสนิท ห้ามนำมาวางซ้อนกัน จะติดกันแยกไม่ออกถ้าแยกออกได้ ผิวก็จะเสีย ถ้าทาแลกเกอร์เงาในขณะที่ฝนตก มีความชื้นมาก แลกเกอร์เงาที่ทาเคลือบผิวไม้จะไม่เงางามเท่าที่ควร (ดำเนิน คงพาลา, 2548)

2) เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของทินเนอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายของแล็คเกอร์ต้องใช้ในปริมาณมาก นั้นก่อให้เกิดมลพิษในอากาศซึ่งทินเนอร์เป็นสารไวไฟและไม่ดีสำหรับสุขภาพ เนื่องจากส่วนประกอบหลักของทินเนอร์ ได้แก่ โทลูอีน (Toluene) โดยแบ่งอันตรายออกเป็น 2 ระดับ (World Health Organization, 1981) คือ

- เมื่อได้รับโทลูอีนในระยะสั้น ทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน พบว่าในผู้ที่ได้รับโทลูอีนในปริมาณมากอาจหมดสติในระยะเวลาไม่กี่นาทีโดยไม่มีอาการเตือนล่วงหน้า สำหรับผลต่อระบบประสาท ในระยะแรกโทลูอีนจะกระตุ้นประสาท ต่อมาจะมีฤทธิ์กดประสาท ทำให้เกิดอาการปวดหัว มึนงง รู้สึกอ่อนเพลีย ชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง มีผลต่อความจำ รู้สึกคลื่นไส้และเบื่ออาหาร นอกจากนั้นการได้รับโทลูอีนในปริมาณที่สูงยังอาจทำให้เสียชีวิตได้ โดยพบรายงานการเสียชีวิตจากการรับประทานโทลูอีนในปริมาณ 60 มิลลิลิตร การเสียชีวิตมักเกิดจากภาวะที่หัวใจห้องล่างซ้ายเต้นผิดปกติ (Ventricular arrhythmia) หรือจากภาวะการขาดออกซิเจน นอกจากนี้ยังพบการเกิดการทำลายตับและไต รวมทั้งการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น การเกิดปอดอักเสบ เป็นต้น การรับประทานโทลูอีน ทำให้เกิดการระคายเคือง ปวดกระเพาะอาหาร อาเจียน หากโทลูอีนเข้าตาจะเกิดการระคายเคือง ปวดแสบปวดร้อน เยื่อบุตาอักเสบ และเกิดรอยที่ กระจกตา อาการพิษเฉียบพลันมักหายได้ภายใน 48 ชั่วโมง

- เมื่อได้รับโทลูอีนเป็นระยะเวลานาน เช่น จากการทำงาน ทำให้มีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งเพิ่มขึ้น เช่น โรคมะเร็งทางเดินอาหาร โรคมะเร็งกระดูก เป็นต้นโดยเฉพาะในผู้เสพติดประเภทดมกาวซึ่งสูดดมโทลูอีนเป็นเวลาตั้งแต่ 3 ถึง 15 ปี พบว่ามีผลต่อสติปัญญาและอารมณ์ผิดปกติ ทำให้รู้สึกมีอารมณ์เคลิบเคลิ้ม มึนเมา คล้ายเมาเหล้า ฉุนเฉียวง่าย เซื่องซึม และยังส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่น เบื่ออาหาร และต่อระบบประสาทอัตโนมัติ ทำให้การควบคุมการทำงานของระบบกล้ามเนื้อเสียไป เช่น ไม่สามารถหยิบจับหรือไม่มีแรงกำสิ่งของ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานความเป็นพิษต่อปอด เกิดภาวะถุงลมโป่งพอง (Emphysema) ลมหายใจมีกลิ่นเหม็น และความเป็นพิษต่อตับและไต อาทิ ตับโต ความผิดปกติที่หลอดไต (Renal tubule) ความผิดปกติของสมดุลอิเลกโตรไลท์ เป็นต้น รวมถึงมีผลต่อระบบเลือด เช่น ปริมาณของเม็ดเลือดแดงลดลง ความดันโลหิตต่ำ เม็ดเลือดแดงแตกง่าย และฮีโมโกลบินลดลง รวมถึงการกดไขกระดูก เป็นต้น ในผู้เสพติดที่เป็นหญิง อาจพบความผิดปกติของการเกิดประจำเดือน รวมไปถึงความผิดปกติของรอบระยะเวลาการเกิดประจำเดือน โดยเวลาปฏิบัติงานควรหลีกเลี่ยงการใช้งานที่อยู่ใกล้แหล่งประกายไฟใด ๆ และ

ควรป้องกันตัวเองจากการสูดดมทินเนอร์ โดยจัดสถานที่ปฏิบัติงานให้โปร่งมีอากาศหมุนเวียนได้ดีและสวมหน้ากากอนามัยทุกครั้ง

ภาพที่ 2.36 หน้ากากและแว่นตาอนามัย

(ที่มา : http://www.wbdg.org/ccb/GREEN/REPORTS/cgrwoodfinish.pdf)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ชนิดของเชื้อราที่พบบนพื้นผิววัสดุ

1) Andersen B. และคณะ, 2011 ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างสปีชีส์ของเชื้อรากับวัสดุก่อสร้างที่เกิดความเสียหายจากน้ำ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ คือ Principal component analysis (PCA) พบว่าวัสดุประเภทปูนพลาสเตอร์ คอนกรีต และไม้ เป็นวัสดุที่เกิดความเสียหายจากน้ำมากที่สุด พบเชื้อราเจริญเติบโตบ่อยที่สุดและมีจำนวนมากที่สุด โดยสปีชีส์ของเชื้อราที่พบมากที่สุดในการทดลองในอาคารที่ได้รับความเสียหายจากน้ำ ได้แก่ เชื้อรา *Penicillium chrysogenum* และ *Aspergillus versicolor* ส่วนสปีชีส์ของเชื้อราที่พบมากที่สุดในวัสดุก่อสร้างที่เปียกชื้น คือ *Chaetomium spp. Acremonium spp.* และ *Ulocladium spp.* และจากการทดลองของ Andersen และคณะ ยังแสดงให้เห็นว่าสปีชีส์ของเชื้อราจะขึ้นบนวัสดุก่อสร้างที่แตกต่างกันไป สปีชีส์ของเชื้อราที่พบมากในเนื้อไม้ทั้งในเชิงคุณภาพ ปริมาณ และความหลากหลาย คือ *Aspergillus niger Aureobasidum pullulans Trichoderma spp.* และ *Yeasts* เป็นต้น

2) Cheng S.S. และคณะ, 2008 ปัจจุบันมีการใช้เยื่อไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้เป็นจำนวนมาก ซึ่งเยื่อไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้เป็นวัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสูง ผลิตภัณฑ์ถูกนิยมนำมาใช้ทางอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากเชื้อรา *Aspergillus terreus*, *Aspergillus* sp., *Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium* sp. สามารถเจริญได้ดีในวัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ อีกทั้งประเทศไทยมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงทำให้เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีและมักใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อรา เช่น Creosote และ Pentachorophenol ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ

1) Hoang C.P. และคณะ, 20) ได้ทำการศึกษาความทนทานของวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green building materials) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ลักษณะของวัสดุและสปีชีส์ของเชื้อรามีผลต่อการเจริญเติบโต การวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโดยใช้วัสดุก่อสร้างสีเขียว 4 ชนิดเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 2 ค่า ใช้วิธีการวัดการเจริญเติบโตของเชื้อราปกคลุมพื้นผิววัสดุที่ร้อยละ 50 ($T_{50\%}$) พบว่าวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีความทนทานต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรามากกว่าวัสดุก่อสร้างสีเขียว เพราะว่าวัสดุก่อสร้างสีเขียวมีสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของเชื้อรา ลักษณะเชื้อราและอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิวหน้าและผิวข้างของวัสดุจะมีความแตกต่างกันโดยจะพบว่าเชื้อราจะเติบโตที่บริเวณผิวด้านข้างมากกว่าด้านหน้าและด้านหลัง เพราะมีความพรุนและหยาบกว่าด้านอื่น

2) Nielsen K.F. และคณะ, 20( ) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และอุณหภูมิในการเจริญเติบโตของเชื้อรา 8 สปีชีส์ในวัสดุก่อสร้างที่แตกต่างกัน 21 ชนิด เชื้อราถูกนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 10 องศาเซลเซียส 20 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 3 ระดับ ในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 69 - 95 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 4 - 7 เดือนพบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อราบนไม้จริง ไม้บอร์ด และวัสดุที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบจะเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 78 ที่อุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 90 ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 86 เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตของเชื้อราในแผ่นยิปซัม โดยเชื้อราที่พบเกือบทั้งหมดคือสปีชีส์ *Penicillium Aspergillus* และ *Eurotium*

3) Pasanen A.L. และคณะ, 2000 ได้ทำการศึกษาหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นในวัสดุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุ โดยทำการเก็บตัวอย่างวัสดุในอาคารที่มีเชื้อรา 122 ตัวอย่าง จากอาคารทั้งหมด 18 อาคาร โดยวัสดุที่เก็บแบ่งเป็น ไม้ 27 ตัวอย่าง ยิปซัมบอร์ด 24 ตัวอย่าง ฉนวนกันความร้อน 29 ตัวอย่าง และคอนกรีต 17 ตัวอย่าง จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุประเภทไม้ ยิปซัมบอร์ดและฉนวนกันความร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในวัสดุ

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดข้างต้นทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด โดยสรุปตัวแปรที่ใช้ทดลองได้ดังนี้

1) เชื้อราที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus niger* และ เชื้อรา *Trichoderma harzianum*

2) ค่าความชื้นสัมพันธ์ในการทดลอง ได้แก่ ร้อยละ 65 และ ร้อยละ 85

3) อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง อุณหภูมิห้อง

บทที่ 3
แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย

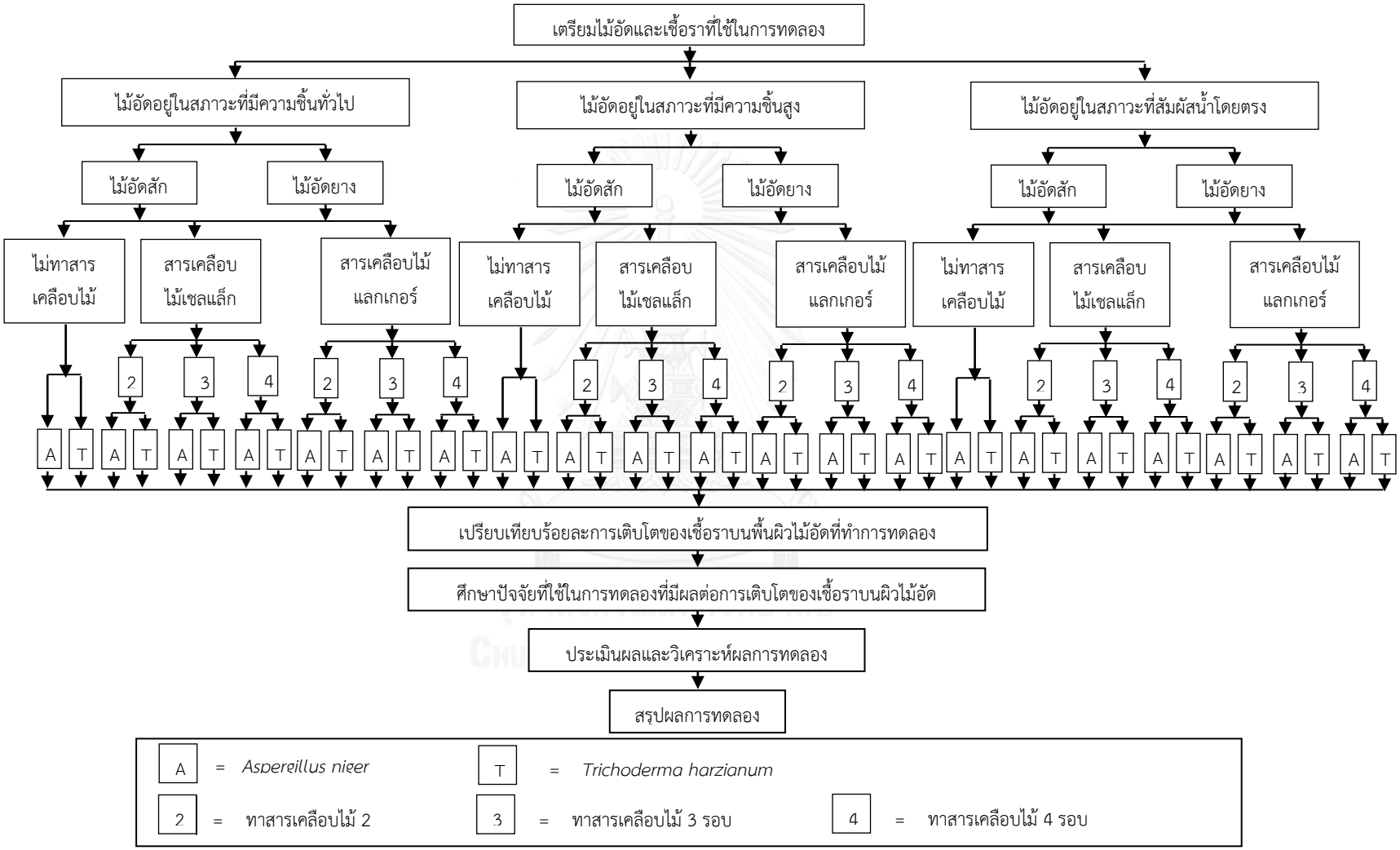
3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการทดลองที่ห้องชั้นดาดฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) ทดสอบวัสดุโดยการหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ (2) ศึกษาถึงผลของสารเคลือบไม้แบบธรรมชาติเชลแล็ก (Shellac) และสารเคลือบไม้แบบสังเคราะห์แลกเกอร์ (Lacquer) ต่อการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด เพื่อหาปริมาณสารเคลือบไม้ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบไม้ในอนาคต โดยไม้อัดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ไม้อัดสักและไม้อัดยาง สำหรับเชื้อราที่ใช้ในการทดลองการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุมี 2 ชนิด คือ *Aspergillus niger* และ *Trichoderma harzianum* และมีจำนวน 3 ชุดการทดลอง โดยแผนการทดลองแสดงดังภาพที่ 3.1 ดังนี้

<u>ชุดการทดลองที่ 1</u> การทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมโดยที่วัสดุจมอยู่ใต้น้ำและเมื่อน้ำลดวัสดุก็ถูกเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ทำการศึกษาการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ

<u>ชุดการทดลองที่ 2</u> การทดลองในสภาวะที่ไม้อัดอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในฤดูฝนที่ฝนตกติดต่อเนื่องเป็นเวลาหลายวัน หรือเกิดน้ำท่วมขังบริเวณโดยรอบแต่วัสดุไม่ได้จมอยู่ใต้น้ำ ซึ่งภายในบริเวณนั้นพบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง โดยทำการศึกษาการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยบ่มไม้อัดในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 85±3

<u>ชุดการทดลองที่ 3</u> การทดลองในสภาวะที่ไม้อัดอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ฤดูร้อนในสภาพแวดล้อมทั่วไป ซึ่งภายในบริเวณนั้นพบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างต่ำ โดยทำการศึกษาการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยบ่มไม้อัดในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 65±3


เตรียมไม้อัดและเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง
ไม้อัดอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นทั่วไป
ไม้อัดอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง
ไม้อัดอยู่ในสภาวะที่สัมผัสน้ำโดยตรง
ไม้อัดสัก
ไม้อัดยาง
ไม่ทาสารเคลือบไม้
สารเคลือบไม้เชลแล็ก
สารเคลือบไม้แลกเกอร์
2
3
4
A
T
เปรียบเทียบร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่ทำการทดลอง
ศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการทดลองที่มีผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด
ประเมินผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง
A = Aspergillus niger
T = Trichoderma harzianum
2 = ทาสารเคลือบไม้ 2
3 = ทาสารเคลือบไม้ 3 รอบ
4 = ทาสารเคลือบไม้ 4 รอบ

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมไม้อัด มีดังนี้

1) ไม้อัดสัก
2) ไม้อัดยาง
3) กระดาษทราย
4) แปรง

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมสารเคลือบไม้

1) เชลแล็ก
2) แลกเกอร์เงา
3) เมทิลแอลกอฮอร์
4) ทินเนอร์เกรด AAA

3.2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา มีดังนี้

1) อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar
2) จานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร
3) ไมโครปิเปต
4) ห่วงเขี่ยเชื้อ
5) ขวดรูปชมพู่
6) หลอดทดลอง
7) แอลกอฮอล์
8) ตู้ปลอดเชื้อ
9) ตะเกียงแอลกอฮอล์
10) กระดาษกรอง

3.2.4 ตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลอง

ตู้ควบคุมความชื้นในงานวิจัยนี้ มีขนาดกว้าง 42.5 x ยาว 38 x สูง 68 เซนติเมตร ปริมาตรประมาณ 90 ลิตร ทำจากโลหะโครงสร้างเหล็ก หนา 2 มิลลิเมตร บานกระจกหนา 4 มิลลิเมตร ทำจากกระจกอัดแรงดันพร้อมระบบดิจิตอลเซนเซอร์วัดความชื้นความไวสูง ความแม่นยำร้อยละ ± 3 ดังแสดงในภาพที่ 3.2 โดยตู้ควบคุมความชื้นมีระบบตั้งค่ากลับค่าเดิมที่ตั้งไว้ในกรณีไฟฟ้าดับ มีระบบป้องกันความร้อนไม่ให้มีผลต่ออุณหภูมิภายในตู้ เพื่อความปลอดภัยมีพัดลมระบายอากาศขนาดใหญ่ด้านหลัง ลดความร้อนของตัวเครื่องขณะทำงานและทำหน้าที่ระบายอากาศออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตู้ควบคุมความชื้นแบบอัตโนมัติในกรณีที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้นเกินกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตั้งไว้ และหยุดทำงานทันทีเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ควบคุมความชื้นเป็นไปตามที่ตั้งค่าไว้ ส่วนความชื้นในตู้ควบคุมความชื้นนั้น อุณหภูมิภายในตู้ควบคุมความชื้นเป็นไปตามอุณหภูมิห้องที่ทำการทดลอง โดยอยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ เนื่องจากตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิได้

ภาพที่ 3.1 ตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลอง

3.2.5 วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ มีดังนี้

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
2) ไฮโกรมิเตอร์
3) เทอร์โมมิเตอร์

3.3 การเตรียมวัสดุและเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 การเตรียมไม้อัดตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

1) สั่งไม้อัดตัวอย่างจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ โดยให้ทางโรงงานตัดไม้อัดให้ได้ขนาด กว้าง 5 x ยาว 5 x หนา 1.5 เซนติเมตร

2) นำไม้อัดที่ตัดขนาดเรียบร้อย อบแห้งที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส

3) นำไม้อัดตัวอย่างมาทำการทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ตามลำดับ แล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิท ก่อนนำไปทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 การเตรียมตู้ควบคุมความชื้น มีขั้นตอนดังนี้

1) ตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ที่ร้อยละ 65 และร้อยละ 85 ตามลำดับ

2) เนื่องจากตู้ควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถทำความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้นให้มีค่าเพิ่มขึ้นได้เอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีสร้างไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้นให้สูงขึ้น โดยนำน้ำประปาที่ต้มเดือดในบีกเกอร์มาใส่ในตู้ควบคุมความชื้นจนได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการ

3) นำบีกเกอร์ที่ใส่น้ำประปาต้มเดือดออกจากตู้ควบคุมความชื้นแล้วนำน้ำประปาที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 200 มิลลิลิตรที่ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 บีกเกอร์เข้าไปแทนในตู้ควบคุมความชื้น สังเกตค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เป็นเวลา 1 วัน จนพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์คงที่ จึงเริ่มทำการทดลอง และทำการสังเกตตู้ควบคุมความชื้นทุก 3 วัน เพื่อควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง

3.3.3 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง

เชื้อราที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger* และ *Trichoderma harzianum* ซึ่งเป็นตัวแทนของเชื้อราที่พบในอากาศ สั่งซื้อเชื้อรามาจากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์ (วว.) โดยเชื้อราที่ได้มาจะอยู่ในรูปหลอดเชื้อแห้งแข็ง จากนั้นจึงทำการเพาะเลี้ยงเชื้อราจนเจริญเติบโต และนำเชื้อราที่เพาะเลี้ยงไว้มาใช้ในการเตรียมสารละลายเชื้อราสำหรับใช้ในการทดลอง ตามวิธีการของศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR, 2012)

3.3.3.1 วิธีการเตรียมความเข้มข้นเชื้อราในการทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

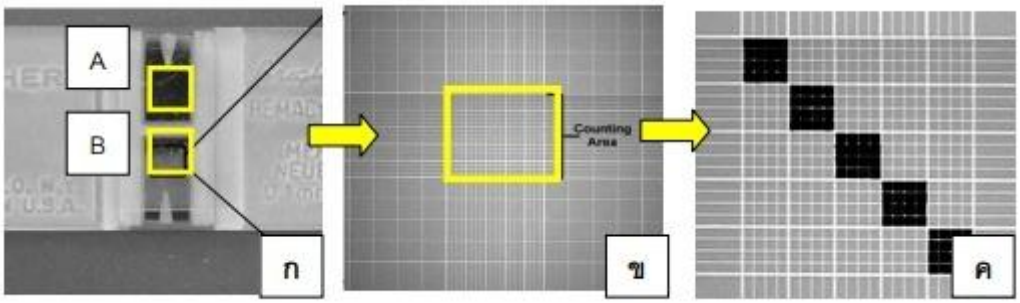
1) นำน้ำกลั่นปราศจากไอออน (*de-ionized* water) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในจานเพาะเลี้ยงเชื้อราที่เตรียมไว้

2) นำห่วงเขี่ยเชื้อ เขี่ยเชื้อราที่เจริญเติบโตอยู่บนอาหารเชื้อให้สปอร์เชื้อราหลุดออก และแขวนลอยอยู่ในน้ำกลั่นปราศจากไอออน กรองโคนิเดียของเชื้อราด้วยชุดกรองผ้าขาวบาง

3) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายสปอร์เชื้อราจากชุดกรองปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตรน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) อยู่ภายในหลอดปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้สารละลายเชื้อราปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายเชื้อราจำนวน 1-2 หยด ไปตรวจนับจำนวนสปอร์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Hemacytometer) โดยจะทำการนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์คอมเปาน์ที่กำลังขยาย 40x ทั้ง 2 ด้าน (A และ B) ดังภาพที่ 3.3 (ก) โดยจะทำการนับช่องใหญ่ตรงกลาง ดังภาพที่ 3.3 (ข) โดยในแต่ละด้าน

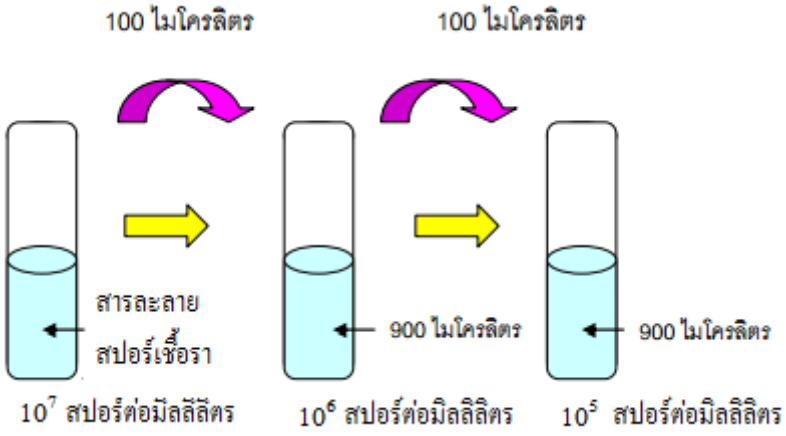
จะทำการนับ 5 ช่อง ซึ่งใน 1 ช่องใหญ่จะมี 16 ช่องเล็ก และให้ทำการนับในแนวทแยงมุมดังภาพที่ 3.3 (ค) และนำค่าที่ได้จากการนับทั้ง 2 ด้าน มาหาค่าเฉลี่ย และนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของเชื้อราตามสมการที่ (1)

ความเข้มข้นของเชื้อรา = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคนิเดีย x ค่าคงที่ 2.5×10^5 (1)



ภาพที่ 3.2 การนับโคนิเดียเชื้อราโดยการใช้ Hemacytometer
(ก) พื้นที่สำหรับการนับโคนิเดียเชื้อรา มี 2 ช่อง (ข) บริเวณที่ใช้สำหรับนับ (ค) การนับโคนิเดียของเชื้อราจะนับในแบบแนวทแยง

4) การทดลองใช้ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นจึงต้องปรับความเข้มข้นให้เท่ากับ 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป โดยดูดสารละลายสปอร์เชื้อรา 1 มิลลิลิตรจากหลอดทดลองที่มีสารละลายสปอร์เชื้อรา 10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตรไปใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตรน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการฆ่าเชื้ออยู่ภายในหลอดปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้สารละลายเชื้อราปริมาตร 10 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และทำการปรับความเข้มข้นอีกครั้งก็จะได้ความเข้มข้นที่ต้องการ



ภาพที่ 3.3 วิธีการเจือจางสารละลายสปอร์ของเชื้อรา
(ที่มา : http://www.tistr.or.th/mircen/)

3.4 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ (1) การทดสอบวัสดุ ได้แก่ การหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ซึ่งเป็นการทำให้วัสดุอิ่มตัวด้วยน้ำจากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ ซึ่งเป็นการทำให้วัสดุนั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ (2) การเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุที่อยู่ในสภาวะที่แตกต่างกัน และ (3) การศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา โดยการทดลองทั้ง 3 การทดลอง มีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 การทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องต้นแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองเพื่อพิจารณาการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด โดยเลือกใช้ไม้อัดสักและเชื้อรา *Aspergillus niger* ในการทดลอง โดยมีการทดลองดังนี้

(1) การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ
(2) การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่มีการเคลือบผิวแบบชำรุดและไม่ชำรุด
(3) การทดลองหาระยะเวลาเหมาะสมที่จะหยดสารละลายเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการทาสารเคลือบไม้

3.4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ

มีตัวแปรและขั้นตอนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
สภาวะควบคุม	
- ความชื้นสัมพัทธ์	- ร้อยละ 85±3
- เชื้อรา	- *Aspergillus niger*

ขั้นตอนการทดลอง

1) นำไม้อัดสักในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ ไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L

4) นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

<u>หมายเหตุ</u> - ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนผสม สารละลายคลอรีน ต่อ น้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (กรมควบคุมโรค, 2554)

3.4.1.2 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดที่มีการเคลือบผิวแบบชำรุดและไม่ชำรุด

มีตัวแปรและขั้นตอนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
สภาวะควบคุม	
- อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง
- ความชื้นสัมพัทธ์	- ร้อยละ 85±3
- เชื้อรา	- *Aspergillus niger*

ขั้นตอนการทดลอง

1) นำไม้อัดสักในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ มาทำให้เกิดการรอยชำรุดโดยการใช้เข็มปลอดเชื้อขูดบริเวณผิวหน้าไม้อัดและนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L

4) นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

<u>หมายเหตุ</u> - ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนผสม สารละลายคลอรีน ต่อ น้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (กรมควบคุมโรค, 2554)

3.4.1.3 การทดลองหาระยะเวลาเหมาะสมที่จะหยดสารละลายเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการทาสารเคลือบไม้

มีตัวแปรและขั้นตอนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
สภาวะควบคุม	
- อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง
- ความชื้นสัมพัทธ์	- ร้อยละ 85±3
- เชื้อรา	- *Aspergillus niger*

ขั้นตอนการทดลอง

1) นำไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 14 วัน ไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L

4) นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

<u>หมายเหตุ</u> - ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนผสม สารละลายคลอรีน ต่อ น้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (กรมควบคุมโรค, 2554)

3.4.2 การทดสอบวัสดุ

การทดลองนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ การหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ และการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1.1 ความชื้นสมดุลในวัสดุ (Equilibrium moisture content, EMC)

การหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเป็นการทดสอบวัสดุที่ได้ปรับใช้วิธีการทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน ASTM D 2216-05 (American Society for Testing and Materials D2216-05, 2005) และ ASTM C 1498-04a (American Society for Testing and Materials C1498-04a, 2004) โดยในการหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ทำให้ทราบถึงปริมาณความชื้นในตัววัสดุ ที่เกิดจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง แสดงในตารางที่ 3.4 และแผนผังขั้นตอนการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองความชื้นสมดุลในวัสดุ

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น - ความชื้นสัมพัทธ์ - น้ำหนักวัสดุที่ใช้ทดลอง (กรัม)	- ร้อยละ 65±3 และ ร้อยละ 85±3
ตัวแปรตาม - น้ำหนักวัสดุที่เปลี่ยนแปลง (กรัม)	
สภาวะควบคุม - อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุคงที่ จากนั้นนำวัสดุไปใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator) จนวัสดุเย็นตัว จึงชั่งน้ำหนัก และบันทึกผลน้ำหนักวัสดุเริ่มต้น (กรัม)

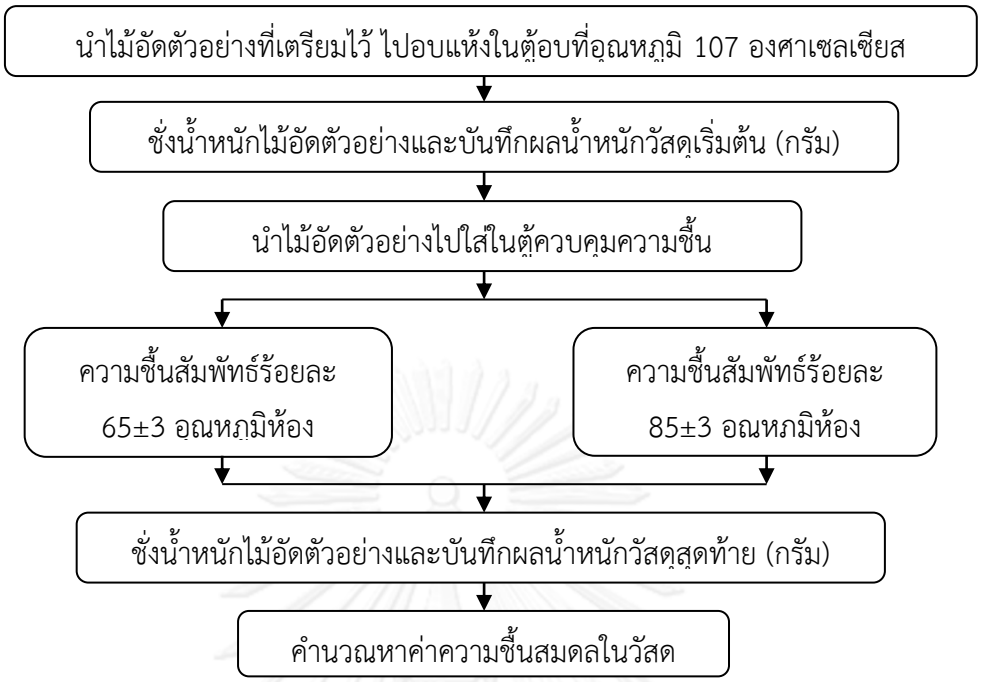
2) นำไม้อัดสักและไม้อัดยาง ใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 65 จนกระทั่งน้ำหนักไม้อัดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง บันทึกผลน้ำหนักวัสดุสุดท้าย (กรัม)

3) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองที่บันทึกไว้มาคำนวณหาค่าร้อยละความชื้นสมดุลในวัสดุ จากสมการ (2)

$$\text{ร้อยละความชื้นสมดุลในวัสดุ} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุสุดท้าย} - \text{น้ำหนักวัสดุเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักวัสดุเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (2)$$

4) ทำการทดลองตามวิธีขั้นตอนที่ 1) – 3) แต่เปลี่ยนค่าความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ควบคุมความชื้นที่ตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 85 และอุณหภูมิห้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการทดลองหาความชื้นสมดุลในวัสดุ

3.4.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ (Water holding capacity, WHC)

การหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุเป็นการทดลองที่จำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมต่อวัสดุที่ใช้ทำการทดลอง โดยวัสดุได้สัมผัสกับน้ำโดยตรง ซึ่งการทดลองนี้ปรับใช้วิธีการทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน ASTM D C 1498-04a (American Society for Testing and Materials C1498-04a, 2004) โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 3.5 และแผนผังขั้นตอนการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น - น้ำหนักวัสดุที่ใช้ทดลอง (กรัม)	
ตัวแปรตาม - น้ำหนักวัสดุที่เปลี่ยนแปลง (กรัม)	
สภาวะควบคุม - อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

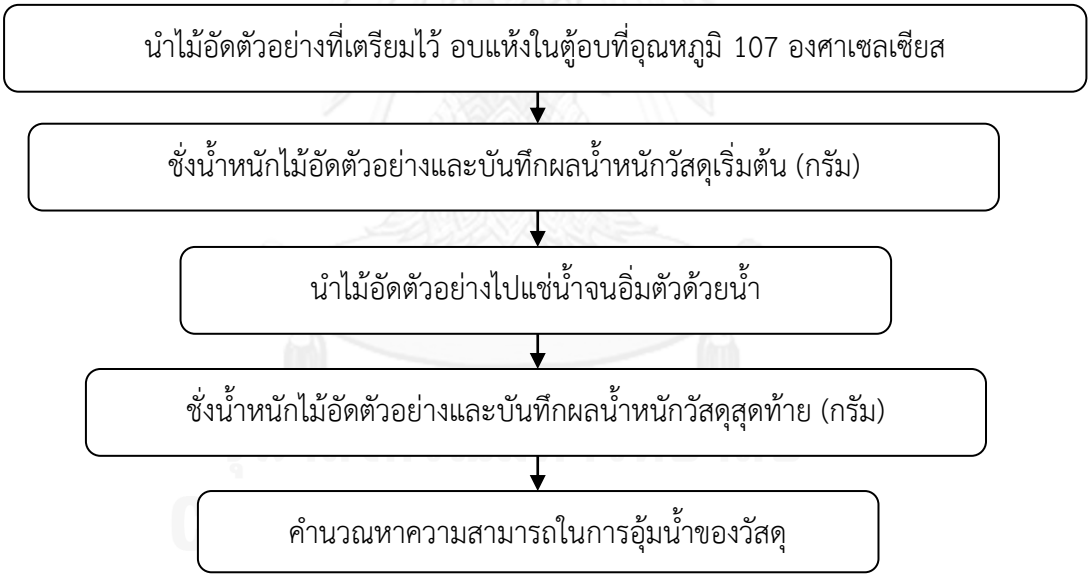
ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุคงที่ จากนั้นนำไม้อัดใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator) จนวัสดุเย็นตัว จึงชั่งน้ำหนัก และบันทึกผลน้ำหนักวัสดุเริ่มต้น (กรัม)

2) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ไปแช่ในน้ำกลั่น จนอยู่ในสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยสังเกตได้จากการนำวัสดุมาชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุคงที่ บันทึกผลน้ำหนักวัสดุสุดท้าย (กรัม) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3) นำผลการทดลองที่บันทึกไว้มาคำนวณหาร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำในวัสดุจากสมการ (3)

$$\text{ร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุสุดท้าย} - \text{น้ำหนักวัสดุเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักวัสดุเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$



ภาพที่ 3.5 แผนผังขั้นตอนการทดลองหาความชื้นสมดุลในวัสดุ

3.4.3 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ

การทดลองนี้มี 3 ชุดการทดลอง ได้แก่

(1) การทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง

(2) การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

(3) การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

โดยเป็นการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราในสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ มีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

3.4.2.1 การทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง

การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมโดยที่วัสดุจะจมอยู่ใต้น้ำ และเมื่อน้ำลดวัสดุจะถูกเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และซึ่งทำการศึกษาการเติบโตของเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยการทาสารเคลือบ 1 รอบ จะได้ความหนาของฟิล์มเมื่อแห้งไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีรองพื้นไม้ (มอก. 327-2551) โดยน้ำที่ใช้แช่ไม้อัด คือ น้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-7 โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 3.6 และแผนผังขั้นตอนการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.9

ตารางที่ 3.6 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
- ระยะเวลาที่เชื้อราเติบโตปกคลุมบนพื้นผิวไม้อัด	
สภาวะควบคุม	
- อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้น	- ร้อยละ 85±3
- ระยะเวลาในการทดลอง	- 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ทั้งในสภาพที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ไปแช่ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) เป็นระยะเวลา 1 วัน

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) เริ่มจากใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที

4) นำไม้อัดตัวอย่างที่แช่น้ำแล้วไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

6) นำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.8 แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด จากสมการ (4)

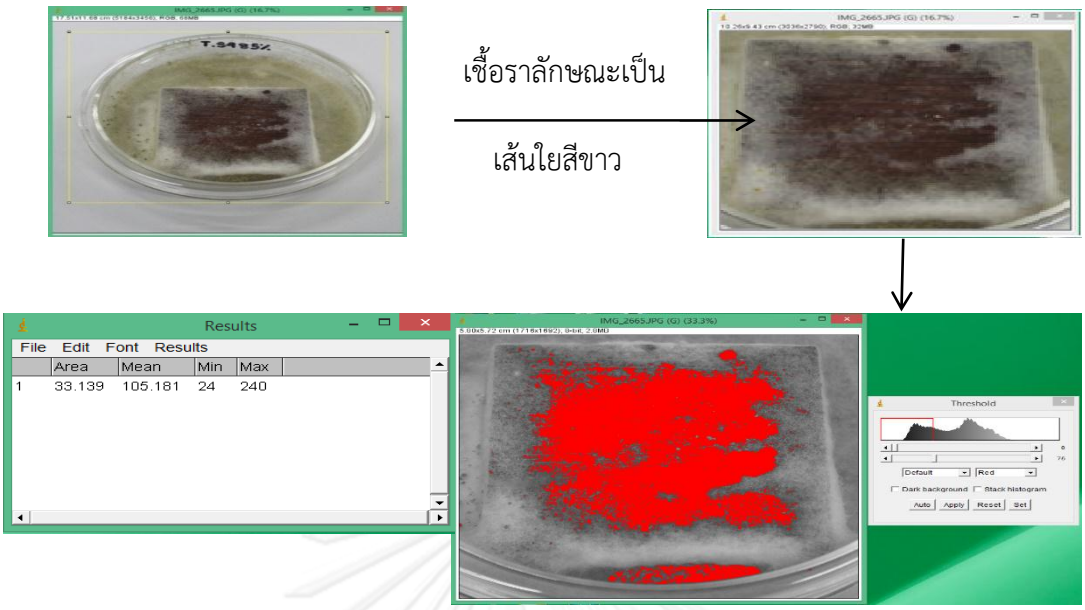
$$\text{ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด} = \frac{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด} - \text{พื้นที่การเติบโตของเชื้อรา}}{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด}} \times 100 \quad (4)$$

7) ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1) – 6) แต่เปลี่ยนชนิดของเชื้อเป็น *Trichoderma harzianum*

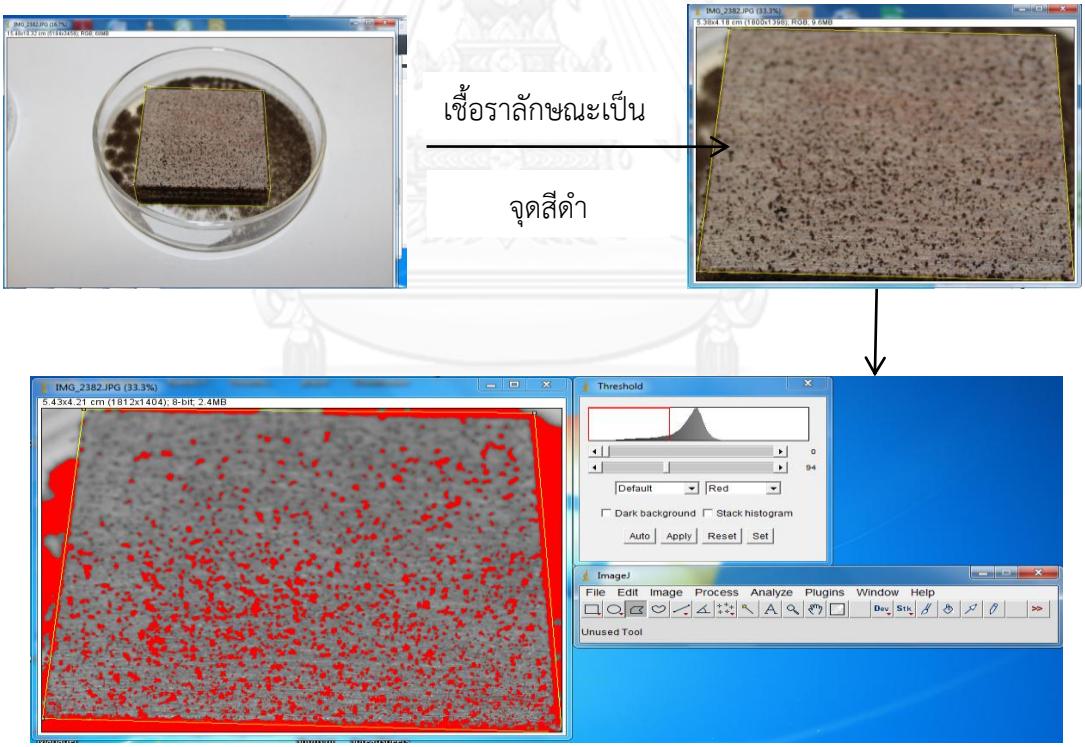
8) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

<u>หมายเหตุ</u> - ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนผสม สารละลายคลอรีน ต่อ น้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (กรมควบคุมโรค, 2554)

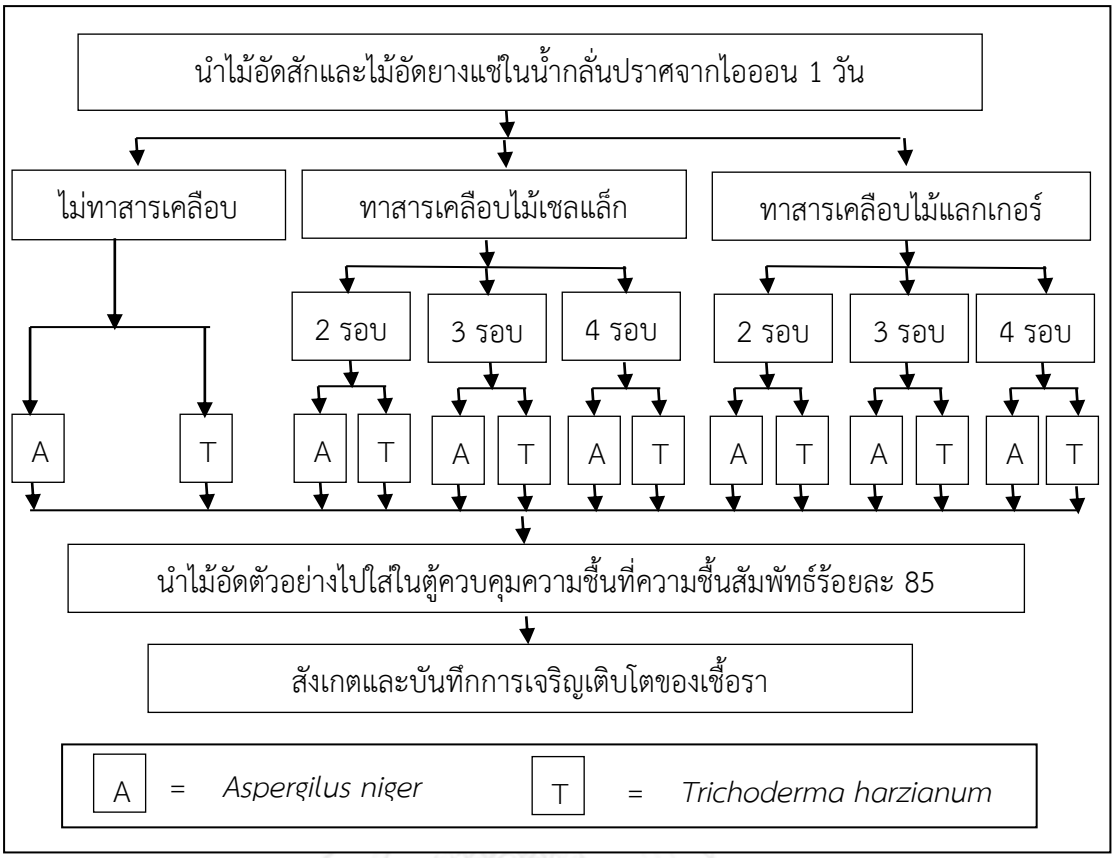
- ในการทดลองทุกครั้งจะมีชุดการทดลองควบคุมอยู่ทั้งภายใน และภายนอกตู้ควบคุมความชื้น



ภาพที่ 3.6 ภาพแสดงลักษณะการนำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ



ภาพที่ 3.7 ภาพแสดงลักษณะการนำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อรา *Aspergilus niger* บนพื้นผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ



ภาพที่ 3.8 แผนผังการทดลองการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ
ในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง

3.4.2.2 การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในฤดูฝนที่ฝนตกติดต่อเนื่องเป็นเวลาหลายวัน หรือในเกิดน้ำท่วมขังบริเวณโดยรอบแต่วัสดุไม่ได้จมอยู่ใต้น้ำ ซึ่งภายในบริเวณนั้นพบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดคือ *Aspergilus versicolor* และ *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยการทาสารเคลือบ 1 รอบ จะได้ความหนาของฟิล์มเมื่อแห้งไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีรองพื้นไม้ (มอก. 327-2551) ที่ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงโดยใช้ตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 85±3 มีตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 3.7 และแผนผังขั้นตอนการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.10

ตารางที่ 3.7 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุอยู่ในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
- ระยะเวลาที่เชื้อราเติบโตปกคลุมบนพื้นผิวไม้อัด	
สภาวะควบคุม	
- อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้น	- ร้อยละ 85±3
- ระยะเวลาในการทดลอง	- 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี โดยเปิดแสง UV ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง รังสี UV ที่มีช่วงคลื่นประมาณ 2,650A จะสามารถทำลายจุลินทรีย์รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียได้ ทำภายในบริเวณตู้ถ่ายเชื้อ

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ Laminar flow เริ่มจากใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที

4) นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

6) นำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด จากสมการ (4)

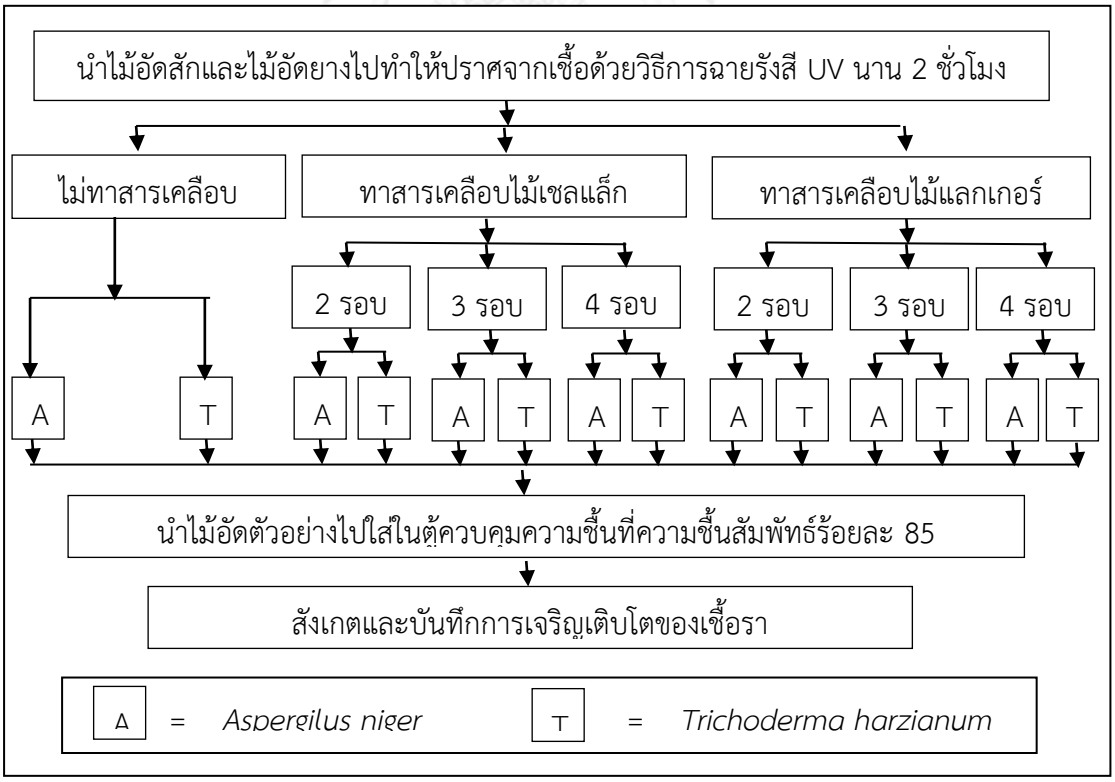
$$\text{ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด} = \frac{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด} - \text{พื้นที่การเติบโตของเชื้อรา}}{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด}} \times 100 \quad (4)$$

7) ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1) - 6) แต่เปลี่ยนชนิดของเชื้อราเป็นเชื้อรา *Trichoderma harzianum*

8) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

<u>หมายเหตุ</u> - ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมความชื้นด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนสารละลายคลอรีนต่อน้ำเท่ากับ1ต่อ10 (กรมควบคุมโรค, 2554)

- ในการทดลองทุกครั้งจะมีชุดการทดลองควบคุมอยู่ทั้งภายใน และภายนอกตู้ควบคุมความชื้น



ภาพที่ 3.9 แผนผังชุดการทดลองการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

3.4.2.3 การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในฤดูร้อน ซึ่งในสถานที่นั้นจะมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างต่ำ โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดคือ *Aspergilus versicolor* และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยการทาสารเคลือบ 1 รอบ จะได้ความหนาของฟิล์มเมื่อแห้งไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีรองพื้นไม้ (มอก. 327-2551) ที่ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ทั่วไป โดยใช้ตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 65±3 มีตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 3.8 และแผนผังขั้นตอนการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.11

ตารางที่ 3.8 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น	
- ปริมาณเชื้อรา	- 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม	
- ปริมาณเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ	
- ระยะเวลาที่เชื้อราเติบโตปกคลุมบนพื้นผิวไม้อัด	
สภาวะควบคุม	
- อุณหภูมิ	- อุณหภูมิห้อง
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ควบคุมความชื้น	- ร้อยละ 65±3
- ระยะเวลาในการทดลอง	- 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ไปทำให้ปราศจาก

เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี โดยเปิดแสง UV ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง รังสี UV ที่มีช่วงคลื่นประมาณ 2,650A จะสามารถทำลายจุลินทรีย์รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียได้ ทำภายในบริเวณตู้ถ่ายเชื้อ

2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อดูว่ามีการปนเปื้อนหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

3) ทำการทดลองในตู้ Laminar flow เริ่มจากใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที

4) นำไม้อัดที่เตรียมไว้ไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 65±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์

5) บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

6) นำรูปถ่ายมาคำนวณหาพื้นที่การเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด จากสมการ (4)

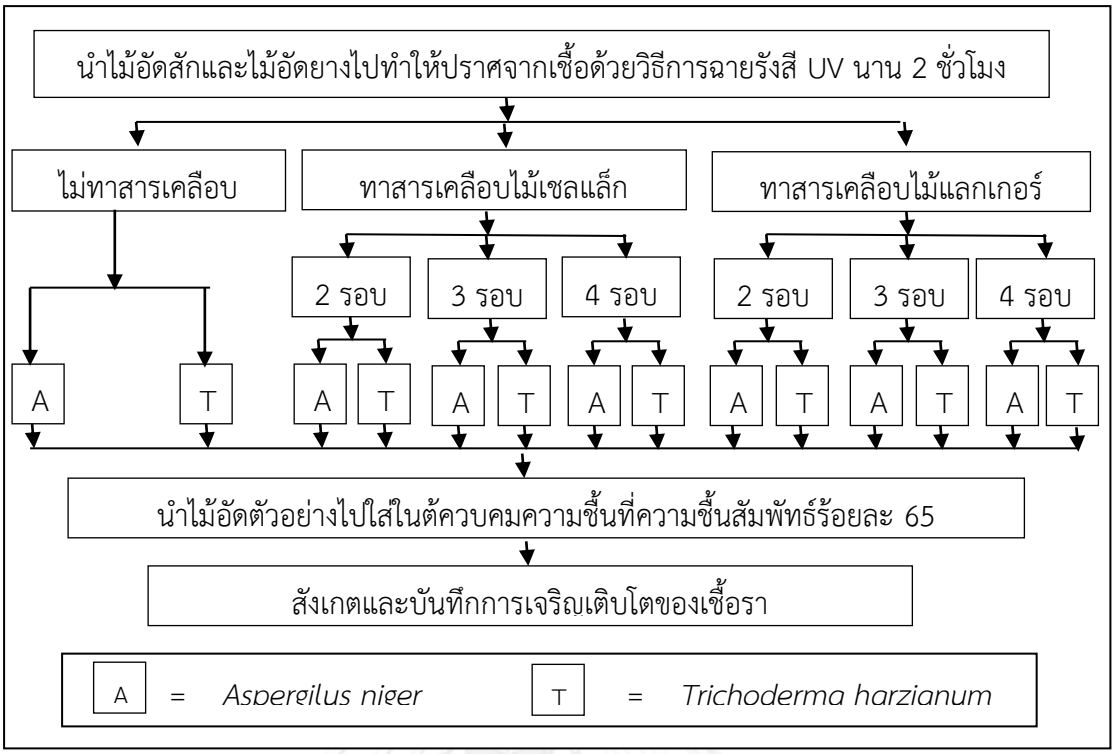
$$\text{ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด} = \frac{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด} - \text{พื้นที่การเติบโตของเชื้อรา}}{\text{พื้นที่ผิวไม้อัด}} \times 100 \quad (4)$$

7) ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1) - 6) แต่เปลี่ยนชนิดของเชื้อราเป็น *Trichoderma harzianum*

8) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

<u>หมายเหตุ</u> – ก่อนทำการทดลองทุกครั้งจะทำความสะอาดตู้ควบคุมความชื้นด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 6 ในอัตราส่วนผสม สารละลายคลอรีน ต่อ น้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (กรมควบคุมโรค , 2554)

- ในการทดลองทุกครั้งจะมีชุดการทดลองควบคุมอยู่ทั้งภายใน และภายนอกตู้ควบคุมความชื้น



ภาพที่ 3.10 แผนผังชุดการทดลองการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ
ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

3.4.4 การศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา

ใช้วิธีทดสอบแบบ Disc diffusion techniques ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นวิธีที่ปฏิบัติง่าย สะดวก และรวดเร็วใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่นๆ วิธีนี้เป็นการทดสอบในเชิงคุณภาพ สามารถบอกผลได้ว่าเชื้อมีความไวต่อการทดสอบหรือไม่

หลักการทั่วไปของการทดสอบวิธีนี้ คือ ใช้หลักการแพร่ของสารละลายที่หยดลงบนกระดาษกรอง (Filter paper disc) ที่เตรียมไว้ก่อนซึมไปในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้กระจายเชื้อ (Spread) ในจำนวนที่เหมาะสม โดยสารละลายจะแพร่จากจุดเริ่มต้นไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อระยะทางที่สารละลายแพร่ออกไปเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นก็จะลดลงทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้น ณ จุดต่างๆกันรอบแผ่นกระดาษกรอง ในขณะเดียวกันเชื้อราบนผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ถูกยับยั้งโดยสารออกฤทธิ์ ณ ความเข้มข้นของสารละลายที่จุดใดๆก็จะเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นจนเห็นได้ชัด แต่บริเวณใกล้กระดาษกรองซึ่งมีความเข้มข้นของสารมากพอที่จะยับยั้งเชื้อได้ จะไม่มีการเจริญของเชื้อให้เห็นจึงเกิดเป็นโซนใส (Inhibition zone) ขึ้นอัตราการแพร่ของสารละลายออกฤทธิ์ผ่านไปในอาหารเลี้ยงเชื้อมีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส ซึ่งจะบอกถึงความสามารถของสารที่นำมาทดสอบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้มากน้อยเพียงใด ผลการยับยั้งเชื้อราวัดได้จากขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 3.9

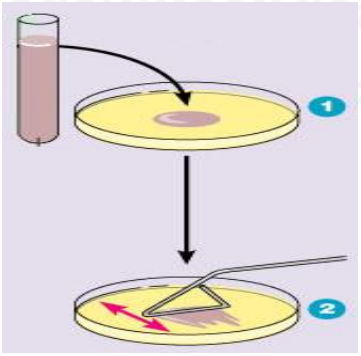
ตารางที่ 3.9 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของสารละลายเชลแล็ก

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ทดลอง
ตัวแปรต้น - ปริมาณเชื้อรา - ปริมาณสารเคลือบไม้สังเคราะห์	 - 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร - ปริมาณ 1 มิลลิลิตร
ตัวแปรตาม - ปริมาณเชื้อรา	
สภาวะควบคุม - อุณหภูมิ	 - 35 - 37 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการทดลอง (Mcginnis R.M. and Rinaldi M.G., 1996)

1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) โดยละลาย PDA ผงสำเร็จรูป 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละประมาณ 8-10 มิลลิลิตร ก่อนนำอาหารเลี้ยงเชื้อมาใช้ในการทดสอบควรนำไปทำให้แห้ง ไม่มีหยดน้ำ/ไอน้ำ โดยนำไปวางในตู้ Laminar flow ไม่เกิน 30 นาที ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อหรือไม่ก่อนนำไปทดลอง

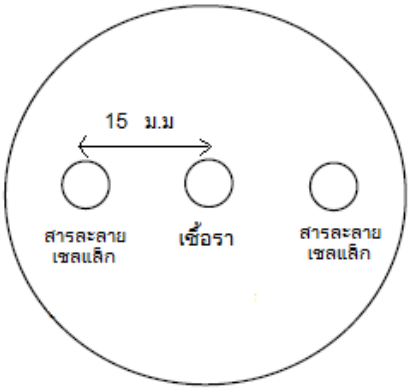
2)ทำการทดลองในตู้ Laminar flow เริ่มจากใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที



ภาพที่ 3.11 การเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วจานเพาะเชื้อด้วยแท่งแก้วรูปตัว L

3) ใช้ปากคีบ (Forceps) คีบกระดาษกรองปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรที่นำไปแช่ในสารละลายเชลแล็ก วางบนจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ข้างต้นแล้วกดเบาๆ มา

วางที่ตำแหน่งที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.13 โดยให้มีระยะห่างจากเชื้อราทดสอบ 15 มิลลิเมตร นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 - 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง



ภาพที่ 3.12 ตำแหน่งที่จะวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิลิตร

4) บันทึกผลโดยวัดระยะการเจริญของเชื้อรา เปรียบเทียบระหว่างเชื้อราที่เจริญบนจานเพาะที่มีแผ่นกระดาษกรองหยดสารละลายเซลแล็กกับจานเพาะเชื้อราควบคุมแล้วหาร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดังสมการที่ (4) ดังนี้

ร้อยละยับยั้งการเจริญเติบโต = $\left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100$ (4)

A = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อในชุดควบคุม

B = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายเซลแล็ก

5) ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1) – 4) แต่เปลี่ยนเชื้อราเป็น *Trichoderma harzianum*

6) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.4.5 การกำจัดเชื้อราบนพื้นผิววัสดุภายหลังจากการทดลอง

การกำจัดเชื้อราภายหลังจากการทดลองใช้วิธี Autoclaving เป็นการ Sterilization โดยใช้ไอน้ำเดือดภายใต้ความดันสูงภายในหม้อปรับความดัน (Autoclave) โดยนำตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องการทำ sterilization ลงไปใน autoclave แล้ว จะต้องปิดฝาหมุนล็อคให้แน่น เมื่อต้มน้ำเดือดกลายเป็นไอ ไอน้ำจะสะสมอยู่ภายในทำให้ความดันไอเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยเครื่อง Autoclave จะปรับตั้งความดันไว้ที่ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ซึ่งอุณหภูมิไอน้ำเดือดจะสูงถึง 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบนาน 15 นาที จุลินทรีย์ทุกชนิดภายใน Autoclave จะถูกทำลายหมด

3.5 สรุปชุดการทดลองในงานวิจัย

การทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปชุดการทดลองได้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 สรุปชุดการทดลองในงานวิจัย

การทดลอง	จำนวนชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง
1. การทดสอบเบื้องต้น	75 ชุด	1 เดือน
2. การหาค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content :EMC)	84 ชุด	1 เดือน
3. การหาความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity : WHC)	42 ชุด	2 เดือน
4. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง	96 ชุด	2 เดือน
5. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง	96 ชุด	2 เดือน
6. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป	96 ชุด	2 เดือน
7. ศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา	40 ชุด	2 สัปดาห์
สรุปชุดการทดลองทั้งหมด	**529 ชุด**	**8 เดือน**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 แผนการดำเนินงานวิจัย

แผนงานดำเนินงานในงานวิจัยนี้ แสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ขั้นตอน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ค้นคว้าทบทวนเอกสารและออกแบบการทดลอง												
2. สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์												
3. เตรียมวัสดุและอุปกรณ์												
4. การทดลองทดสอบวัสดุ												
5. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุ												
6. ศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา												
7. เก็บรวบรวมผลการทดลอง												
8. สรุปผลการทดลอง พร้อมเขียนวิทยานิพนธ์												
9. สอบวิทยานิพนธ์												

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ดังนี้

(1) ผลการทดสอบวัสดุจากการทดลองการหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ

(2) ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุทั้งในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง และในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

(3) การศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา

จากผลการทดลองทั้ง 3 การทดลองนี้ ได้นำมาประกอบการวิเคราะห์ วิจารณ์ และสรุปผลร่วมกันเพื่อใช้ตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ

ในงานวิจัยได้ทำการทดลองนี้เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำการทดลองโดยนำไม้อัดสักในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ ไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบโดยทำการหาความแตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดลอง พบว่า ไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการทดสอบที่อยู่ในจานเพาะเชื้อที่ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อไม่พบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดตลอดระยะเวลา 2 สัปดาห์ที่ทำการบ่ม ในขณะที่ไม้อัดตัวอย่างที่อยู่ในสภาวะที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นั้นพบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดอย่างสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน โดยสังเกตเห็นการ

เติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสัปดาห์ที่สองที่ทำการบ่ม เมื่อนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่อยู่ในสภาวะมีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์น้ำท่วม โดยสภาวะมีอาหารเลี้ยงเชื้อเปรียบเสมือนน้ำเสียที่มาพร้อมกับน้ำท่วม ทำให้มีอาหารเพียงพอ และสภาวะที่ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเปรียบเสมือนสภาวะปกติเพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อรา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกทำการทดลองการเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะมีอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องจากสามารถสังเกตเห็นการเติบโตของเชื้อราได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.1 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดในสภาวะไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและมีอาหารเลี้ยงเชื้อ

ประเภทไม้อัด	**การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะ**		**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**
	ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ	**มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA**	
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบ	0.00	9.78±1.07	Sig = 0.0001
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก	0.00	3.22±0.60	Sig = 0.0007
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์	0.00	3.53±0.36	Sig = 0.0001

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2 การทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนไม้อัดที่มีการเคลือบผิวแบบชำรุดและไม่ชำรุด

ในงานวิจัยได้ทำการทดลองนี้เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการเคลือบผิวแบบชำรุดและไม่ชำรุด โดยทำการทดลองโดยนำไม้อัดสักในสภาวะที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ มาทำให้เกิดการรอยชำรุดโดยการใช้เข็มปลอดเชื้อขูดบริเวณผิวหน้าไม้อัดและนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่

ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบโดยทำการหาความแตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ที่สารเคลือบไม้ไม่ชำรุดและสารเคลือบไม้ถูกทำให้ชำรุดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยพบการเติบโตภายในสัปดาห์ที่ 2 ที่ทำการทดลอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกทำการทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในกรณีที่ไม้อัดไม่มีรอยชำรุด

ตารางที่ 4.2 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดที่มีการเคลือบผิวไม้อัดแบบชำรุดและไม่ชำรุด

ประเภทไม้อัด	**การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะ**		**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**
	ไม่ชำรุด	**ชำรุด**	
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก	3.30±0.62	3.03±0.64	Sig = 0.6197
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์	3.81±0.28	3.86±0.21	Sig = 0.8200

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.3 การทดลองหาระยะเวลาเหมาะสมที่จะหยดสารละลายเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการทาสารเคลือบไม้

ในงานวิจัยได้ทำการทดลองนี้เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะหยดสารละลายเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่มีการทาสารเคลือบไม้ ทำการทดลองโดยนำไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 14 วัน ตามลำดับ ไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี UV นาน 2 ชั่วโมง ทำการทดลองในตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการถ่ายรูป ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบโดยทำการหาความแตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์

ทางสถิติแบบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดลอง พบว่า การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ที่หยดสารละลายเชื้อราหลังจากทาสารเคลือบไม้เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 14 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบการเติบโตภายในสัปดาห์ที่ 2 ที่ทำการทดลองและเมื่อครบ 2 สัปดาห์ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ไม้อัดที่ทาสารเคลือบเป็นระยะเวลา 14 วันก่อนนำมาทดลอง

ตารางที่ 4.3 การเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดที่หยดสารละลายเชื้อราหลังทาสารเคลือบไม้เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 14 วันตามลำดับ

ประเภทไม้อัด	การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาวะ		เปรียบเทียบทางสถิติ
	หยดสารละลายเชื้อรา หลังทาสารเคลือบไม้ 7 วัน	หยดสารละลายเชื้อรา หลังทาสารเคลือบไม้ 14 วัน	โดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก	3.28±0.52	3.20±0.31	Sig = 0.8446
ไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์	3.95±0.26	4.22±0.38	Sig = 0.3723

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

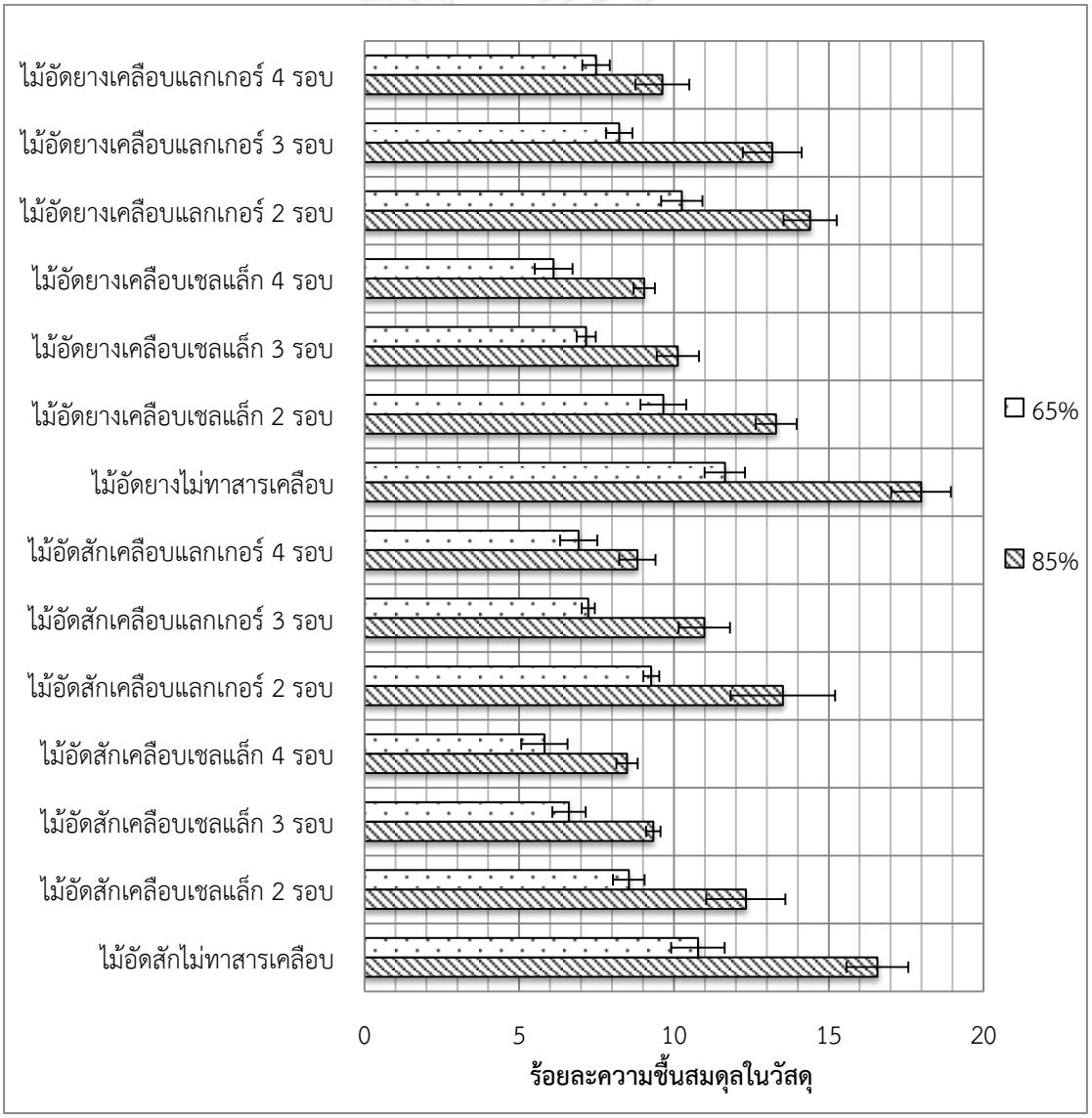
4.2 ผลการทดสอบวัสดุ

การทดสอบวัสดุ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ การทดลองหาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ และการทดลองหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ (Equilibrium moisture content, EMC)

การทดลองนี้ได้หาค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ คือปริมาณความชื้นของวัสดุที่อยู่ในสภาวะสมดุลกับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีค่าความชื้นคงที่ ซึ่งภาวะสมดุลนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ลักษณะโครงสร้างของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ทำการทดลองโดยปล่อยให้ไม้อัดให้อยู่ภายในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตามที่ได้กำหนดไว้ โดยการทดลองกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นไว้ 2 ช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ คือ ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงร้อยละ 65±3 ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพความชื้นในอากาศโดยทั่วไปในฤดูร้อนของประเทศไทย และช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วง

ร้อยละ 85±3 เป็นสภาพความชื้นในอากาศในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกต่อเนื่องหลายวันและรวมถึงในช่วงที่เกิดอุทกภัย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) โดยทำการทดลองเป็นเวลา 2 เดือนหรือจนกระทั่งความชื้นในไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยการทาสารเคลือบไม้ 1 รอบ จะได้ความหนาของฟิล์มเมื่อแห้งไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีรองพื้นไม้ (มอก. 327-2551) ตามลำดับเข้าสู่สภาวะสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ใช้ในการทดลองทั้ง 2 ช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยสังเกตได้จากน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ในการทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลง และน้ำหนักของวัสดุนั้นคงที่ โดยผลของค่าความชื้นสมดุลในวัสดุจากการทดลองนี้ แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบและ 4 รอบ ตามลำดับในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงร้อยละ 65±3 และ85±3

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย โดยพิจารณาดังนี้กรณีที่ไม่ทาสารเคลือบไม้พบว่าไม้อัดสักในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 มีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุร้อยละ 10.77±0.87 และที่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 มีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุร้อยละ 16.57±1.00 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0016) โดยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นค่าความชื้นสมดุลในวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 34.97 ในขณะที่ไม้อัดยางในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 มีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุร้อยละ 11.64±0.65 และที่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 มีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุร้อยละ 17.98±0.97 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0006) โดยค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.25 ซึ่งค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบที่ได้จากการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ (Eckelman C.A., 201 ที่ทำการทดลองหาค่าความชื้นสมดุลในไม้อัด ที่อุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส พบว่าไม้อัดที่ไม่ได้ทาสารเคลือบไม้ในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65 มีค่าความชื้นสมดุลเท่ากับร้อยละ 11 ในขณะที่ ไม้อัดที่ไม่ได้ทาสารเคลือบไม้ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85 ค่าความชื้นสมดุลมีค่าเท่ากับร้อยละ 17 ซึ่งมีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 35.29 และยังสอดคล้องกับข้อมูลของ CertiWood Technical Centre, 200 ที่ทำการทดลองในค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10 – 100 พบว่าค่าความชื้นสมดุลในวัสดุที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 2 – 28 ค่าความชื้นสมดุลปกติของไม้อัดอยู่ที่ร้อยละ 7 – 16 โดยพบว่าไม้อัดในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 60 - 70 มีค่าความชื้นสมดุลร้อยละ 11 - 13 ในขณะที่ไม้อัดในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 80 - 90 มีค่าความชื้นสมดุลร้อยละ 16 – 20 ซึ่งมีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 31.25 – 35.00 สอดคล้องกับข้อมูลของ (Thoemen H. และคณะ, 201 ที่ทำการทดลองในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65 มีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุร้อยละ 12 ในขณะที่ไม้อัดในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85 มีค่าความชื้นสมดุลร้อยละ 18 ซึ่งมีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 33.33 โดยพบว่าค่าความชื้นสมดุลของไม้เป็นปัจจัยที่ทำให้ทราบความแข็งของเนื้อไม้อัด สอดคล้องกับผลที่แสดงใน Wood Handbook: Wood as an Engineering Material (Forest Products Laboratory United States Department of Agriculture, 2010) ที่พบว่าในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65 ที่อุณหภูมิ 21 – 37 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นสมดุลร้อยละ 11.2 – 12.0 และในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85 ที่อุณหภูมิ 21 – 37 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นสมดุลร้อยละ 17.0 – 17.9 นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความชื้นสมดุล นั้นคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะส่งผล

ให้ไม้อัดมีค่าความชื้นสมดุลในวัสดุลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นของโมเลกุลของน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น นำไปสู่การลดลงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ

เมื่อนำค่าความชื้นสมดุลของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบที่ได้จากการทดลองในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 และ 85±3 มาเปรียบเทียบพบว่าไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบมีค่ามากกว่าไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบประมาณร้อยละ 7.47 และร้อยละ 7.86 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.237 และ Sig. = 0.153)

กรณีทาสารเคลือบไม้พบว่าไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและแลกเกอร์นั้น ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.54±0.51 เคลือบเซลแล็ก 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.61±0.54 และเคลือบเซลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.81±0.75 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.26±0.26 เคลือบแลกเกอร์ 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.23±0.21 และเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.92±0.60 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดยางเคลือบเซลแล็กจำนวน2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.65±0.74 เคลือบเซลแล็ก 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.16±0.30 และเคลือบเซลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.11±0.61 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.25±0.67 เคลือบแลกเกอร์ 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.23±0.42 และเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.48±0.44 และในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 85±3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.32±1.28 เคลือบเซลแล็ก 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.33±0.23 และเคลือบเซลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.48±0.34 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 13.52±1.69 เคลือบแลกเกอร์ 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.98±0.83 และเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.82±0.59 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 13.30±0.66 เคลือบเซลแล็ก 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.12±0.68 และเคลือบเซลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.04±0.34 ค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 14.39±0.86 เคลือบแลกเกอร์ 3 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 13.18±0.95 และเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.63±0.87

จากการทดลองพบว่าไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กมีค่าความชื้นสมดุลน้อยกว่าไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ทั้ง 2 ชนิดไม้อัดที่ทำการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบในกรณีของไม้อัดยางทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 3 รอบ พบว่าไม้อัดยางทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก 3 รอบ มีค่าความชื้นสมดุลน้อยกว่าไม้อัดยางทาเคลือบแลกเกอร์อยู่ร้อยละ 23.16 ซึ่งมีค่า

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.011) โดยค่าที่ได้จากการทดลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลของ United States Department of Agriculture Handbook No.647 (U.S. Department of Agriculture, 1986) ที่แสดงผลการที่ทดลองที่ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ทั่วไปในอากาศมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 30 – 90 เป็นเวลา 14 วัน โดยแสดงผลเป็นร้อยละ คือ ค่าร้อยละ 100 แสดงว่ามีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำอย่างสมบูรณ์ และร้อยละ 0 แสดงว่า ไม่มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำเช่นเดียวกับไม้ที่ยังไม่ถูกเคลือบ โดยผลแสดงว่า สารเคลือบไม้เชลแล็กมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำถึงร้อยละ 42 ในขณะที่ สารเคลือบไม้ไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์มีค่าความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำแค่ร้อยละ 19 ซึ่งพบว่าสารเคลือบไม้เชลแล็กมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้มากกว่าสารเคลือบไม้ไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ถึงร้อยละ 54.76 แต่จากผลการทดลองพบว่าสารเคลือบไม้เชลแล็กมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้มากกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์ร้อยละ 23.16 สาเหตุที่มีค่าแตกต่างเนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองไม่เท่ากัน

พิจารณาในกรณีจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบตามลำดับ พบว่า จำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้มากขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นสมดุลในไม้มีค่าลดลง ทั้ง 2 ชนิดของไม้อัดที่ทำการทดสอบ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบในกรณีของไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบพบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0005) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลของของ U.S. Department of Agriculture, 1999) ที่ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพความสามารถในการซึมผ่านน้ำของสารเคลือบไม้แต่ละชนิดบนไม้ตัวอย่างมาตรฐาน แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นของสารเคลือบไม้และระยะเวลาที่แตกต่างกันของการสัมผัสความชื้น ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ทั่วไปในอากาศมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 30 – 90 เป็นเวลา 14 วัน โดยแสดงผลเป็นร้อยละ ค่าร้อยละ 100 แสดงว่ามีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำอย่างสมบูรณ์ และร้อยละ 0 แสดงว่าไม่มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำเช่นเดียวกับไม้ที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทำการศึกษาสารเคลือบไม้เชลแล็กที่เคลือบบนผิวไม้เป็นจำนวน 1 – 6 รอบ และสารเคลือบไม้แลกเกอร์ที่เคลือบบนผิวไม้เป็นจำนวน 1 - 3 รอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่4.4ร้อยละความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านน้ำของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์

สารเคลือบ	ร้อยละความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ			
	จำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้	1 วัน	7 วัน	14 วัน
สารเคลือบไม้เชลแล็ก	1	65	10	3
	2	84	43	20
	3	91	64	42
	4	93	75	58
	5	94	81	67
	6	95	85	73
สารเคลือบไม้แลกเกอร์	1	40	4	1
	2	70	22	8
	3	79	37	19

4.2.2 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ (Water holding capacity,WHC)

การทดลองนี้เป็นการจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วม โดยให้วัสดุจมอยู่ในน้ำทำการทดลองเป็นเวลา 2 เดือน จนไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบและ 4 รอบ อยู่ในสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งสังเกตได้จากน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ในการทดลองเริ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง และน้ำหนักของวัสดุนั้นคงที่ โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบและ 4 รอบ

วัสดุที่ทำการทดสอบ	ร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้	91.03±3.56
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ	66.22±1.80
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ	57.74±2.17
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ	54.92±1.20
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ	75.45±1.08
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ	67.39±1.16

วัสดุที่ทำการทดสอบ	ร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ	63.57±2.41
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้	107.12±0.95
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ	93.36±0.71
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ	88.26±0.89
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ	80.73±0.56
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ	98.02±1.14
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ	90.71±1.41
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ	86.80±1.77

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 107.12±0.95 รองลงมาเป็นไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้มีค่าเท่ากับ 91.03±3.56 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างชนิดของไม้อัดที่ทำการทดลอง พบว่า ค่าความสามารถในการอุ้มนำของไม้อัดสักและไม้อัดยางมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0016) โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้ไม้อัดยางมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่สูงกว่าไม้อัดสักเนื่องจากไม้อัดยางเป็นไม้อัดที่ไม่มีการนำเยื้อไม้หรือวีเนียร์ของไม้จริงมาปิดทับบริเวณผิวหน้า ทำให้มีรูพรุนและความขรุขระมากกว่าไม้อัดสักที่มีการนำวีเนียร์ของไม้สักมาปิดบริเวณผิวหน้าของไม้อัด เนื่องจากเยื่อไม้สักที่นำมีปิดทับบริเวณผิวหน้าไม้อัดเพื่อทำไม้อัดสักนั้นมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดต่อกันเป็นแผ่นยาว เมื่อปิดบริเวณผิวหน้าไม้อัดทำให้ความพรุนลดลงบางส่วนและพื้นผิวบริเวณที่ขรุขระจะถูกแทนที่ด้วยความเรียบของเยื่อไม้สัก ทำให้การดูซึมน้ำของไม้อัดสักลดลง เพราะการดูดซับความชื้นของไม้อัดนั้นจะมีอยู่เฉพาะบริเวณชั้นผิวหน้าไม้ ยิ่งประกอบด้วยไม้บางหลายชั้น จะยิ่งดูดซับความชื้นได้น้อยลง (แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ, 2520)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ พบว่าได้ผลการทดลองเหมือนกันทั้ง 2 ชนิดไม้อัดที่ทำการทดสอบ คือ ไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ อาทิ กรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2

รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0015 Sig. = 0.0025 Sig. = 0.0051 ตามลำดับ)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบต่างกัน พบว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดมีค่าลดลง ทั้ง 2 ชนิดของไม้อัดที่ทำการทดสอบ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบไม้อัดสักทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 4 รอบที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 54.92±1.20 กับไม้อัดสักทาสารคเลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบพบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0008)

โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่ต่ำกว่าไม้อัดในสภาวะอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองจากงานวิจัยของ (T ezza T.A. and Krochta J.M., 2001 พบว่าฟิล์มของเชลแล็กเป็นฟิล์มที่มีคุณสมบัติที่ดีมากในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ และยังเป็นเป็นฟิล์มที่ให้ความเงางามสูง รวมถึงงานวิจัยของ (H genmaier R. aและ haw P.E., 1991 ที่พบว่าฟิล์มของเชลแล็กมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ น้ำ และแก๊สที่ต่ำ

ซึ่งการทดลองนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อการประเมินศึกษาความเสียหายของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ เพื่อดูแนวโน้มความเสียหายหลังจากถูกแช่น้ำเป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยผลที่ได้จากการทดลองนี้ สังเกตเห็นว่าร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของไม้อัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังเช่นในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้นั้นมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงถึงเกือบร้อยละ 100 อาจเป็นสาเหตุมาจากการทดลองในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักสุดท้ายหลังจากผ่านไปเป็นเวลา 2 เดือน โดยยังไม่ทิ้งให้ไม้อัดที่ทำการทดลองให้แห้งอย่างเพียงพอก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก เลยอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองแล้วยังคงพบว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำยิ่งมากยิ่งมีแนวโน้มที่ไม้อัดจะได้รับความเสียหายมาก

4.3 ผลการเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ

การทดลองนี้มี 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ (1) การทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง (2) การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง (3) การทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศปกติ โดยมีผลการทดลอง ดังนี้

4.3.1 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง

การทดลองนี้ได้นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ ที่ใช้ในการทดลองไป

แช่ในน้ำจนอยู่ในสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 1 วัน โดยน้ำที่นำมาแช่ไม้อัด คือ น้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-7 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที นำไม้อัดตัวอย่างที่แช่น้ำแล้วไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์และทำการทดลองในลักษณะเดียวกันอีกหนึ่งชุดการทดลอง แต่เปลี่ยนสารละลายเชื้อราจาก *Aspergilus niger* เป็น *Trichoderma harzianum* ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทำการวัดผลการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด โดยใช้โปรแกรม ImageJ คำนวณพื้นที่ของเชื้อราที่ปกคลุมพื้นผิวไม้อัด และนำมาคำนวณหาค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.4 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการทดลองสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่มจะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์แรกที่ทำการบ่มไม้อัดทุกสภาวะในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาผลจากการทดลองหลังจากบ่มครบ 8 สัปดาห์ ในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่า ไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิว มีค่าเท่ากับ 51.77±1.06 ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิว มีค่าเท่ากับ 47.20±1.99 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0245)

พิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบ พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 17.79±0.51 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 23.18±0.29 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0196)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัด พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 27.70±0.94

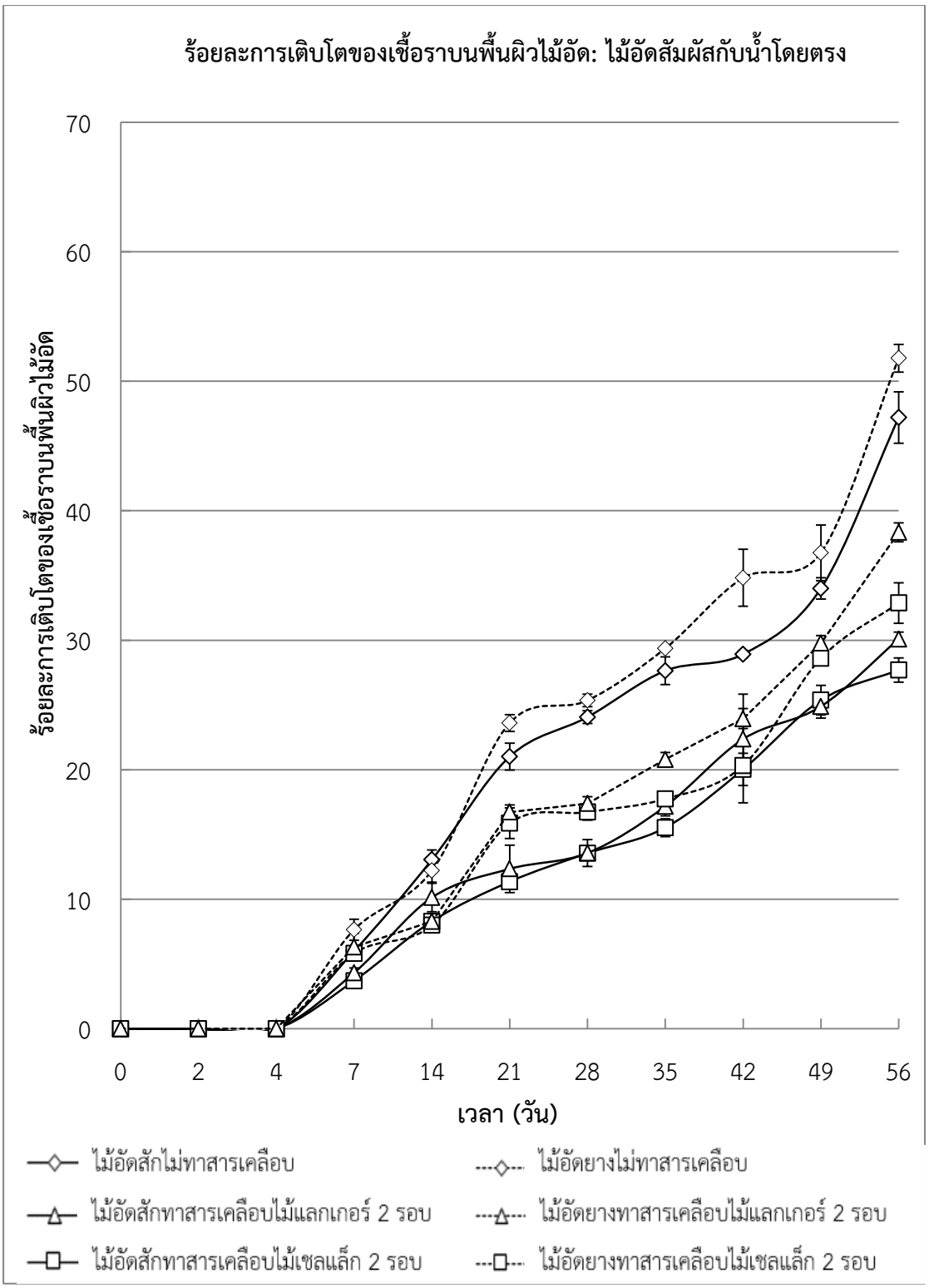
บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 24.35±0.16 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับ 17.79±0.51 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

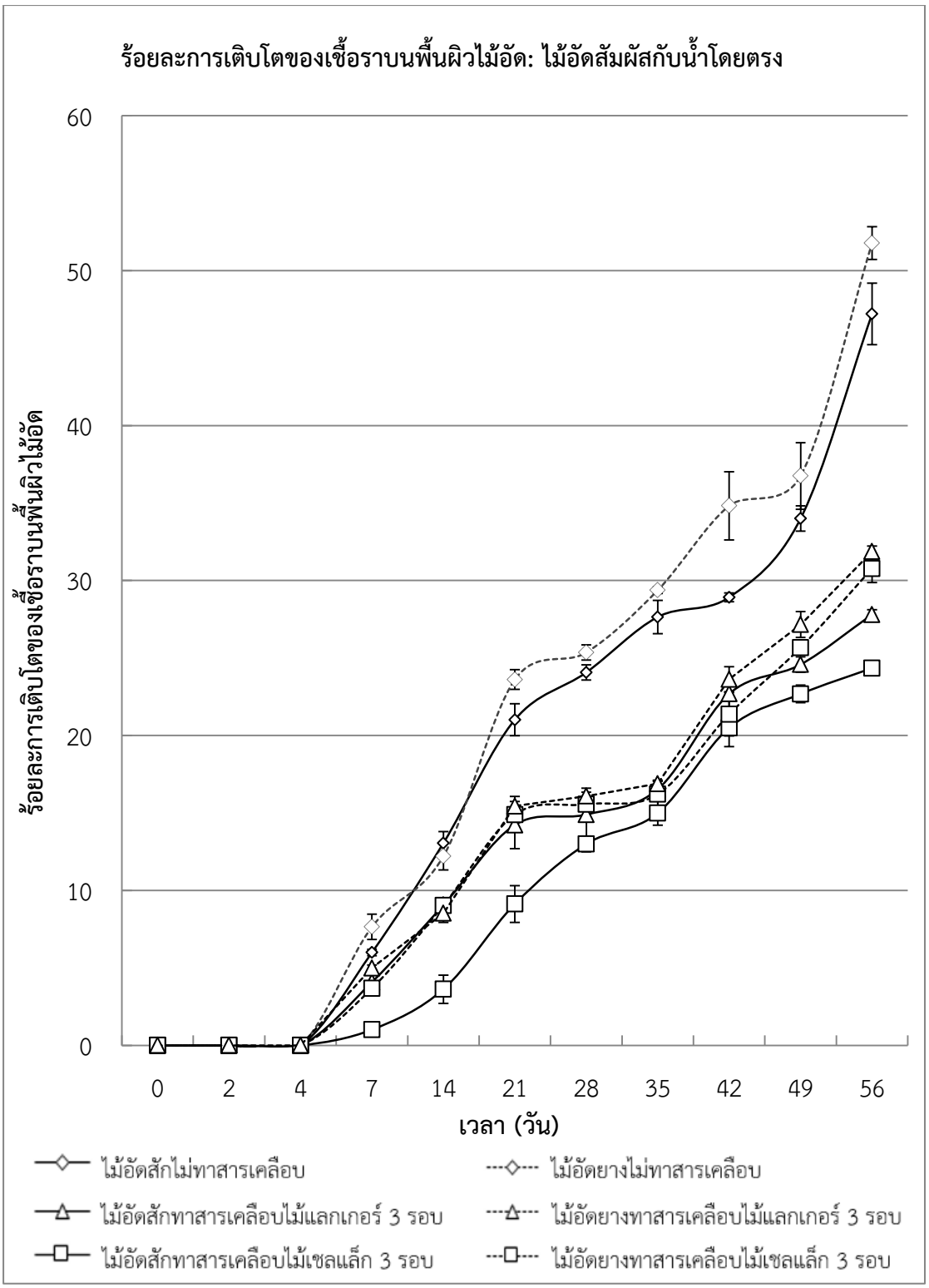
ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เชลแล็ก	27.70 ±0.94	24.35 ±0.16	17.79 ±0.51	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = 0.0001 Sig. = 0.0037 Sig. = 0.0001
	แลกเกอร์	30.10 ±0.53	27.80 ±0.31	19.25 ±0.44	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = 0.0030 Sig. = 0.0001 Sig. = 0.0001

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

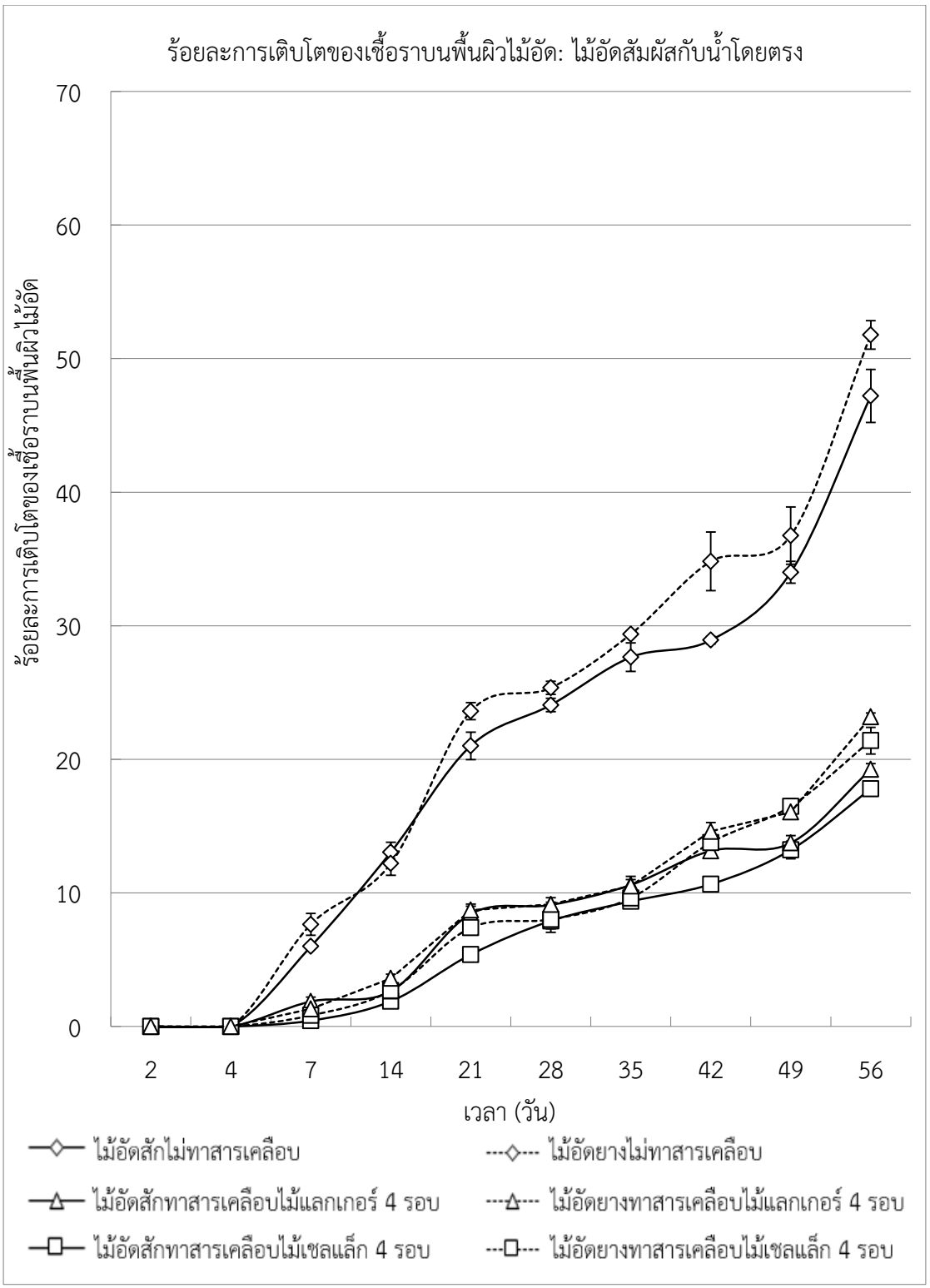
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.2 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม



ภาพที่ 4.3 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน)ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม



ภาพที่ 4.4 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน)ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และ ภาพที่ 4.7 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ให้สัมผัสน้ำโดยตรง 1 วันก่อนทำการบ่มจะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์แรกที่ทำการบ่มไม้อัดทุกสภาวะในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง จากการทดลองพบว่าการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มีแนวโน้มการเติบโตใกล้เคียงกับการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนพื้นผิวไม้อัดในทุกสภาวะที่ทำการทดลอง เพียงแต่การเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ใช้ระยะเวลาในการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดน้อยกว่าเชื้อรา *Aspergillus niger*

พิจารณาในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่าไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบยังคงเป็นไม้อัดที่มีความเหมาะสมที่สุดการในการสนับสนุนการเติบโตของเชื้อราโดยสังเกตุเห็นการเติบโตของเชื้อราได้อย่างชัดเจนภายใน 2 วันแรกที่ทำการบ่ม และหลังจากบ่มไม้อัดเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางมีค่าเท่ากับ 27.89±0.83 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 68.75 ภายในเวลา 3 สัปดาห์หลังจากทำการบ่ม โดยค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราคงที่ที่ 68.75 จนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง ในขณะที่ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้สามารถสังเกตุเห็นการเติบโตของเชื้อราได้อย่างชัดเจนภายใน 2 วันแรกที่ทำการบ่มและหลังจากบ่มไม้อัดเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางอย่างกว้างขวางมีค่าเท่ากับ 25.49±0.34 และเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดมีค่าเท่ากับ 68.75 และมีค่าคงที่เช่นนี้ไปจนครอบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดหลังจากบ่มเป็นระยะเวลา 7 วันมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0098)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบ ภายในสัปดาห์ที่ 6 ที่ทำการทดลองพบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 48.52±0.74 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 62.72±1.80 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0002)

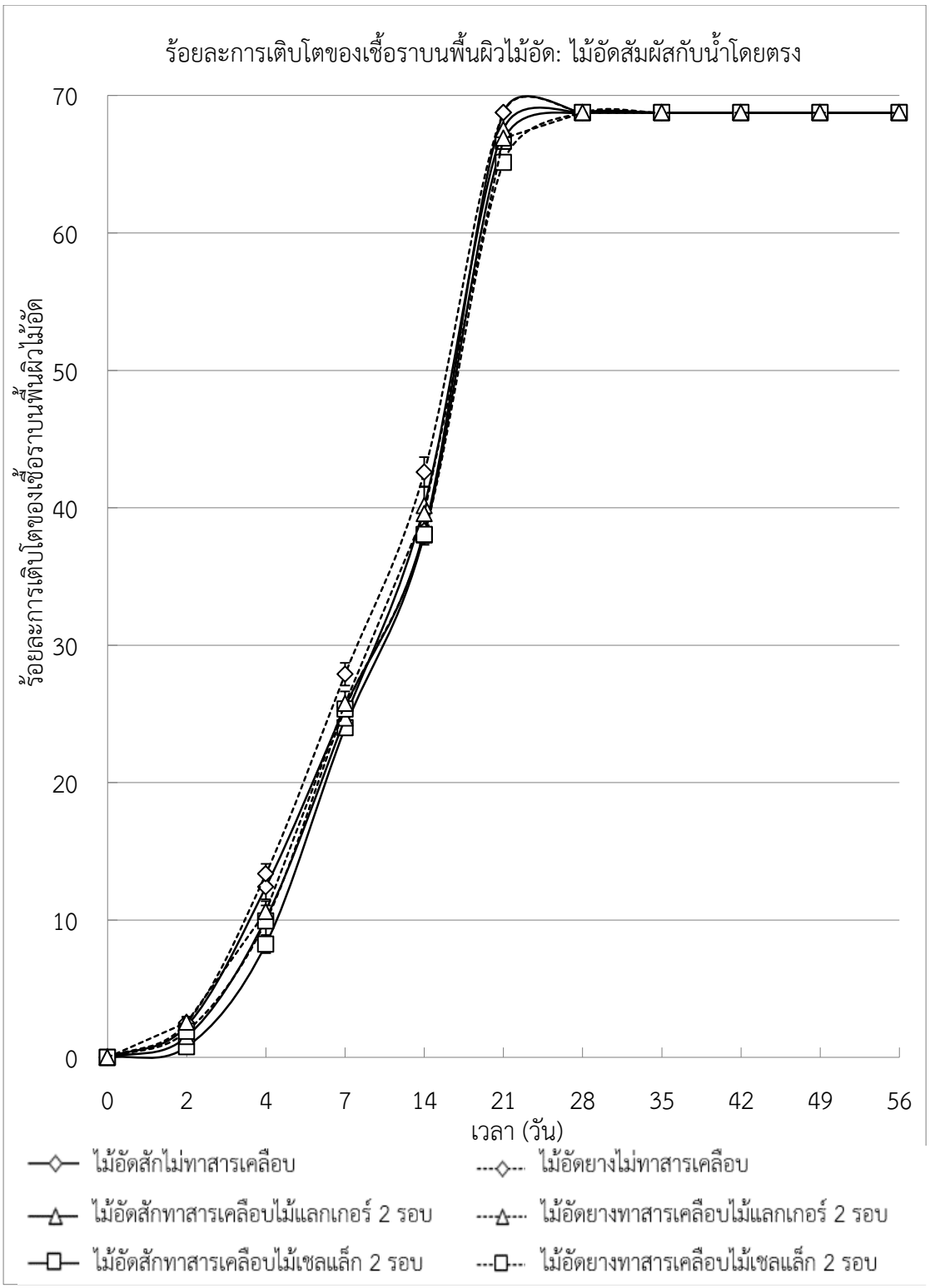
พิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัด ภายในสัปดาห์ที่ 6 ที่ทำการทดลอง พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับ 48.52±0.74 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากการสังเกตการเติบโตของเชื้อราพบการเติบโตของเชื้อราบริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดทั้ง 4 ด้านก่อน และหลังจากนั้นจึงสังเกตเห็นการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านบนของผิวไม้อัด แต่ไม่พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านล่างของผิวไม้อัดที่สัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องจากไม่มีอากาศในบริเวณนั้น ซึ่งการเติบโตของเชื้อราจำเป็นต้องอาศัยอากาศในการเติบโต จึงทำให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่มีค่าเท่ากับ 68.75 ถือว่าเชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวหน้าและผิวข้างของไม้อัดทั้งหมดและคงที่เช่นนี้ไปจนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง

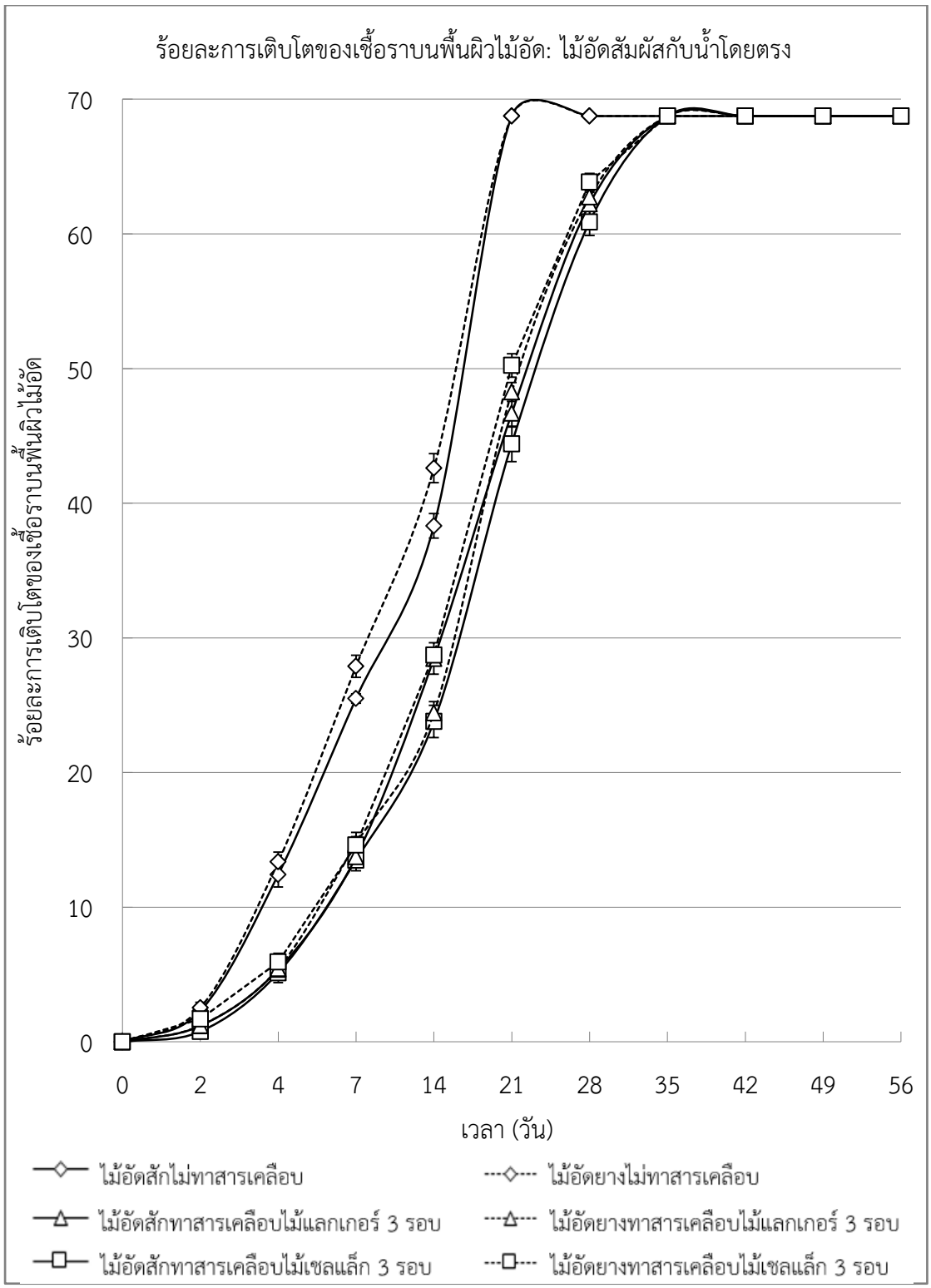
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 6 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของ เชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เซลแล็ก	68.75	68.75	48.52 ±0.74	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = หาค่าไม่ได้ Sig. = 0.0001 Sig. = 0.0001
	แลกเกอร์	68.75	68.75	62.72	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = หาค่าไม่ได้ Sig. = 0.0043 Sig. = 0.0043

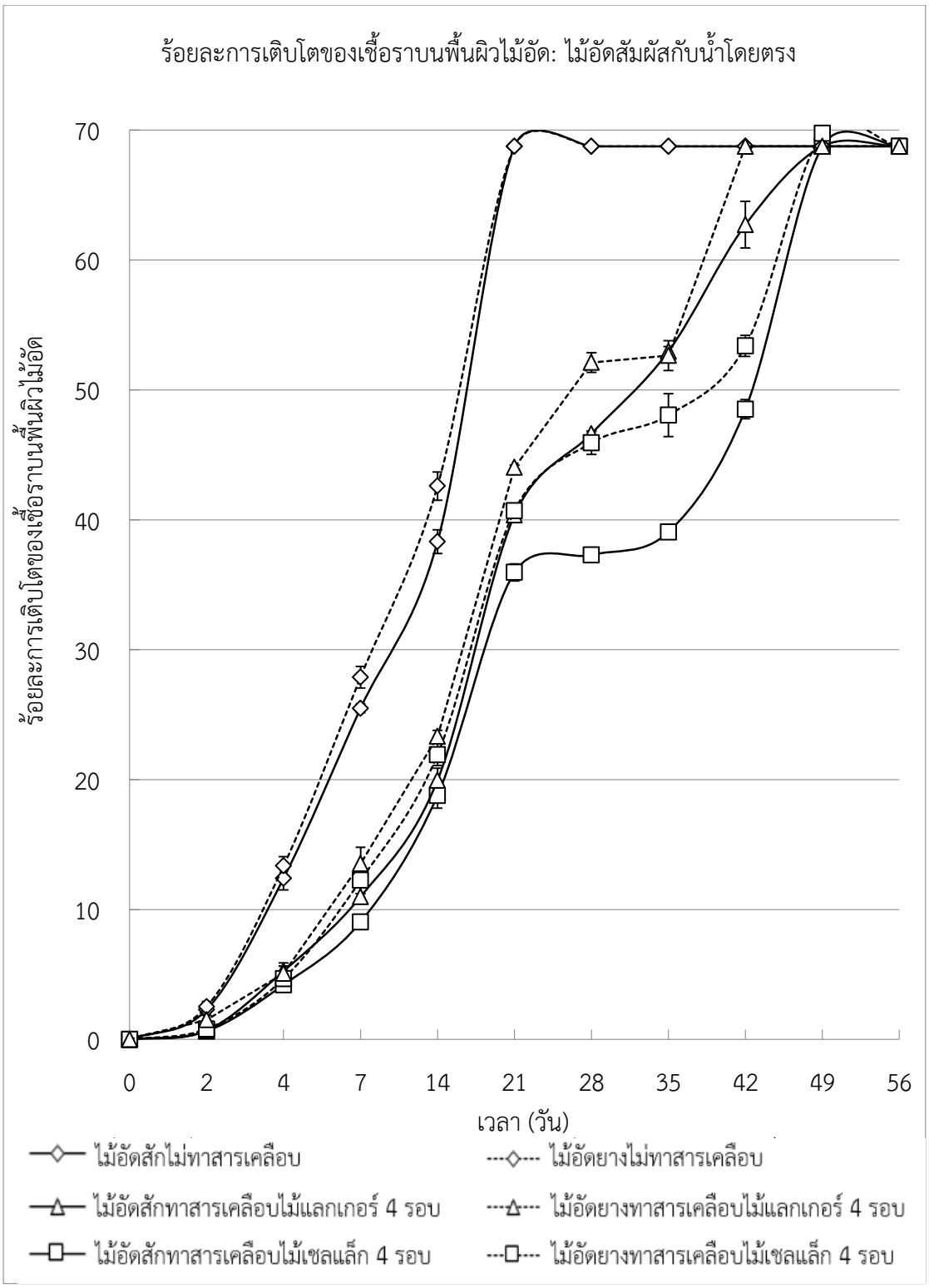
หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.5 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

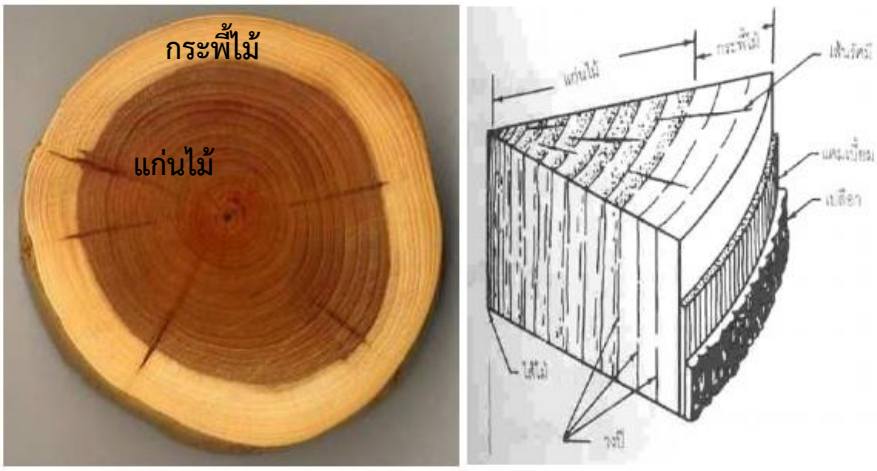


ภาพที่ 4.6 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม



ภาพที่ 4.7 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

จากผลการทดลองพบว่าไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มีร้อยละการเติบโตของเชื้อรามากกว่าไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ทั้ง 2 ชนิดเชื้อรา เนื่องจากไม้อัดยางไม่มีแผ่นเยื่อไม้ของต้นไม้จริงมาปิดทับบริเวณผิวหน้าของไม้อัด ส่วนไม้อัดสัก เป็นไม้อัดที่มีแผ่นเยื่อไม้ของต้นสักหนาประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตร มาปิดทับบริเวณผิวหน้าของไม้อัดยางเปรียบเสมือนเป็นสารเคลือบผิวเบื้องต้นของไม้อัด โดยไม้สักมีปริมาณลิกนินที่ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 33.95 ในขณะที่ปริมาณลิกนินของไม้ยางมีค่าประมาณร้อยละ 22.7 (อิบรอเฮม ยีดำ ระวี เจียรวิภาและสายัณห์ สดุดี, 2550) ซึ่งลิกนินประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็น phenyl propane เชื่อมต่อกันด้วยพันธะหลายชนิดสานต่อกันอย่างไม่มีระเบียบทำให้มีโครงสร้างที่ซับซ้อน เป็นสาเหตุให้ไม้ถูกย่อยสลายได้ยากจากเชื้อราและแบคทีเรีย (ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล และ อรรณพ นพรัตน์, 2548) และจากข้อมูลของสำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้พบว่า ไม้สักมีสารเคมีพิเศษ ชื่อ O-cresyl methyl ether ซึ่งสารเคมีชนิดนี้มีคุณสมบัติในด้านการป้องกันเนื้อไม้ให้คงทนต่อปลวก แมลง เห็ด และเชื้อรา และนอกจากนั้นไม้สักยังมีสารเทคโตควิโนน (Tectoguinone) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อปลวก มอด แมลง และเชื้อรา โดยสารเทคโตควิโนนและสาร O-cresyl methyl ether ส่วนมากจะพบในไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป โดยพบมากในบริเวณแก่นไม้ด้านใน (บริเวณสีน้ำตาลเข้ม) และจะพบน้อยลงเรื่อยจนถึงบริเวณกระพี้ไม้ (บริเวณสีน้ำตาลอ่อน) ดังภาพที่ 4.8 ซึ่งเยื่อไม้สักที่นำมาปิดทับบริเวณผิวหน้าไม้ของไม้อัดสักนั้นมาจากการนำซุงไม้สักไปต้มแล้วนำไปฝานป็นแผ่นบาง หนาประมาณ 1 – 3 มิลลิเมตร จึงทำให้ปริมาณสารเทคโต ควิโนนและสาร O-cresyl methyl ether นั้นมีความเข้มข้นเจือจางลง ทำให้คุณสมบัติในด้านการต้านทานต่อปลวก มอด แมลงและเชื้อราลดลง จึงจำเป็นต้องทาสารเคลือบไม้เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อไม้สัมผัสกับความชื้นซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดเชื้อรา (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, 2537)



ภาพที่ 4.8 ลักษณะของไม้

(ที่มา : http://www.finearts-psdg.com/n/Portals/0/2554C01/C06.pdf)

ส่วนกรณีที่ไม้อัดทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Van Den Bulcke J. และคณะ, 2007 และงานวิจัยของ (Jobakken L.R. และ Iessen K.M., 2007 ที่พบว่าไม้ที่ทาสารเคลือบไม้จะทำให้บริเวณผิวไม้ไม่มีรอยแตกหรือรอยแยกที่จะทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในผิวไม้ภายในได้ อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้ได้อย่างชัดเจน โดยวิธีการจำกัดการแพร่กระจายของสารอาหารภายในของพื้นที่ผิวของวัสดุ ซึ่งเป็นผลกระทบที่สำคัญในการเคลือบผิวไม้ สังเกตได้จากการทดลองที่พบว่า เมื่อหยดสารละลายสปอร์เชื้อรา *Aspergilus niger* ที่มีสารอาหารเพียงพอบริเวณด้านบนของพื้นที่ผิวไม้ที่ทำการทดลองพบว่าแม้เวลาการบ่มในการทดลองจะผ่านไป 2 เดือนก็ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้

การทดลองนี้ถูกออกแบบมาเพื่อจำลองสิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากที่วัสดุจะจมอยู่ใต้น้ำแล้วถูกเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง พบว่าความชื้นของวัสดุมีผลต่อร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยขอ (Andersen B. และคณะ, 201:) ที่เก็บตัวอย่างจากอาคารบ้านเรือนที่ได้รับผลกระทบจากการภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม น้ำซึมผ่านเข้าไปในอาคารอันเป็นผลจากหิมะละลาย ฝนตกหนัก เป็นต้น พบว่าวัสดุก่อสร้างที่รับการสัมผัสน้ำและอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 75 เป็นระยะเวลานานมีความเสี่ยงสูงที่จะพบการเติบโตของเชื้อราโดยปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการเติบโตของเชื้อราขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นและชนิดของวัสดุก่อสร้าง โดยปูนและคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีแนวโน้มสนับสนุนการเติบโตของเชื้อรามากที่สุดจากวัสดุทั้งหมด รองลงมาคือ ไม้ วอลเปเปอร์ และยิปซัม

4.3.2 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

การทดลองนี้ได้นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ นำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรังสี โดยเปิดแสง UV ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และทำการทดลองในลักษณะเดียวกันอีกหนึ่งชุดการทดลอง แต่เปลี่ยนสารละลายเชื้อราจาก *Aspergilus niger* เป็น *Trichoderma harzianum* ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทำการวัดผลการ

เจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด โดยใช้โปรแกรม ImageJ คำนวณพื้นที่ของเชื้อราที่ปกคลุมพื้นผิวไม้อัด และนำมาคำนวณหาค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัด

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ภาพที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.10 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการบ่มในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 ที่อุณหภูมิห้อง จะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองไม้อัดทุกสภาวะ โดยรูปแบบการเติบโตของเชื้อราพบว่ามีความคล้ายคลึงกับกรณีวัสดุที่ทำการทดลองได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่ม ดังนี้

พิจารณาผลจากการทดลองหลังจากบ่มครบ 8 สัปดาห์ ในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่า ไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิว มีค่าเท่ากับ 44.73±0.56 ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิว มีค่าเท่ากับ 40.42±0.99 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0022)

พิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบ พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 13.50±0.26 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 14.99±0.30 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(Sig. = 0.0028)

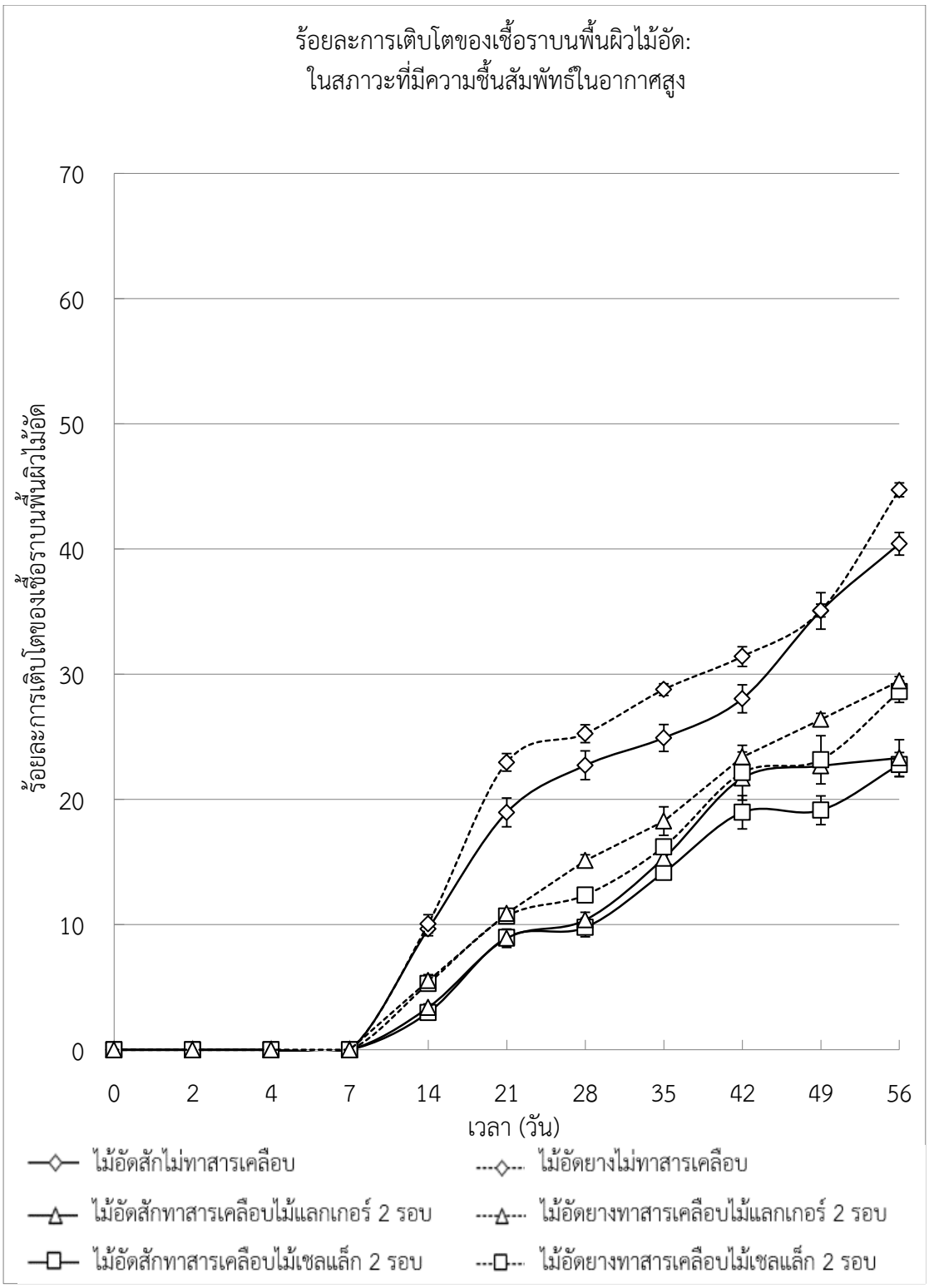
พิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัดพบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 22.78±0.97 บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 18.03±0.60 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 13.50±0.26 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0002) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergilus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

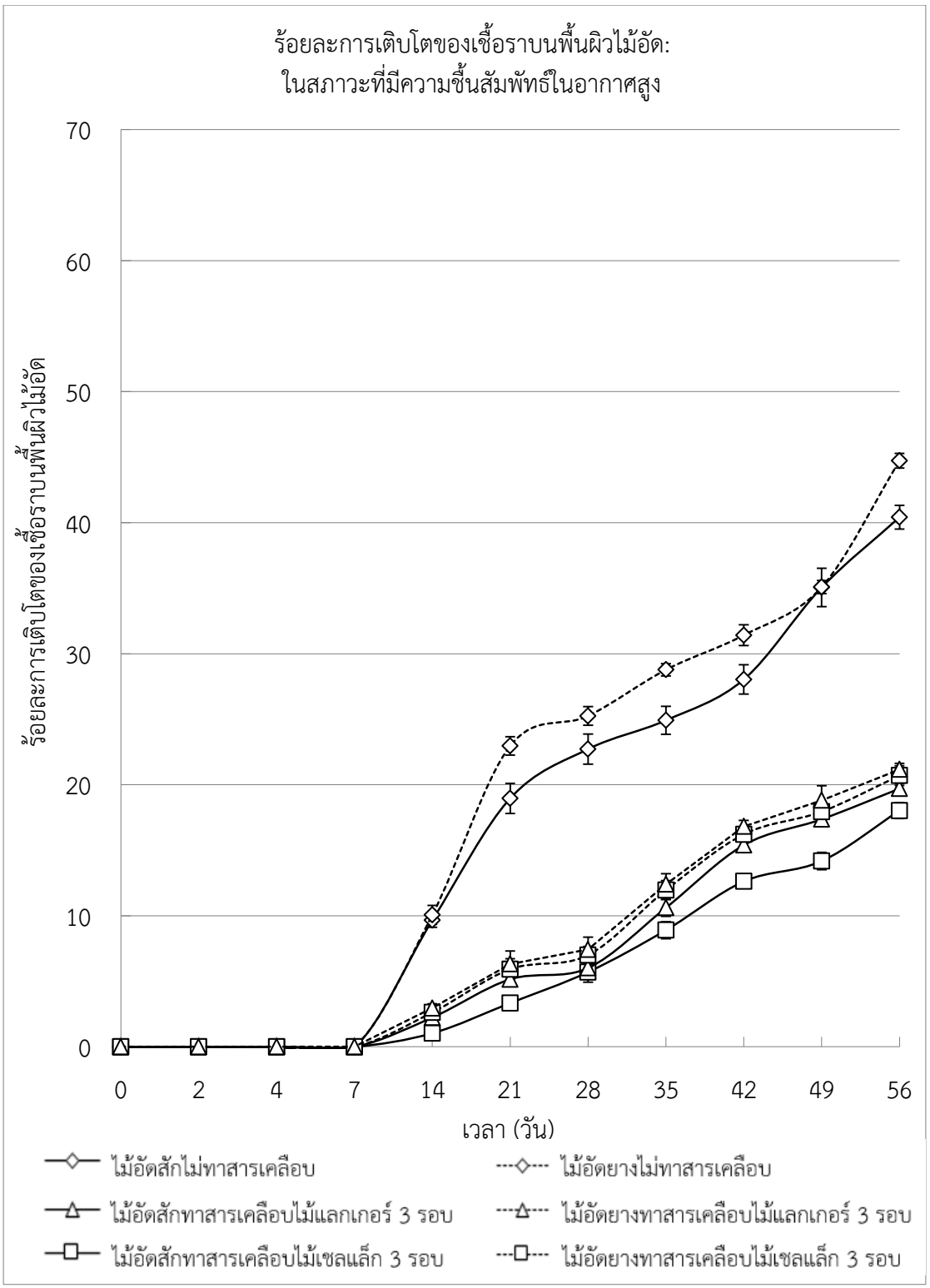
ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของ เชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เชลแล็ก	22.78 ±0.97	18.03 ±0.60	13.50 ±0.26	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = 0.0020 Sig. = 0.0001 Sig. = 0.0002
	แลกเกอร์	23.31 ±1.47	19.70 ±0.38	14.99 ±0.30	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig. = 0.0147 Sig. = 0.0007 Sig. = 0.0001

หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

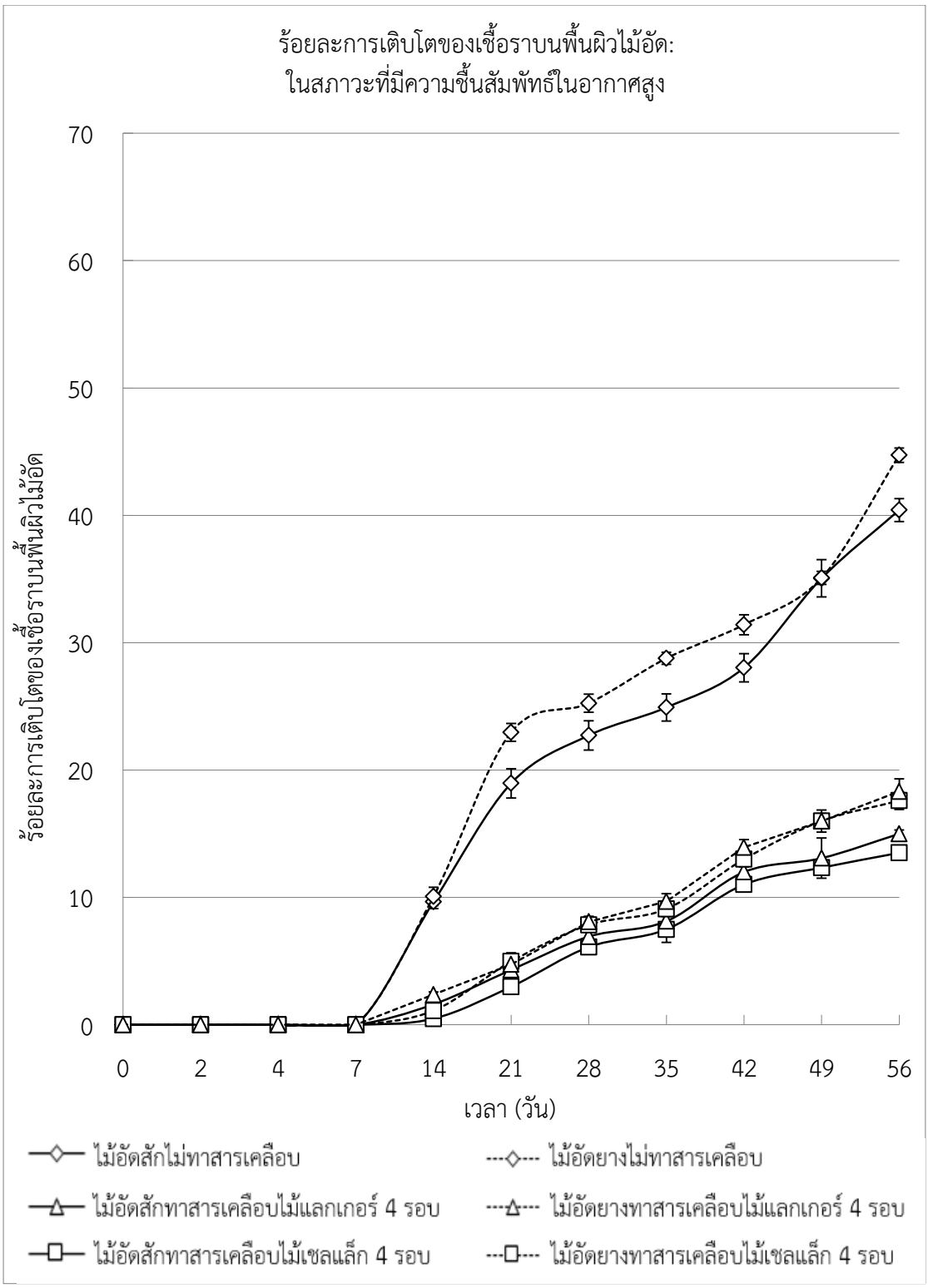
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.9 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง



ภาพที่ 4.10 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง



ภาพที่ 4.11 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.11 ภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการบ่มในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 85±3 จะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์แรกที่ทำการบ่มไม้อัดทุกสภาวะในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นโดยรูปแบบการเติบโตของเชื้อราพบว่ามีความคล้ายคลึงกับกรณีวัสดุที่ทำการทดลองได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่ม และมีแนวโน้มการเติบโตใกล้เคียงกับการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนพื้นผิวไม้อัดในทุกสภาวะที่ทำการทดลอง เพียงแต่การเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ใช้ระยะเวลาในการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดน้อยกว่าเชื้อรา *Aspergillus niger* โดยพบว่า

พิจารณาในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่าไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบยังคงเป็นไม้อัดที่มีความเหมาะสมที่สุดการในการสนับสนุนการเติบโตของเชื้อราโดยสังเกตุเห็นการเติบโตของเชื้อราได้อย่างชัดเจนภายใน 2 วันแรกที่ทำการบ่ม พบร้อยละการเติบโตของเชื้อรา ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางที่สังเกตเห็นได้มีค่าเท่ากับ 1.73±0.69 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์แรก และหลังจากบ่มไม้อัดเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ร้อยละการเติบโตของเชื้อรามีค่าเท่ากับ 68.75 และคงที่จนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง ในขณะที่ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบมีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดภายในสัปดาห์แรกใกล้เคียงกับไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบโดยหลังจากบ่มไม้อัดยางเป็นเวลา 2 วัน พบร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดมีค่าเท่ากับ 1.56±0.29 และเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์ที่ทำการทดลองพบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางมีค่าเท่ากับ 63.97±1.03 และใน 4 สัปดาห์ที่หลังจากทำการบ่ม ค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อรามีค่าเท่ากับ 68.75 และคงที่จนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลองเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดหลังจากบ่มเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์มาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0013)

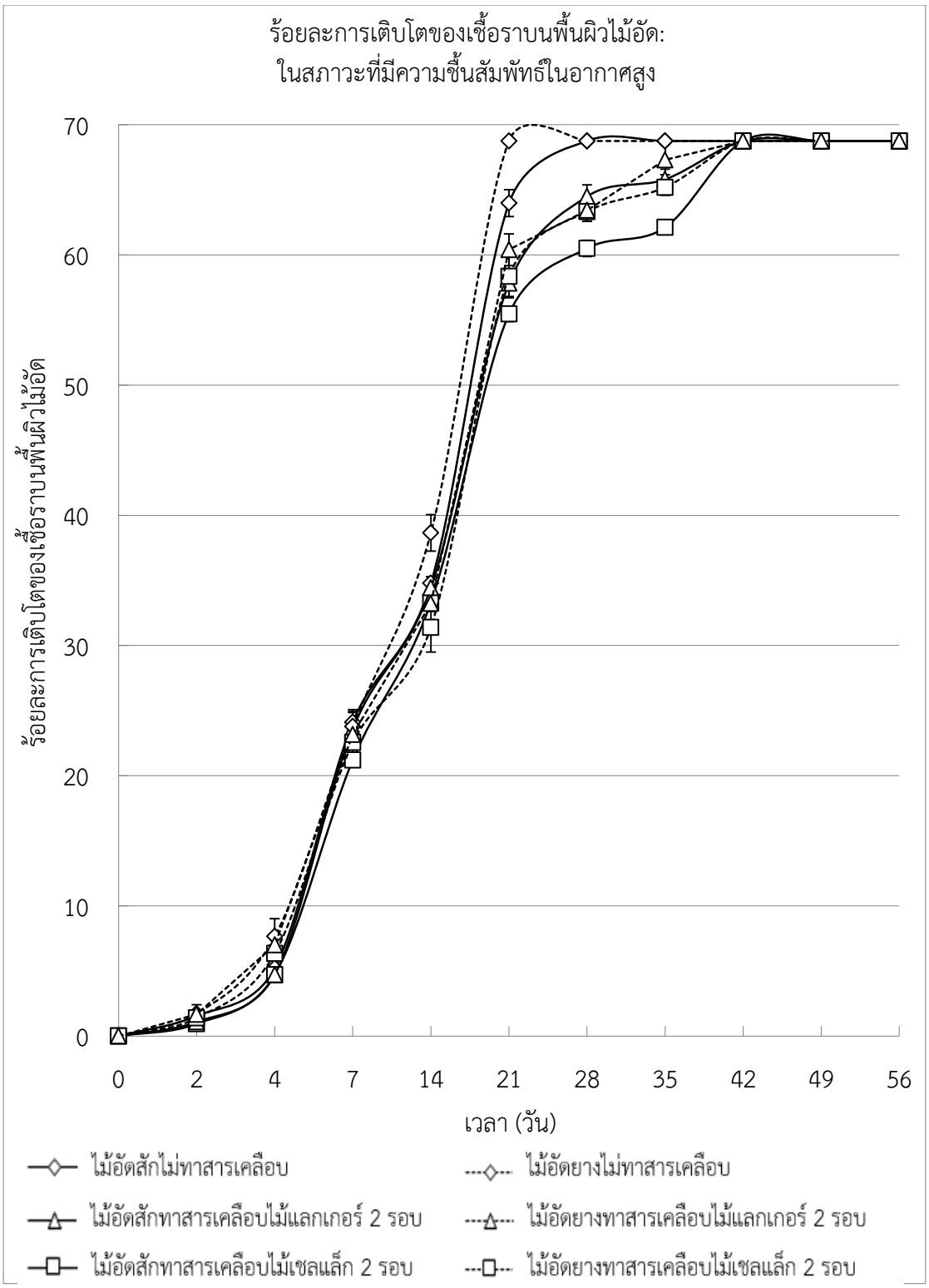
พิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบ ภายในสัปดาห์ที่ 7 ที่ทำการทดลองพบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 52.83±0.91 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 62.26±1.45 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0007)

พิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัดภายในสัปดาห์ที่ 7 ที่ทำการทดลอง พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับ 52.83±0.91 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0001) ดังแสดงในตารางที่ 4.9

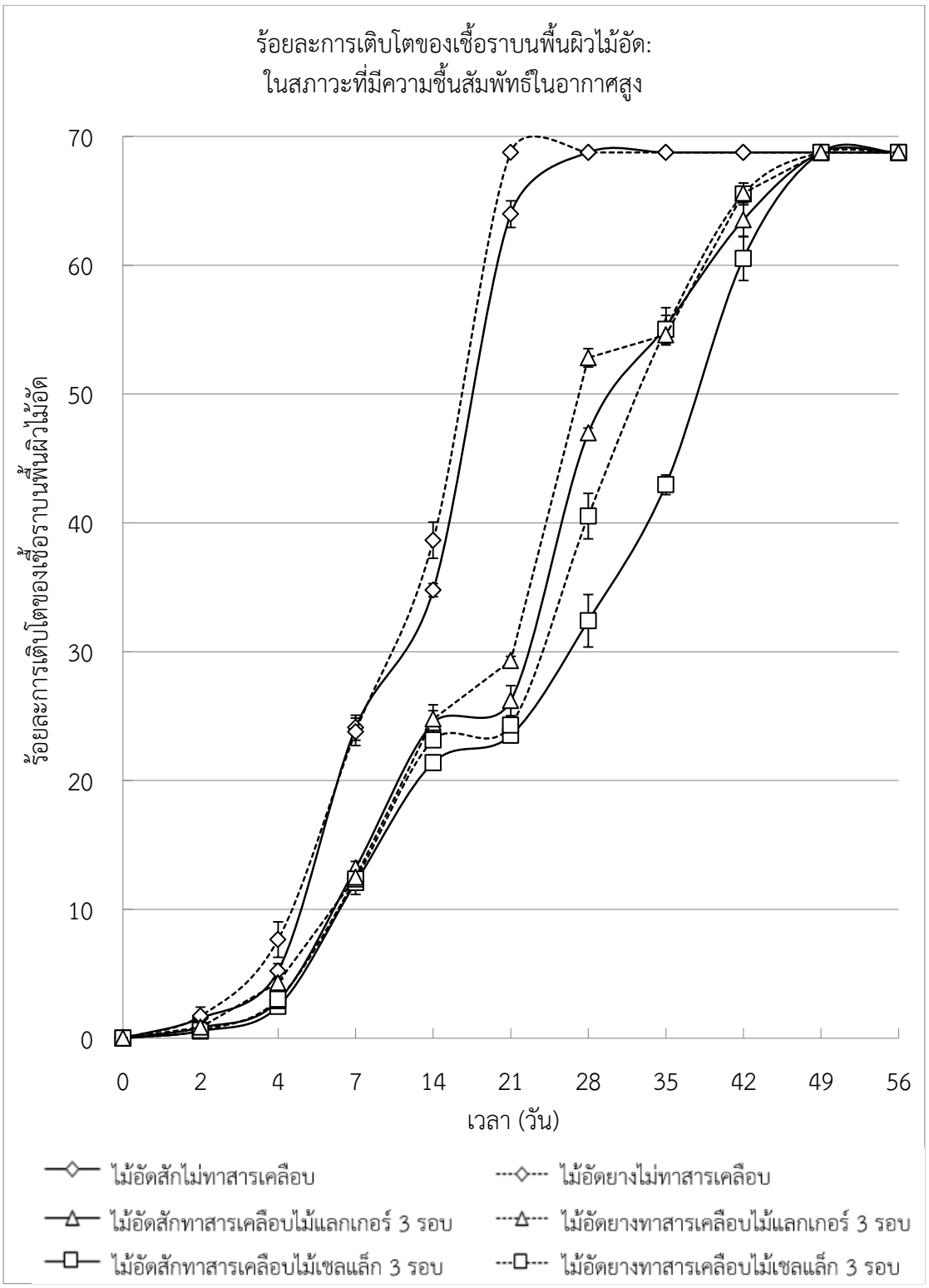
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 7 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของ เชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เชลแล็ก	68.75	68.75	52.83 ±0.91	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = หาค่าไม่ได้ Sig = 0.0001 Sig = 0.0001
	แลกเกอร์	68.75	68.75	62.26 ±1.45	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = หาค่าไม่ได้ Sig = 0.0015 Sig = 0.0015

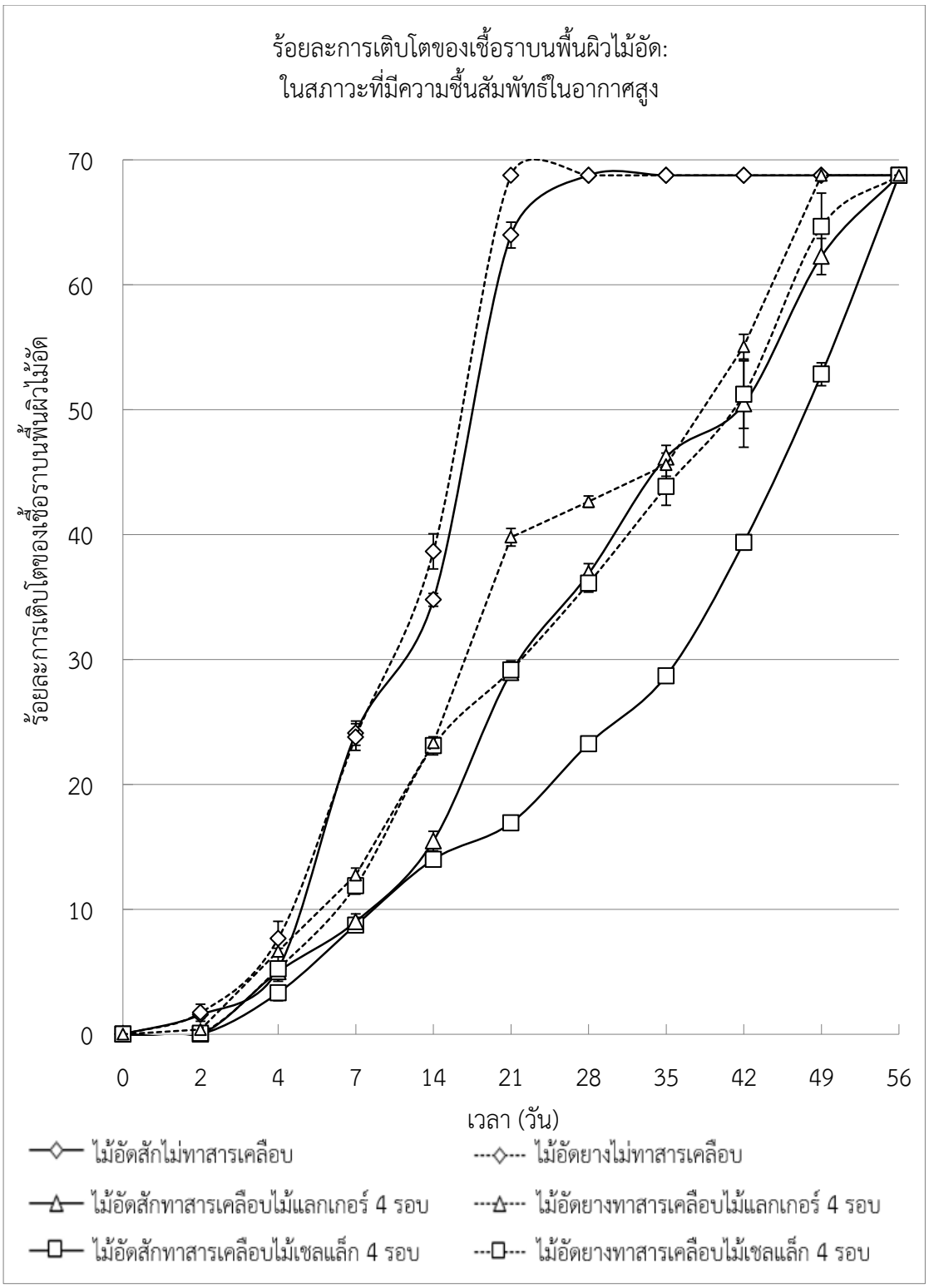
หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.12 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง



ภาพที่ 4.13 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง



ภาพที่ 4.14 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า รูปแบบการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีความคล้ายคลึงกับกรณีไม้อัดที่ทำการทดลองได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบ พบว่าความชื้นของวัสดุมีผลต่อร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดที่ทำการศึกษา โดยไม้อัดที่สัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่ม เชื้อราใช้เวลาในการเติบโตพื้นผิวน้อยกว่าไม้อัดที่ไม่ได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนการบ่มบนไม้อัดชนิดเดียวกัน

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (loang C.P. และคณะ, 201(ที่ทำการทดสอบวัสดุก่อสร้างสีเขียว เช่น ไม้ไผ่ ไม้เนื้อแข็ง ไม้ปาติเคิลบอร์ด พบว่าผลของความชื้นในวัสดุมีผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุที่ทำการศึกษาอย่างชัดเจน จากงานวิจัยพบว่าหลังจากวัสดุสัมผัสน้ำโดยตรงจะใช้เวลาน้อยกว่าในการที่เชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิววัสดุ โดยการเติบโตของเชื้อราจะพบการงอกของสปอร์เชื้อราหลังจากที่ค่าความชื้นในวัสดุถึงเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของเชื้อรา

สอดคล้องข้อมูลของ Handbook of Finnish Plywood พบว่าเชื้อราจะเติบโตได้ถ้ามีค่าความชื้น ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมะสม โดยช่วงของอุณหภูมิคือ 3 – 40 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสมดุลของไม้อัดมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป หรือในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 85 ขึ้นไป โดยเชื้อราจะเติบโตเฉพาะบริเวณพื้นผิวของไม้อัดแต่การเจริญเติบโตของเชื้อรานั้นไม่ได้สงผลต่อความแข็งแรงหรือการใช้งานของไม้อัดแต่อย่างใด

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Johansson P. และคณะ, 201) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุต่างๆ ที่ใช้ภายในอาคาร ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่อยู่ในช่วงร้อยละ 75-95 อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัด และไม้สน โดยพบการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยการเติบโตมีปริมาณที่มากขึ้นตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้นอย่างสังเกตเห็นได้ชัด

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Nielsen K.F. และคณะ, 200) ที่พบว่าสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราขึ้นกับค่าพีเอช อุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยการทดลองนี้ทำการทดลองที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85

ในกรณีของสารเคลือบไม้พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัต์ (2551) เซลแล็กมีความสามารถในการยึดเกาะผิววัสดุที่เคลือบสูงและมีความทนทานต่อการถูกขีดข่วน โดยเซลแล็กสามารถยึดเกาะกับผิววัสดุได้เกือบทุกชนิด จึงทำให้เซลแล็กถูกนำไปใช้เคลือบวัสดุต่างๆ เพราะสามารถที่จะยึดติดกับวัสดุนั้นได้ดีและคงอยู่เป็นระยะเวลานาน

4.3.3 ผลการทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

การทดลองนี้ได้นำไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ นำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการฉายรัง โดยเปิดแสง UV ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L ทิ้งไว้ให้เป็นเวลา 30 นาที นำไม้อัดตัวอย่างไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 65±3 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์และทำการทดลองในลักษณะเดียวกันอีกหนึ่งชุดการทดลอง แต่เปลี่ยนสารละลายเชื้อราจาก *Aspergilus niger* เป็น *Trichoderma harzianum* ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทำการวัดผลการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด โดยใช้โปรแกรม ImageJ คำนวณพื้นที่ของเชื้อราที่ปกคลุมพื้นผิวไม้อัด และนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การเติบโตของเชื้อราที่ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัด

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.14 ภาพที่ 4.15 และ ภาพที่ 4.16 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการบ่มในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 65±3 ที่อุณหภูมิห้อง จะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองไม้อัดทุกสภาวะ โดยรูปแบบการเติบโตของเชื้อราพบว่ามีความคล้ายคลึงกับกรณีวัสดุที่ทำการทดลองได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่ม และวัสดุที่ทำการทดลองในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์โดยพบว่า

พิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่า ไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ยังคงเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมต่อการเติบโตของเชื้อรา โดยการเติบโตของเชื้อราถูกสังเกตเห็นได้ในสัปดาห์ที่ 2 ของการบ่ม มีค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดเท่ากับ 5.56±1.23 และเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆจนกระทั่งครบ 8 สัปดาห์ของการมีค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดเท่ากับ 35.64±0.82 ในขณะที่ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบมีร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดเมื่อครบสัปดาห์ที่ 8 ที่ทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 34.25±0.50 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0664)

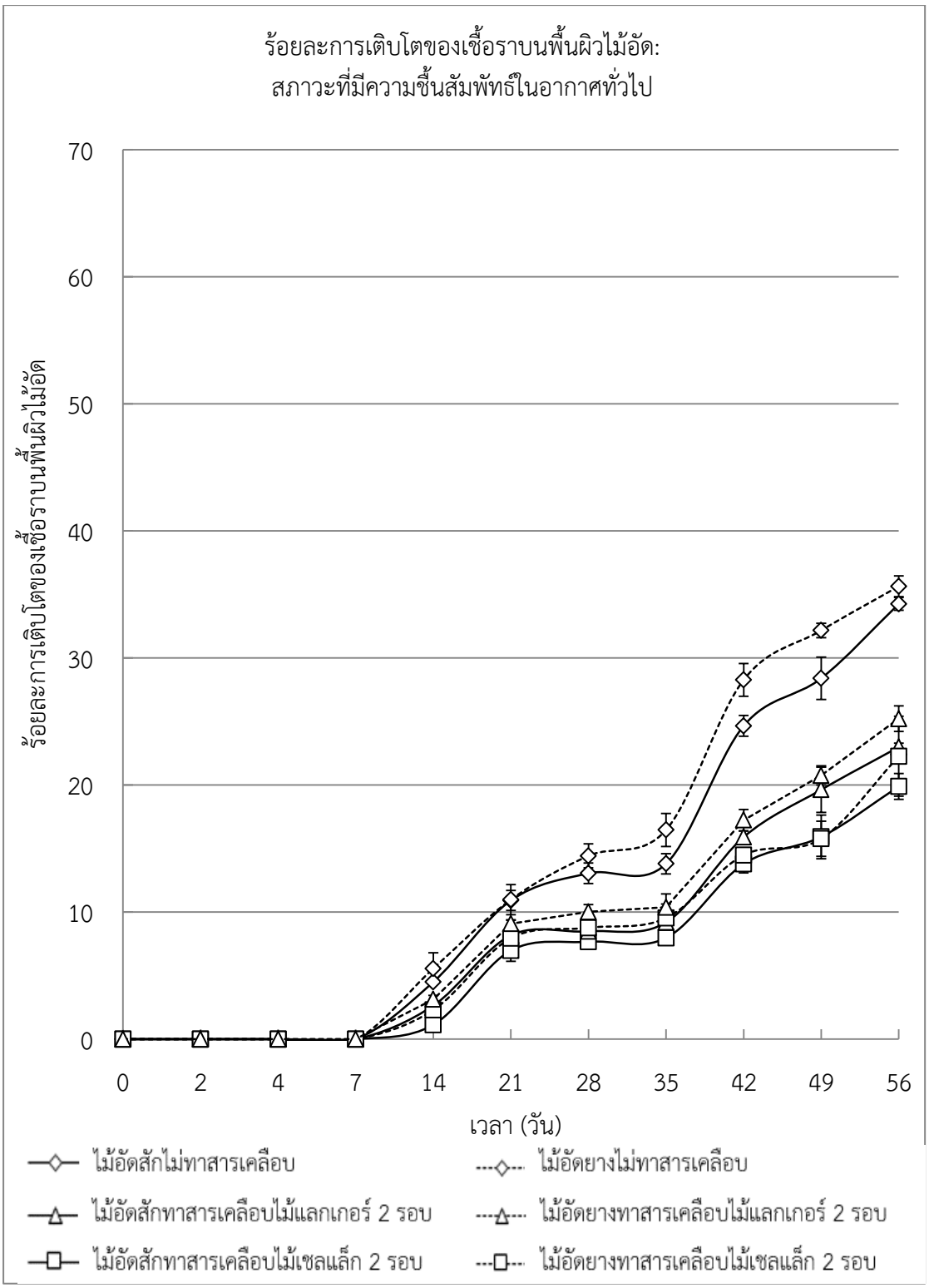
พิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบหลังจากบ่มครบ 8 สัปดาห์พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 10.18±1.22 และพบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 13.47±0.58 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0134)

พิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัดหลังจากบ่มครบ 8 สัปดาห์พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 19.89±1.01 บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 13.93±0.65 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับ 10.18±1.22 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0004) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0093) ดังแสดงในตารางที่ 4.10

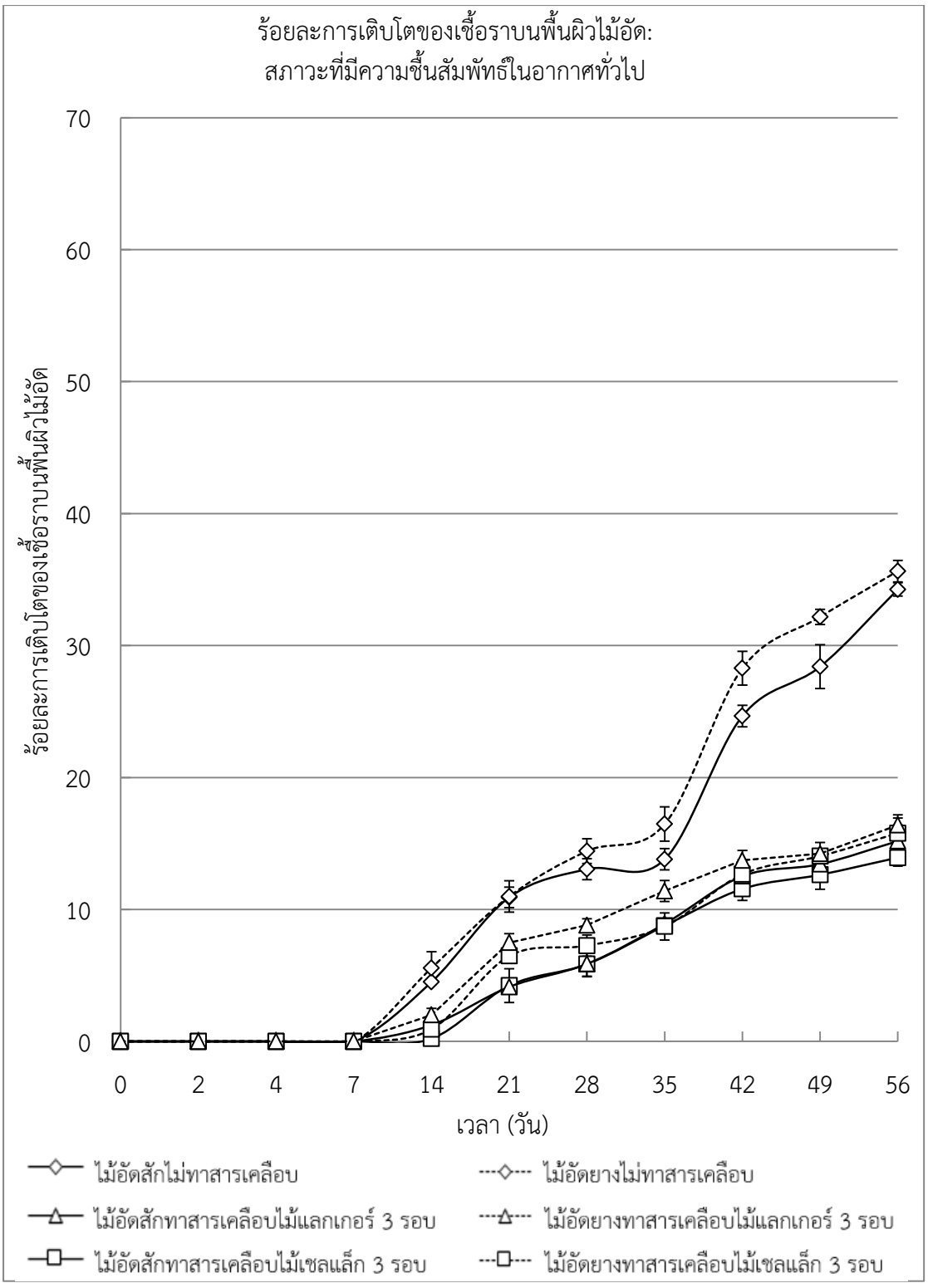
ตารางที่ 4.10เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergilus niger* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เชลแล็ก	19.89 ±1.01	13.93 ±0.65	10.18 ±1.22	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = 0.0010 Sig = 0.0004 Sig = 0.0093
	แลกเกอร์	22.99 ±0.31	15.18 ±1.76	13.47 ±0.58	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = 0.0016 Sig = 0.0001 Sig = 0.1842

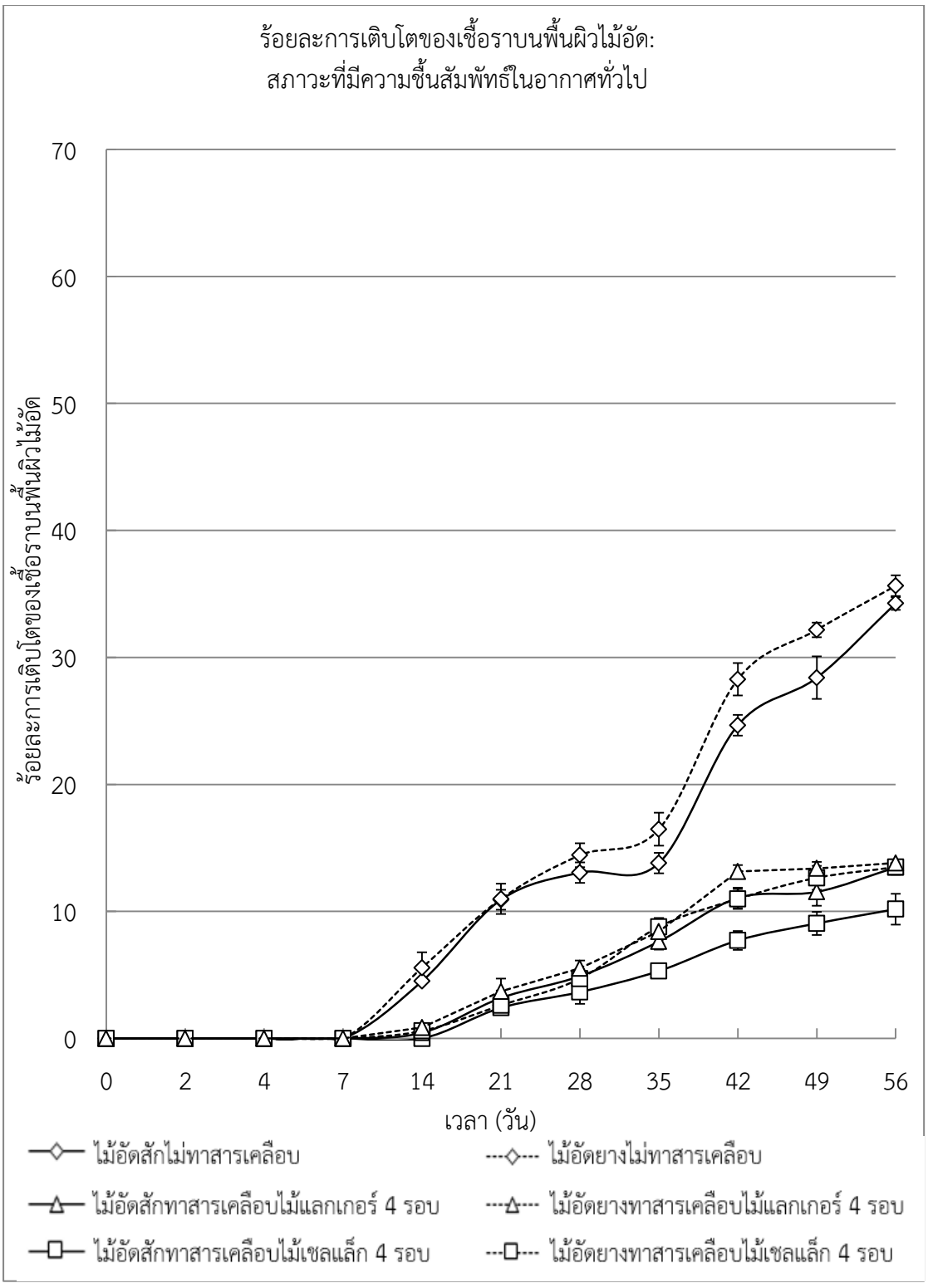
หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.15 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป



ภาพที่ 4.16 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป



ภาพที่ 4.17 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

ผลการทดลองระหว่างไม้อัดสักและไม้อัดยางที่เตรียมไว้ในสภาวะไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยแสดงผลเป็นร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนพื้นผิวไม้อัดเทียบกับเวลา (วัน) ดังแสดงในภาพที่ 4.17 ภาพที่ 4.18 และ ภาพที่ 4.19 พบว่าเมื่อไม้อัดตัวอย่างทุกชนิดที่ทำการบ่มในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 65±3 จะพบการเติบโตของเชื้อราอย่างสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์แรกที่ทำการบ่มไม้อัดทุกสภาวะในตู้ควบคุมความชื้นที่ควบคุมความชื้นโดยรูปแบบการเติบโตของเชื้อราพบว่ามีความคล้ายคลึงกับกรณีวัสดุที่ทำการทดลองได้รับการสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนทำการบ่ม และกรณีวัสดุอยู่ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงโดยพบว่า

เมื่อพิจารณาผลจากการทดลองในกรณีของไม้อัดสักและไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ พบว่าไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบยังคงเป็นไม้อัดที่มีความเหมาะสมที่สุดการในการสนับสนุนการเติบโตของเชื้อราโดยสังเกตเห็นการเติบโตของเชื้อราได้อย่างชัดเจนภายใน 4 วันแรกที่ทำการบ่ม พบการร้อยละเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางมีค่าเท่ากับ 6.98±0.38 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์แรก และหลังจากบ่มไม้อัดเป็นเวลา 3 สัปดาห์พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดยางมีค่าเท่ากับ 56.87±0.54 และมีค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดเท่ากับ 68.75 ภายในเวลา 5 สัปดาห์ ในขณะที่ไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบโดยหลังจากบ่มไม้อัดยางเป็นเวลา 4 วัน พบการร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดยางที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนมีค่าเท่ากับ 4.82±0.46 34 และเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์พบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดมีค่าเท่ากับ 54.69±2.43 และมีค่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดเท่ากับ 68.75 ภายในเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดทั้งสองชนิดหลังจากบ่มเป็นระยะเวลา 7 วันมาเปรียบเทียบกันพบว่าไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.2038)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในกรณีของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ 4 รอบ ภายในสัปดาห์ที่ 8 ที่ทำการทดลองพบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 55.21±2.26 และร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ มีค่าเท่ากับ 61.99±1.16 เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0022)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในกรณีของจำนวนรอบที่ทาสารเคลือบไม้บนผิวไม้อัดภายในสัปดาห์ที่ 8 ที่ทำการทดลอง พบว่า ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 บนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 68.75 และบนพื้นผิวไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบมีค่าเท่ากับ 55.21±2.26 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของ

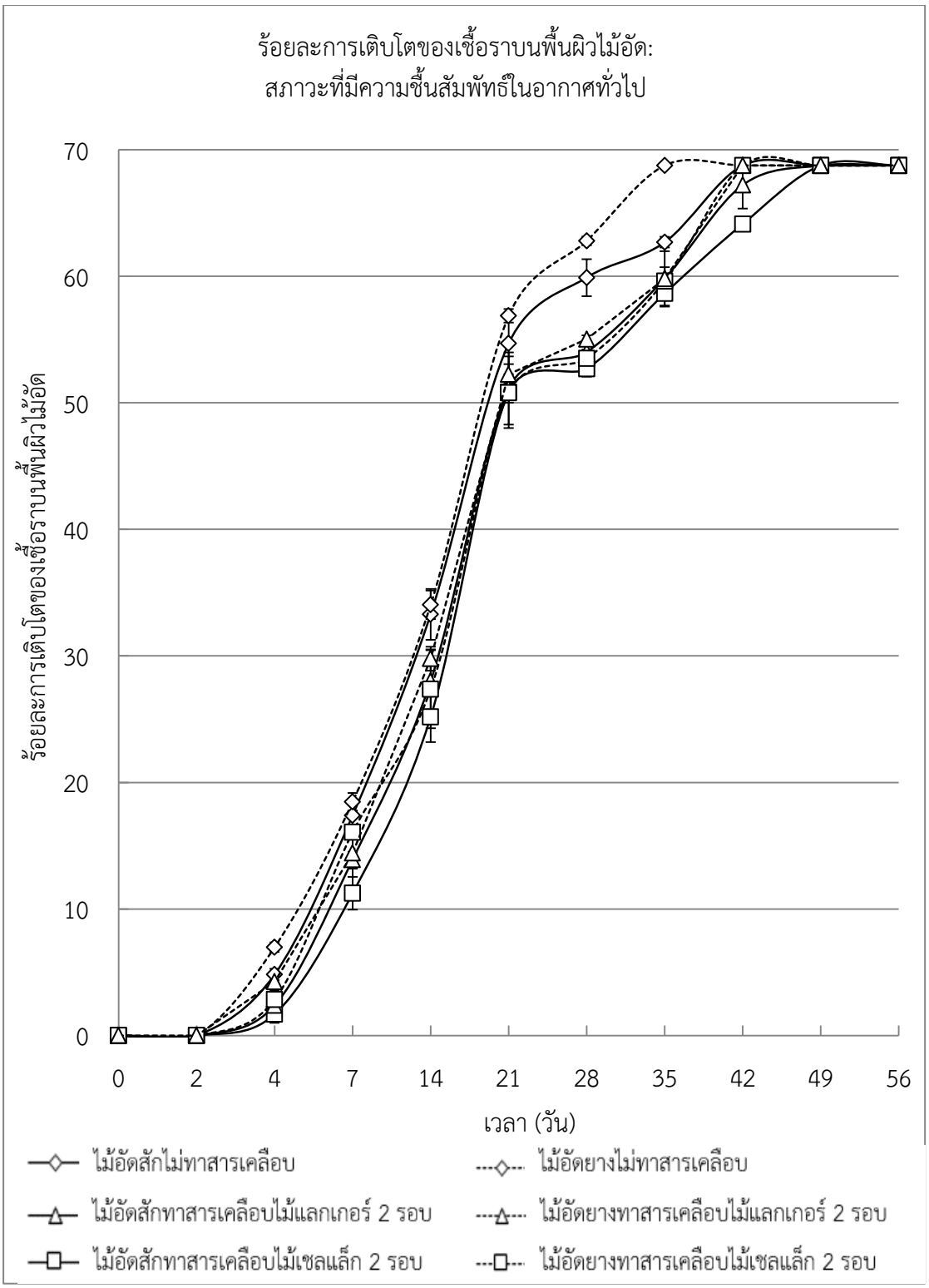
การทาสารเคลือบไม้ที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดมีค่าน้อยลง เมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 2 รอบ และ 4 รอบมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0005) และเมื่อนำผลการทดลองของไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 3 รอบ และ 4 รอบ มาเปรียบเทียบกันก็พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.0005) ดังแสดงในตารางที่ 4.11

จากการสังเกตการเติบโตของเชื้อราพบการเติบโตของเชื้อราบริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดทั้ง 4 ด้านก่อน และหลังจากนั้นจึงสังเกตเห็นการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านบนของผิวไม้อัด แต่ไม่พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านล่างของผิวไม้อัดที่สัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องจากไม่มีอากาศในบริเวณนั้น ซึ่งการเติบโตของเชื้อราจำเป็นต้องอาศัยอากาศในการเติบโต จึงทำให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่มีค่าเท่ากับ 68.75 ถือว่าเชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวหน้าและผิวข้างของไม้อัดทั้งหมดและคงที่เช่นนี้ไปจนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง

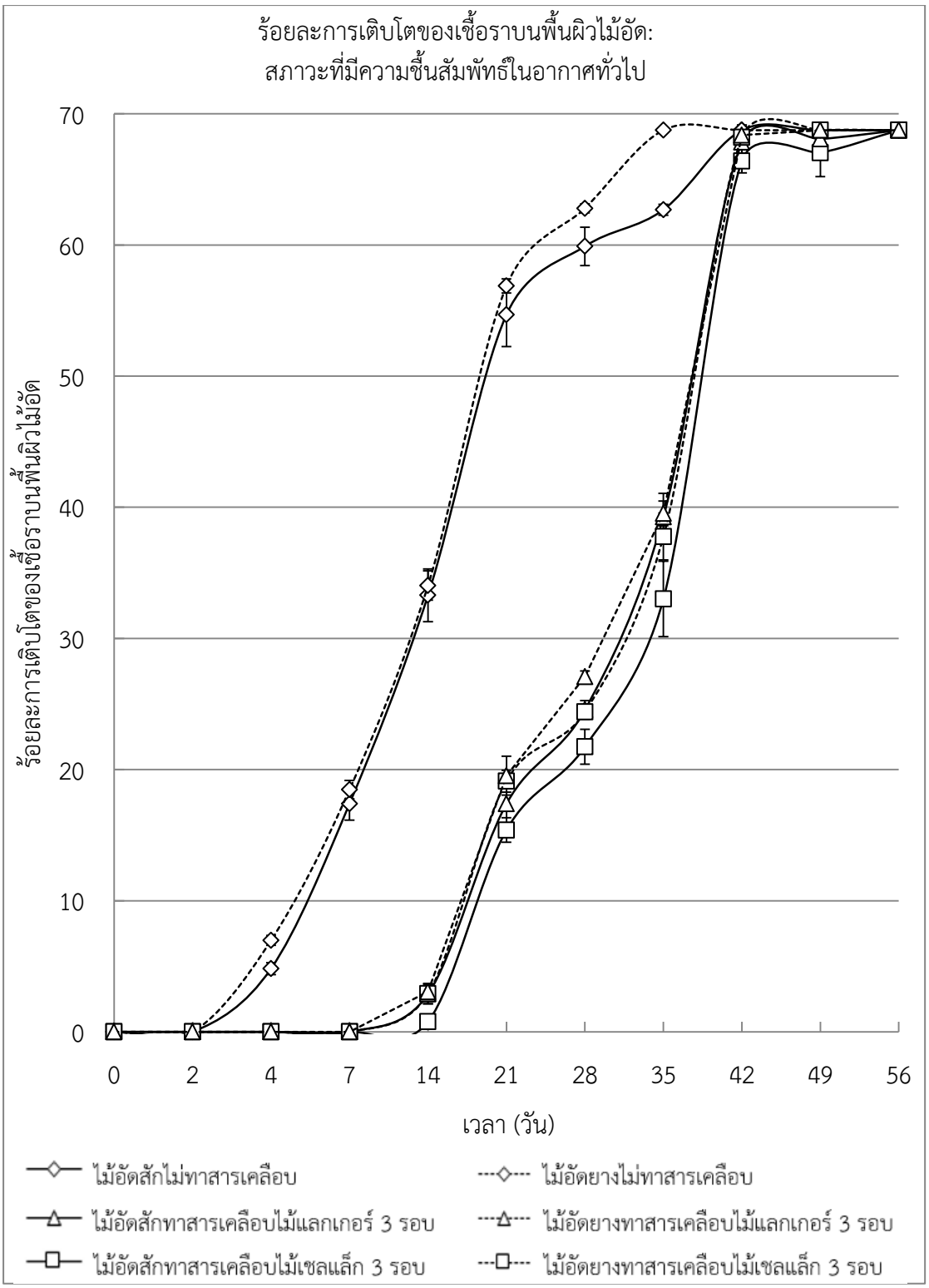
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้และร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของไม้อัด	**สารเคลือบไม้**	**ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบ**			**เปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนรอบของสารเคลือบไม้ต่อการเติบโตของเชื้อรา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95**	
		2 รอบ	**3 รอบ**	**4 รอบ**		
ไม้อัดสัก	เชลแล็ก	68.75	68.75	55.21 ±2.26	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = หาค่าไม่ได้ Sig = 0.0005 Sig = 0.0005
	แลกเกอร์	68.75	68.75	59.03 ±2.17	2 รอบ : 3 รอบ 2 รอบ : 4 รอบ 3 รอบ : 4 รอบ	Sig = หาค่าไม่ได้ Sig = 0.0015 Sig = 0.0015

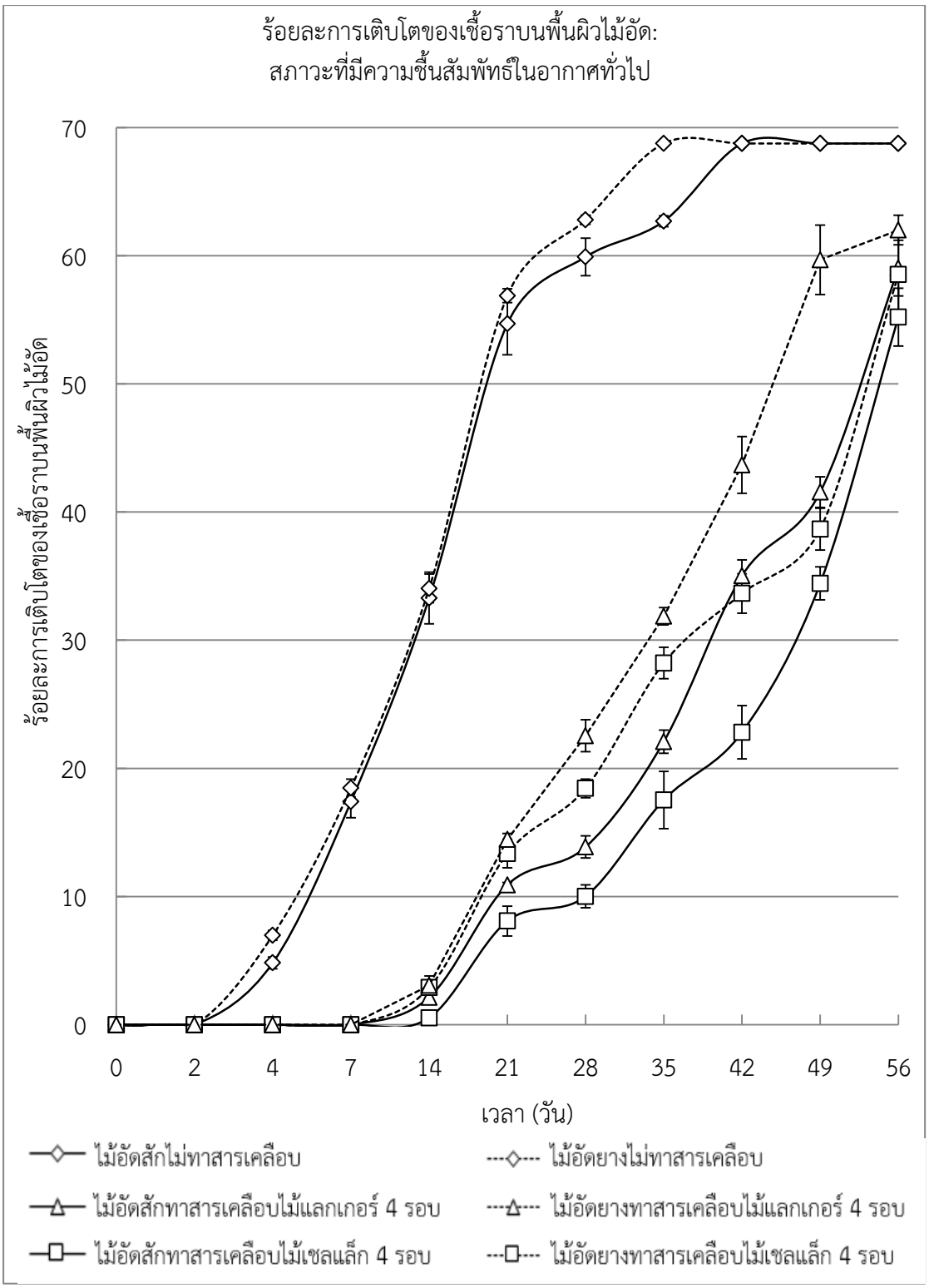
หมายเหตุ ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.18 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป



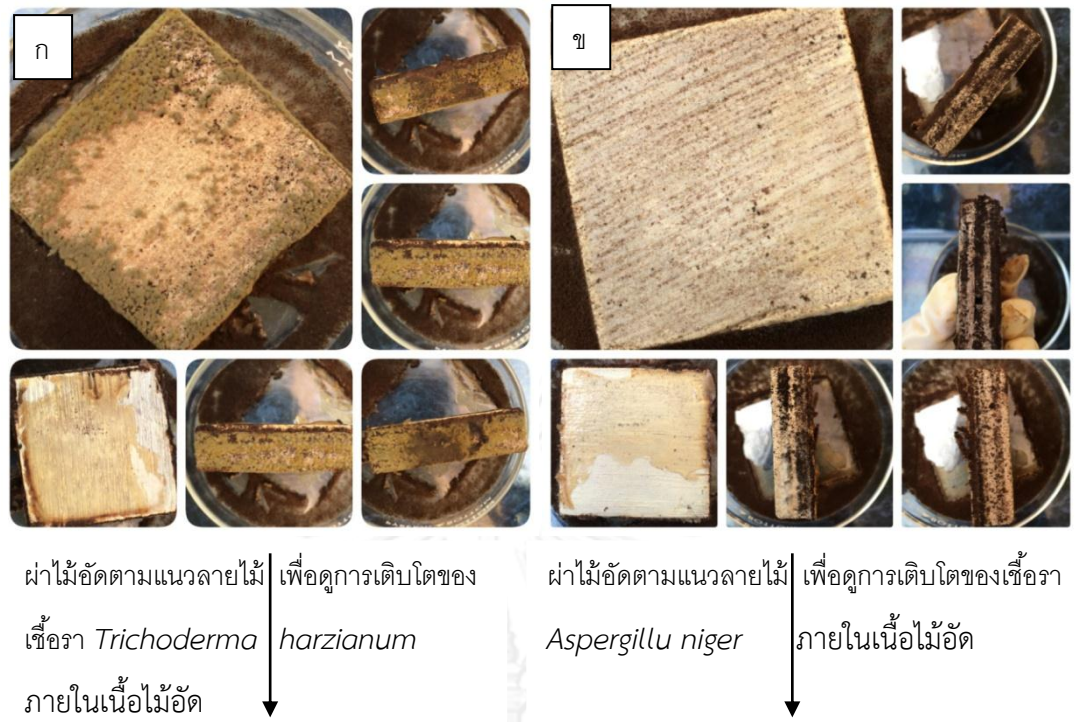
ภาพที่ 4.19 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 3 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป



ภาพที่ 4.20 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* ครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป

ผลการทดลองที่ได้ ยังคงแสดงแนวโน้มการเติบโตของเชื้อราที่มีความคล้ายคลึงกับกรณีที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงและไม้อัดอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงว่าเพียงแต่ใช้ระยะเวลาในการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดมากกว่าและเมื่อบ่มครบ 8 สัปดาห์ ร้อยละการเติบโตของเชื้อราก็มีค่าน้อยกว่าอย่างชัดเจน โดยข้อมูลจากการทดลองนี้สอดคล้องข้อมูลกับงานวิจัยของ (K ımer M. และคณะ, 200๔ ที่พบว่าวัสดุที่อยู่ภายในสภาพแวดล้อมที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำในช่วงร้อยละ 65 การเจริญเติบโตของเชื้อราจะใช้ระยะเวลาที่นานกว่าวัสดุที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Pasanen A.L. และคณะ, 2๑๐0) ที่ทำการศึกษาหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุ โดยทำการเก็บตัวอย่างวัสดุในอาคารที่มีเชื้อรา 122 ตัวอย่าง จากอาคารทั้งหมด 18 อาคาร โดยวัสดุที่เก็บแบ่งเป็น ไม้ 27 ตัวอย่าง ยิปซัมบอร์ด 24 ตัวอย่าง ฉนวนกันความร้อน 29 ตัวอย่าง และคอนกรีต 17 ตัวอย่าง จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุประเภทไม้ ยิปซัมบอร์ดและฉนวนกันความร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเมื่อยิ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยก็จะการเติบโตของเชื้อราน้อย

เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวพื้นผิวไม้อัดครบ 8 สัปดาห์แล้ว นำไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก 4 รอบ ที่มีการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* และ *Aspergillus niger* มาผ่าพิสูจน์เพื่อดูว่ามีการเติบโตของเชื้อราในเนื้อไม้อัด โดยนำไม้อัดมาทำการผ่าตามแนวลายไม้ โดยพบว่า ไม้อัดสักที่มีการเติบโตของเชื้อราทั้งสองชนิดบริเวณผิวของไม้อัดนั้น ไม่พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณเนื้อไม้ ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ ทรงกลด จารุสมบัติ, 2556 ที่พบว่า เชื้อรา *Aspergillus* และ เชื้อรา *Penicillium* เป็นเชื้อราจำพวกเชื้อราผิวไม้ (mould) ซึ่งเชื้อราประเภทนี้จะเกิดบริเวณผิวไม้เท่านั้น สามารถขัดออกจากบริเวณผิวหน้าไม้ได้ โดยมักเกิดกับไม้ที่ไม่ได้ผึ่ง หรือไม้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปียก ซึ่งเชื้อราจำพวกนี้หลายชนิดเป็นสาเหตุของการเกิดโรคทางระบบหายใจ และสอดคล้องกับข้อมูลของ BASF Wolman Gmbh, 2014 ระบุชนิดของเชื้อราที่พบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้ ได้แก่ *Aspergillus Penicillium Trichoderma Epicoccum Mucor* และ *Fusarium* ซึ่งสปอร์ของเชื้อราสามารถพบได้ในอากาศ เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม และเนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่ดูดซับความชื้นจากอากาศ เมื่อไม้ถูกเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างชื้นเป็นเวลานานก็จะดูดซับความชื้นเพียงพอที่จะช่วยใช้สปอร์ของเชื้อราเจริญเติบโต โดยเชื้อราจำพวกนี้จะเติบโตบริเวณผิวไม้ทำให้ผิวไม้เปลี่ยนสีและเกิดคราบบนพื้นผิวด้านนอกของเนื้อไม้ซึ่งสามารถที่จะขัดออกได้



ภาพที่ 4.21 (ก) การเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสัก (ข) การเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนผิวไม้อัดสัก (ค) บริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดที่ผ่าเพื่อดูการเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum*ในเนื้อไม้ (ง) บริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดที่ผ่าเพื่อดูการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในเนื้อไม้

จากผลการทดลองใน 3 สภาวะ ได้แก่ (1) สภาวะที่วัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง (2) สภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง (3) สภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศปกติ พบว่า การทาสารเคลือบไม้ที่จำนวนรอบมากขึ้นจะพบร้อยละการเติบโตของเชื้อราลดลง เมื่อนำผลการทดลองเปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี T-test ระหว่างจำนวนของรอบของสารเคลือบไม้กับร้อยละการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในสัปดาห์ที่ 8 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มาพิจารณาพบว่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทาสารเคลือบไม้ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ โดยเมื่อพิจารณาในกรณีของการ

ทาสารเคลือบไม้ 3 รอบ และ 4 รอบนั้นพบว่าร้อยละการเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทั้ง 3 สภาวะที่ทำการทดลอง โดยการทาสารเคลือบไม้ 4 รอบนั้น มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราน้อยกว่าการทาสารเคลือบไม้ 3 รอบ จึงสรุปว่าควรทาสารเคลือบไม้อย่างน้อย 4 รอบ จะให้ผลในการต่อต้านการเติบโตของเชื้อราได้ดีที่สุด

จากผลการทดลองใน 3 สภาวะ พบว่า มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างค่าความชื้นสมดุลกับการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด จึงนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของกราฟ โดยจากกราฟนั้นพบว่าค่าความชื้นสมดุลในวัสดุมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการเติบโตของเชื้อรา (R^2 = 0.9657) และเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดกับค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ พบว่า ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุมีค่ามากขึ้น ยิ่งใช้ระยะเวลาในการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 4.22 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 กับร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดที่มีค่าเท่ากับ 68.75 ซึ่งร้อยละการเติบโตของเชื้อราที่มีค่าเท่ากับ 68.75 ได้มาจากการสังเกตการเติบโตของเชื้อราพบการเติบโตของเชื้อราบริเวณผิวด้านข้างของไม้อัดทั้ง 4 ด้านก่อน และหลังจากนั้นจึงสังเกตเห็นการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านบนของผิวไม้อัด แต่ไม่พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณด้านล่างของผิวไม้อัดที่สัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องจากไม่มีอากาศในบริเวณนั้น ซึ่งการเติบโตของเชื้อราจำเป็นต้องอาศัยอากาศในการเติบโต จึงทำให้ร้อยละการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัดที่มีค่าเท่ากับ 68.75 ถือว่าเชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวหน้าและผิวข้างของไม้อัดทั้งหมดและคงที่เช่นนี้ไปจนครบ 8 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง

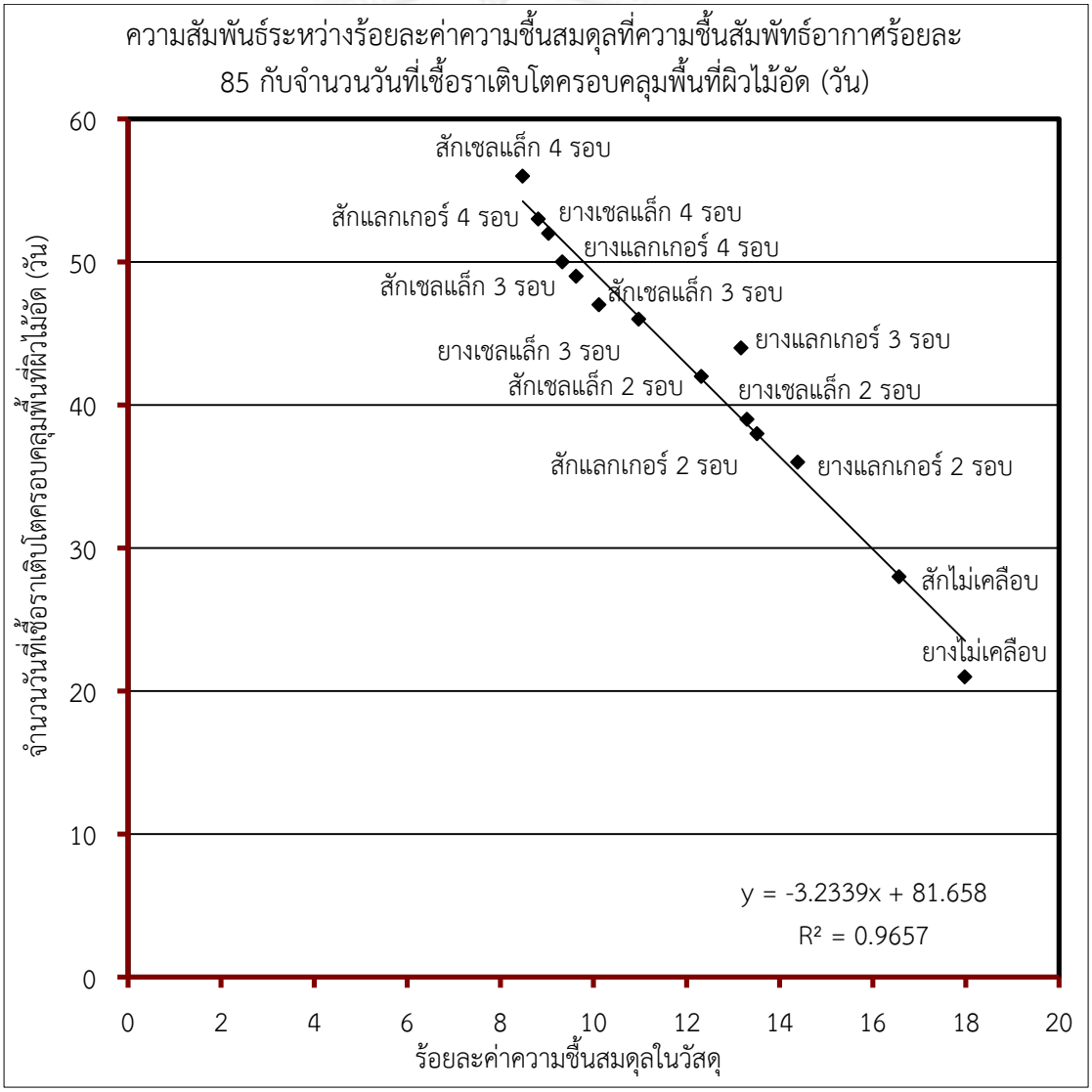
ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับข้อมูลของ สำนักงานวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, 254- ที่ว่าสภาพอากาศของประเทศไทยมีปริมาณความชื้นสมดุลของอากาศร้อยละ 8 – 16 จึงควรอบไม้เพื่อควบคุมความชื้นสมดุลของไม้ให้สอดคล้องกับความชื้นสมดุลในอากาศเพื่อให้ไม้มีการคงรูปแน่นอนเมื่อนำไม้ไปใช้งานจะได้ไม่มีการยืดหรือหดตัว การควบคุมความชื้นสมดุลในเนื้อไม้นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการแตกที่ผิวและภายในเนื้อไม้แล้ว ยังช่วยลดโอกาสการเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยระดับความชื้นที่กรมป่าไม้แนะนำอยู่ที่ประมาณร้อยละ 8 – 12 ดังนั้นโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ส่วนใหญ่จึงควบคุมความชื้นของไม้อัดให้ไม่เกินร้อยละ 12 ซึ่งข้อมูลนี้สอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นสมดุลในเนื้อไม้ที่ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆของประเทศไทยที่กำหนดโดย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526 (มอก. 497 – 2526) มีดังนี้คือ

ประเภทที่ 1 ไม้แผ่นเรียบ ความชื้นสมดุลอยู่ระหว่าง ร้อยละ 8 -12

ประเภทที่ 2 ไม้พื้นและไม้ภายในอื่นๆ ความชื้นสมดุลอยู่ระหว่าง ร้อยละ 12 -16

ประเภทที่ 3 ไม้ทำลังใส่ของ ความชื้นสมดุลอยู่ระหว่าง ร้อยละ 20

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Hoang C.P. และคณะ, 201(ที่พบว่าค่าความชื้นสมดุลในวัสดุนั้นอาจใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายความเสี่ยงต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุเซลลูโลสที่ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (F sanen A.L. และคณะ, 2000) ได้ทำการศึกษาหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นในวัสดุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุ โดยทำการเก็บตัวอย่างวัสดุในอาคารที่มีเชื้อรา 122 ตัวอย่าง จากอาคารทั้งหมด 18 อาคาร โดยวัสดุที่เก็บแบ่งเป็น ไม้ 27 ตัวอย่าง ยิปซัมบอร์ด 24 ตัวอย่าง ฉนวนกันความร้อน 29 ตัวอย่าง และคอนกรีต 17 ตัวอย่าง จากการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อราที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุประเภทไม้ ยิปซัมบอร์ดและฉนวนกันความร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในวัสดุ



ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ร้อยละค่าความชื้นสมดุลที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศร้อยละ 85 กับจำนวนวันที่เชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัด (วัน)

4.4 ผลการศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา

การทดลองนี้เป็นการศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กที่นำมาทดสอบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้มากน้อยเพียงใด โดยผลการยับยั้งเชื้อราวัดได้จากขนาดของโซนใสโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส

การทดลองนี้เริ่มจากเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายเชื้อรา *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางของจานเพาะเชื้อ แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L นำไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 4 วันจนได้โคโลนีที่มีลักษณะกลมและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตรเจาะวุ้นอาหารบริเวณโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Trichoderma harzianum* นำวุ้นเชื้อราทดสอบ มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง คีบกระดาษกรองปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรที่นำไปแช่ในสารละลายเชลแล็กวางบนจานเพาะเชื้อ นำจานเพาะเชื้อที่เตรียมเสร็จแล้วไปเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 35 - 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน บันทึกผลโดยวัดระยะการเจริญของเชื้อราในจานเพาะเลี้ยงที่มีแผ่นกระดาษกรองชุบสารละลายเชลแล็กกับชุดควบคุม คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราจากโซนใส

ผลการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกระดาษกรองเคลือบเชลแล็กวางที่ผิวหน้าดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2 พบว่า ในระยะเวลาเริ่มต้นไม่เห็นความแตกต่างของการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้งสองชนิดบนกระดาษกรองเคลือบเชลแล็ก แต่เมื่อบ่มเชื้อนาน 4 วัน พบว่าการเติบโตของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ไม่พบการเติบโตบนกระดาษกรองเคลือบเชลแล็ก ในวันที่ 6 พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณรอบกระดาษกรอง *Trichoderma harzianum* และเชื้อราเริ่มเติบโตครอบคลุมกระดาษกรองในวันที่ 7 ที่ทำการบ่ม ส่วนเชื้อรา *Aspergillus niger* พบการเติบโตของเชื้อราบริเวณรอบกระดาษกรองในวันที่ 7 และเชื้อราเริ่มเติบโตครอบคลุมกระดาษกรองในวันที่ 9

จากผลการทดลองนี้เทียบกับกระดาษกรองที่ไม่เคลือบเชลแล็กพบว่าเชลแล็กสามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราทั้งสองชนิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chauhan O.P. และคณะ, 2011 ที่ทำวิจัยสารเคลือบเชลแล็กและเจลว่านหางจระเข้ในการรักษาคุณภาพของแอปเปิ้ล โดยพบว่าสารเคลือบเชลแล็กมีความสามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราและยีสต์ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ McGuire R.G.และ Hagenmaier R.D., 20(.) ที่ศึกษาการเติบโตของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียบนพื้นผิวของส้มโดยมีการใช้เชลแล็กในตัวทำละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นไม่เท่ากันพบว่าเชลแล็กในตัวทำละลายเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ที่มีความเข้มข้นเชื้อรา 10^3 - 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร สามารถ

ยับยั้งเชื้อ E.coli และเชื้อจุลินทรีย์อีก 3 ชนิด และเชลแล็กยังถูกรายงานว่ามีความสามารถเป็นตัวยับยั้งการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เช่น Enterobacter และ *Klebsiella spp.*สอดคล้องกับงานวิจัยของ McGuire A.G., 1999) ที่ทำการศึกษาสารเคลือบเชลแล็กบริเวณผิวผลไม้ในการควบคุมการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บนผลไม้เกรปฟรุต พบว่าผลไม้ที่ผ่านการเคลือบสารเคลือบแล้วจะมีความสามารถในการต้านทานการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากสารเคลือบเชลแล็กทำให้การซึมผ่านของไอน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในและภายนอกของผลไม้มีค่าลดลง เป็นเหตุให้ลดปัจจัยที่ที่จำเป็นต่อการเติบโตของเชื้อราในเรื่องความชื้น สารอาหาร และอากาศ จึงยืดอายุการเก็บผลไม้ได้นานขึ้น และเปลือกผลไม้มีความเงางาม นอกจากนั้นยังสามารถป้องกันการกัดกินของแมลง

ตารางที่ 4.12 ผลการเติบโตของเชื้อรา Aspergillus niger และเชื้อรา Trichoderma harzianum บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose agar (PDA) ที่เวลาต่างๆ

วันที่	กระดาษกรองไม่เคลือบเชลแล็ก		กระดาษกรองเคลือบเชลแล็ก	
	เชื้อรา *Aspergillus niger*	เชื้อรา *Trichoderma harzianum*	เชื้อรา *Aspergillus niger*	เชื้อรา *Trichoderma harzianum*
1	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต
2	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต
3	เชื้อราเริ่มเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเริ่มเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อรายังไม่เติบโต	เชื้อรายังไม่เติบโต
4	เชื้อราเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเริ่มเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเริ่มเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
5	เชื้อราเริ่มเติบโตรอบๆกระดาษกรอง	เชื้อราเริ่มเติบโตรอบๆกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
6	เชื้อราเติบโตรอบๆกระดาษกรอง	เชื้อราเริ่มเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	เชื้อราเริ่มเติบโตรอบกระดาษกรอง
7	เชื้อราเริ่มเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเริ่มเติบโตรอบกระดาษกรอง	เชื้อราเริ่มเติบโตคลุมกระดาษกรอง
8	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตรอบๆกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง
9	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเริ่มเติบโตคลุมกระดาษกรอง	เชื้อราเติบโตคลุมกระดาษกรอง

จากผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ และงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้นำมาอ้างอิง สามารถสรุปได้ว่าเชื้อราสามารถเจริญเติบโตบนพื้นผิวไม้อัดได้ในสภาวะที่มีความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณอาหารที่เหมาะสม เมื่อไม้อัดสัมผัสกับน้ำโดยตรง เช่น สภาวะการเกิดน้ำท่วม โอกาสพบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดก็มากขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดเปรียบเทียบกับปัจจัยที่ได้จากงานวิจัยอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวของไม้อัด

ปัจจัย	**ค่าที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ จากงานวิจัยอื่นๆ**	**ค่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้**
ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	ร้อยละ 65-85	ร้อยละ 65 และ ร้อยละ 85
สารอาหาร	มีเพียงพอ	มีเพียงพอ
ระยะเวลา	มากกว่า 2 เดือน	2 เดือน
สภาพพื้นผิวไม้อัด	ไม่ทาสารเคลือบไม้	ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดในสภาพที่ไม่มีการทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้ด้วยเชลแล็กและเคลือบด้วยแลกเกอร์จำนวน 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ กับเปรียบเทียบลักษณะและผลการใช้งานของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ ในการยับยั้งเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดที่ทำการทดลองในสภาวะวัสดุสัมผัสกับน้ำโดยตรง วัสดุอยู่ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง และวัสดุอยู่ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศปกติ รวมทั้งศึกษาความสามารถของสารละลายเชลแล็กในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะจากผลการทดลองที่ได้วิจัยมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด คือ (1) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่าการเติบโตของเชื้อรา ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65 - 85 ปริมาณสารอาหารที่เพียงพอ ซึ่งยิ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศยิ่งสูงการเติบโตของเชื้อรายิ่งมากขึ้นตามไปด้วย (2) สารอาหาร ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเบื้องต้นซึ่งพบว่าเมื่อไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อทำให้ไม่พบการเติบโตของเชื้อรา จึงทำการทดลองโดยใช้สูตรการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อราชนิด Potato dextrose agar (PDA) พบการเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 2 เดือนที่ทำวิจัย จึงทำให้สรุปว่าสารอาหารที่มีอยู่เพียงพอมีผลต่อการเติบโตของเชื้อรา (3) สภาพพื้นผิวไม้อัด จากงานวิจัยนี้พบความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้และไม่ทาสารเคลือบไม้

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดที่ไม่มีการเคลือบไม้ มีการเคลือบไม้ด้วยเชลแล็กและเคลือบด้วยแลกเกอร์ 2 รอบ 3 รอบ และ 4 รอบ พบว่าจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* และ *Trichoderma harzianum* สามารถเติบโตบนพื้นผิวไม้อัดสักและไม้อัดยางทั้งในสภาพที่ไม่ทาสารเคลือบไม้มากกว่าไม้อัดที่ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ โดยมีร้อยละการเติบโตของเชื้อรามีค่าแตกต่างกันตามสภาวะที่ไม้อัดได้สัมผัสความชื้น ในกรณีของไม้อัดสัมผัสกับน้ำโดยตรงมีร้อยละการเติบโตของเชื้อราสูงสุด รองลงมาคือไม้อัดที่อยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงร้อยละ 85±3 และ ไม้อัดอยู่ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศปกติ ร้อยละ 65±3 มีร้อยละการเติบโตของเชื้อราต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเวลา และเมื่อนำค่าความชื้นสมดุลในวัสดุมา

เปรียบเทียบกับจำนวนวันที่เชื้อราเติบโตครอบคลุมพื้นที่ผิวไม้อัด (วัน) พบว่าค่าความชื้นสมดุลในวัสดุสามารถใช้เป็นเครื่องทำนายในการประเมินความเสี่ยงต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิววัสดุได้ โดยค่าความชื้นสมดุลในวัสดุมีค่าสูงขึ้น ระยะเวลาในการเติบโตของเชื้อราครอบคลุมผิวไม้อัดน้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่มีสารเคลือบไม้พบว่ายิ่งมีการทาสารเคลือบไม้หลายรอบ การเติบโตของเชื้อราก็จะน้อยลงอย่างสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากการทาสารเคลือบไม้จะทำให้บริเวณผิวไม้ไม่มีรอยแตกหรือรอยแยกที่จะทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในผิวไม้ภายในได้เป็นสาเหตุให้สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้ได้อย่างชัดเจน โดยวิธีการจำกัดการแพร่กระจายของสารอาหารภายในของพื้นที่ผิวของวัสดุ โดยสารเคลือบไม้เชลแล็กซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรามากกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์ โดยมีสาเหตุมาจากสารเคลือบไม้เชลแล็กช่วยลดการซึมผ่านของไอน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในและภายนอกผิวไม้อัด เป็นเหตุให้ลดปัจจัยที่ที่จำเป็นต่อการเติบโตของเชื้อราในเรื่องความชื้น สารอาหาร และอากาศ โดยสารเคลือบไม้เชลแล็กยังได้รับรองว่าเป็นสารที่มาจากธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสุขภาพจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) จึงเป็นสารเคลือบไม้ที่ควรสนับสนุนให้ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ต่อไปในอนาคต

ในปัจจุบันการใช้งานสารเคลือบไม้เชลแล็กในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มีการใช้งานน้อยกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์มีสาเหตุมาจากราคา โดยสารเคลือบไม้เชลแล็กใช้ตัวทำละลายเมทิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 : 7 โดยราคาขายเชลแล็กผงในปัจจุบันคือ 1 กิโลกรัม 600 บาท และเมทิลแอลกอฮอล์ 1 แกลลอน 300 บาท เมื่อนำมาผสมเพื่อนำไปใช้งานจะได้สารละลายเชลแล็ก 1 ลิตร ในราคา 130 บาท ในขณะที่สารเคลือบไม้แลกเกอร์ซึ่งใช้ตัวทำละลายคือสารละลายทินเนอร์ในอัตราส่วน 1 : 2 โดยราคาขายแลกเกอร์เงาและแลกเกอร์ด้าน 1 แกลลอน เท่ากับ 300 บาท ในขณะที่สารละลายทินเนอร์ 1 แกลลอน เท่ากับ 160 บาท เมื่อนำมาผสมเพื่อนำไปใช้งานจะได้สารละลายแลกเกอร์ 1 ลิตร ในราคา 55 บาท ดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยราคาสารเคลือบไม้เชลแล็กแพงกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์ประมาณ 3 เท่า จึงเป็นเหตุให้อุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์เลือกใช้สารเคลือบไม้แลกเกอร์มากกว่าสารเคลือบไม้เชลแล็ก

ตารางที่ 5.1 ราคาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์

สารเคลือบไม้	ปริมาณ	ราคา (บาท)	สารละลาย	ปริมาณ	ราคา (บาท)	อัตราส่วน	ราคาต่อลิตร (บาท)
เชลแล็ก	1 กิโลกรัม	600	เมทิล แอลกอฮอล์	1 แกลลอน	300	1 : 7	130
แลกเกอร์	1 แกลลอน	320	ทินเนอร์	1 แกลลอน	160	1 : 2	55

หมายเหตุ 1 แกลลอน (U.S) = 3.785 ลิตร

ในกรณีของการใช้งานของสารเคลือบไม้ในปัจจุบันมีวิธีการเคลือบไม้ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 285 เล่ม 4 (มอก. 285 เล่ม 4 – 2521) อยู่ 4 วิธี ดังนี้

1) การใช้ลูกกลิ้ง
2) การจุ่ม
3) การพ่น
4) การทาโดยใช้แปรง

โดยในภาคอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้นิยมใช้วิธีการพ่นในการเคลือบผิวไม้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบน้อย ทำให้สามารถพ่นทับได้รวดเร็ว โดยความหนาของฟิล์มสารเคลือบเมื่อแห้งตัวจะอยู่ในช่วงประมาณ 25 ถึง 30 ไมโครเมตร โดยวิธีการพ่นนั้นมีความเหมาะสมกับสารเคลือบไม้แลกเกอร์มากกว่าสารเคลือบไม้เชลแล็ก เนื่องจากสารเคลือบไม้แลกเกอร์มีคุณสมบัติที่แห้งเร็วกว่า ทำให้สามารถพ่นสารเคลือบไม้ทับได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ในขณะที่สารเคลือบไม้เชลแล็กนั้นนิยมใช้วิธีการทาโดยใช้แปรงมากกว่า ซึ่งวิธีการทาโดยใช้แปรงนั้นใช้ระยะเวลาในการแห้งตัวของสารเคลือบช้ากว่า โดยความหนาของฟิล์มสารเคลือบเมื่อแห้งตัว ไม่เกิน 50 ไมโครเมตร โดยความหนาของฟิล์มสารเคลือบที่มากกว่าทำให้แห้งช้าไม่สามารถทาสารเคลือบทับได้ทันทีเหมือนวิธีการพ่น จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สารเคลือบไม้แลกเกอร์มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมไม้

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสารเคลือบไม้เชลแล็กและแลกเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อรา โดยได้ข้อสรุปว่า สารเคลือบไม้เชลแล็กซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่าสารเคลือบไม้แลกเกอร์ ดังนั้นจึงเห็นควรเพื่อให้ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ต่อไปในอนาคต ดังนี้

1) ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการเคลือบผิวไม้ที่ต่างกันส่งผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้มากน้อยเพียงใด โดยในปัจจุบันมีวิธีการเคลือบไม้อยู่ 3 วิธีหลัก คือการเคลือบแบบพ่น การเคลือบแบบจุ่มและการเคลือบแบบทา ซึ่งควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีของการเคลือบแบบพ่น เพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม โดยทำการเปรียบเทียบผลการเติบโตของเชื้อราระหว่างการเคลือบแบบพ่นกับการเคลือบแบบทาเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนว่าการเคลือบวิธีใดมีความสามารถในการต้านทานการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดมากที่สุด

2) ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัดส่วนของสารละลายเชลแล็กที่ใช้ว่าหากเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างเชลแล็กกับสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ส่งผลต่อการเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวไม้อัดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้

3) ควรศึกษาการผลิตครั่งซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทำเชลแล็กจากการทำการเกษตรพื้นบ้านมาเป็นการทำเกษตรเชิงอุตสาหกรรมเพื่อให้สามารถผลิตได้ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมเชิงพาณิชย์สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมโรค. (2554). ข้อแนะนำการกำจัดเชื้อราหลังน้ำลด, [ออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.ddc.moph.go.th/emg/flood/showimgpic.php?id=681 [6 ธันวาคม 2556].

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56 [14 กุมภาพันธ์ 2557].

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. (2548). ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาล และการเปรียบเทียบการทำงาน ของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ. (มหาบัณฑิต), สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกรียงไกร นาคะเกศ และ จารุณี เมฆสุวรรณ์. (2549). เชื้อรา สิ่งมีชีวิตมหัศจรรย์, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/T66.pdf [2 ธันวาคม 2556].

ดำเนิน คงพาลา. (2548). เทคโนโลยีงานสี, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทยญี่ปุ่น).

ทรงกลด จารุสมบัติ. (2556a). ชนิดของน้ำยารักษาเนื้อไม้, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.baannatura.com/th/mat/content/detail/107.html. [14 กุมภาพันธ์ 2557].

ทรงกลด จารุสมบัติ. (2556b). ศัตรูทำลายไม้, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.baannatura.com/th/mat/content/detail/105.html. [14 เมษายน 2557].

ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล และ อรรณพ นพรัตน์. (2548). การพัฒนาการบำบัดสีน้ำทิ้งโรงงานเยื่อกระดาษด้วยรายย่อยสลายไม้, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.kmutt.ac.th/rippc/whiterot.htm [14 เมษายน 2557].

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. (2544). จุลชีววิทยาทั่วไป, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวัฒ เสนาะเมือง. (2543). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับรา, พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: โรงพิมพ์พระธรรมขันต์.

แน่งน้อย ตั้งสัตยากิจ. (2520). ปัญหาการผลิตไม้อัดในประเทศไทย (มหาบัณฑิต), แผนกวิชาการบัญชี คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. (2537). การปลูกและดูแลรักษาสวนป่า ไม้สักทอง ไม้เศรษฐกิจของชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เพชรกะรัต.

พิไลพรรณ พงษ์พูล. (2525). ราวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียน.

มานี เหลืองธนะอนันต์ สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ และ เฉลิมพล วนวงศ์ไทย. (2548). ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นและตัวทำละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของฟิล์มเซลแล็ก, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรรณวิไล อินทนู. (2547). การจัดจำแนกเชื้อรา *Trichoderma spp.* และ *Gliocladium sp.* โดยอาศัยเทคนิคทางอณูวิทยาร่วมกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tnrr.in.th/rir/index.php?page=researching&nid=137496 [14 กุมภาพันธ์ 2557].

วิจัย รักวิทยาศาสตร์. (2546). ราวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักท์.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2554). ตลาดเฟอร์นิเจอร์ในประเทศปี*'55*อานิสงส์หลังน้ำลดดันยอดขายโตร้อยละ *7-10*, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.kasikornresearch.com/TH/K-EconAnalysis/Pages/ViewSummary.aspx?docid=27871 [14 กุมภาพันธ์ 2557].

สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ มานี เหลืองธนะอนันต์ และ สาธิต พุทธิพิพัฒน์ขจร. (2545). การพัฒนาเซลแล็กจากแหล่งวัตถุดิบที่มีในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นสารเคลือบสำหรับการนำส่งยาสู่ลำไส้, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมจิตร อยู่เป็นสุข. (2552). ราวิทยา, พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : พงษ์สวัสดิ์การพิมพ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521a). วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม *5* การหาความหนาของฟิล์ม, มอก. 285 เล่ม 5-2521.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521b). วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม *4* การเคลือบ, มอก. 285 เล่ม 4-2521.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2526). ไม้แปรรูปอบ, มอก.497-2526.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2530). กาวเรซินสังเคราะห์ (พีโนลิกและอะมิโนปลาสติก) สำหรับไม้, มอก.360-2530.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549a). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นไม้อัด มอก.178-2549.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549b). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีแลคเกอร์ไนโตรเซลลูโลส มอก.561-2549.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเชลแล็กวาร์นิช มอก.149-2549.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทินเนอร์สำหรับแลคเกอร์, มอก.496-2553.

สำนักงานวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. (2547). การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://forprod.forest.go.th/forprod/Tips/DETAILS/woodkilning.htm. [14 เมษายน 2557].

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. (2554). อุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือน, [ออนไลน์].แหล่งที่มา:

http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/IndustBasicKnowledge/Master_6.pdf [6 ธันวาคม 2556].

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2549). ภาพรวมของอุตสาหกรรมไม้ในประเทศ, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://forprod.forest.go.th/forprod/wood_industries/pdf/ผลงานวิจัยที่สำคัญ/ภาพรวมของอุตสาหกรรมไม้.pdf [2 ธันวาคม 2556].

อรอุษา สรวารี. (2537). สารเคลือบผิว (สี วาร์นิช และแลคเกอร์), พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิบรอเฮม ยีดำ ระวี เจียรวิภาและสายัณห์ สดุดี. (2550). การใช้แบบจำลองการผลิตพืชเพื่อการประเมินปริมาตรไม้และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางพารา, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

อุดม จิรเศวตกุล และ นิพนธ์ เดชะ. (2553). การเลี้ยงครั่ง, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/book%20PDF/domestic%20animal/d007.pdf [14 กุมภาพันธ์ 2557].

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials C1498-04a. (2004). Standard Test Method for Hygroscopic Sorption Isotherms of Building Materials. American Society for Testing and Materials.

American Society for Testing and Materials D2216-05. (2005). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.* .

Andersen B., Frisvad J.C., Sondergaard I., Rasmussen I.S. and Larsen L. (2011). Associations between fungal species and water-damaged building materials. *Applied and Environmental Microbiology, 77*(12), 4180-4188.

Banker G.S., Agyilirahin G.A. and Tarcha P.J. (1999). Polymer for Enteric Coating Applications. *London, CRC Press*, 39-66.

BASF Wolman Gmbh. (2014). *Mould*, [Online]. Available : http://www.wolden.de/en/infocenter_wood/about_wood_pests/wood_staining_fungi/schimmel/index.php?thisID=349 (Access date : 9 April 2014).

Becker R. (1994). Fungal disfigurement of constructions-analysisof the effects of various factors. In: Samson, R.A.,Flannigan, B., Flannigan, M.E., Verhoeff, A.P., Adan, O.C.G.and Hoekstra, E.S. (Eds.). *Air Quality Monographs Vol.2: Health Implications of Fungi in Indoor Environments*, 361–380.

CertiWood Technical Centre. (2009). *Plywood design fundamentals*, [Online]. Available : http://www.tolko.com/documents/plywood_designfund.pdf. (Access date : 9 December 2013).

Chatfield H.W. (1953). *Varnish Comstituents*. London: Leonard Hill.

Chauhan O.P., Raju P.S., Asha Singh and Bawa A.S. (2011). Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices. *Food Chemistry 126*, 961 – 966.

Cheng S.S., Liu J.Y., Chang E.H. and Chang S.T. (2008). Antifungal Activity of Cinnamaldehyde and Eugenol Congeners Against Wood-rot Fungi,. *Bioresource Technology, 99*, 5145-5149.

Davis P.J. (2001). Molds, Toxic Molds, and Indoor Air Quality. *California Research Bureau, 8*(1).

Domsch K.H., Gams W. and Anderson TH. (1980). *Compendium of soil fungi* (Vol. I). London: Academic Press.

Eckelman C.A. (2013). The Shrinking and Swelling of Wood and Its Effect on Furniture. *Forestry&natural resources 163*.

Flexner B. (2012). *UNDERSTANDING WOOD FINISHING* [Online]. Available : http://woodtools.nov.ru/books/Understanding_Wood_Finishes.pdf. (Access date : 9 December 2013). .

Forest Products Laboratory United States Department of Agriculture. (2010). *Wood Handbook Wood as an Engineering Material*, [Online]. Available : http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. (Access date : 9 December 2013)

Gobakken L.R. and Jessen K.M. (2007). Growth and Succession of Moild on Commercial Paint Systems in Two Field Sites *The International Research Group on Wood Protection, Strockholm, 07-30421*.

Hagenmaier R. and Shaw P.E. (1991). The permeability of shellac coating to water vapor and other gases. *J. Agr. Food Chem., 39*, 825-829.

Hoang C.P., Kinney K.A., Corsi R.L. and Szaniszlo P.J. (2010). Resistance of green building materials to fungal growth. *International Biodeterioration& Biodegradation, 64*, 104-113.

International Association Research Center. (2002). *Iarc Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans* (Vol. 82). France: IARC Press LYON.

Johansson P., Ekstrand-Tobin A., Svensson T. and Bok G. (2012). Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration& Biodegradation, 73*, 23-32.

Klamer M., Morsing E. and Husemoen T. (2004). Fungal growth on different insulation materials exposed to different moisture regimes. *International Biodeterioration & Biodegradation, 54*(4), 277-282.

Linda A.R. (1995). Wood Finishing. *University of Kentucky Cooperative Extension Service*.

Martin J. (1982). Shellac. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, 20*, 737-747.

Mcginnis R.M. and Rinaldi M.G. (1996). Anfungal Drugs: Mechanisms of Action, Drug Resistance. *Susceptibility Testing and Assays o f Activity in Biologic Fluids In Antibiotics in laboratory medicine*, 4th ed., edited by Victor Lorian, M.D. 1996. Waverly company New York. .

McGuire A.G. (1999). Evaluation of shellac and sucrose ester fruit coating formulations that support biological control of post harvest grape fruit decay. *Biocontrol Science and Technol, 9*, 53-65.

McGuire R.G. and Hagenmaier R.D. (2001). Shellac formulations to reduce epiphytic survival of coliform bacteria on citrus fruit postharvest. *J. Food Protec, 64*(1756-1760).

Nielsen K.F., Holm G., Uttrup L.P. and Nielsen P.A. (2004). Mould growth on building materials under low water activies.Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. *International Biodeterioration& Biodegradation, 54*, 325-336.

Pasanen A.L., Kalliokoski P. and Jantunen M. (1994). Recentstudies on fungal growth on building materials. In:Samson, R.A., Flannigan, B., Flannigan, M.E., Verhoeff,A.P., Adan, O.C.G. and Hoekstra, E.S. (Eds.). *AirQuality MonographsVol. 2: Health Implications of Fungi in Indoor Environments*, 485–493.

Pasanen A.L., Rautiala S., Kasanen J.P., Raunio P., Rantamaki J. and Kalliokoski P. (2000). The relationship between measured moisture condition and fungal concentrations in water-damaged building materials. *Indoor air 11*(111-120).

Pearnchob N. and Bodmeier R. (2003). Dry powder coating and comparison with conventional liquid-based coating for Eudragit Rs, ethylcellulose and shellac. *European Journal of Pharmaceutic and Biopharmaceutic, 56*(3), 363-369.

Raper B.K. and Fennell D.I. (1965). *The Genus Aspergillus*. Baltimore: The Williams and Wilkins Company.

Rifai M.A. (1969). A revision of the genus Trichoderma. *Mycol Pap, 116*, 1-116.

Samuels G.J. (2001). Workshop on "The Taxonomy and Biotechnology applications of Trichoderma and Gliocladium" Between 10-12 September 2001. National Center for Genetic Engineering and Biotechnology Bangkok, Thailand. *Scienses, Department of Forest Products. Report 221*, 40-49.

Sequeira V. and Bezkorowajnyj P.G. (1998). Improved management of Butea monosperma (Lam.) Taub for lac production in India. *Forestry Ecology and Management, 102*(2), 225-234.

Thoemen H., Irle M. and Sernek M. (2010). *Wood-Based Panels An Introduction for Specialists*. London: Brunel University Press.

Trezza T.A. and Krochta J.M. (2001). Specular reflection, gloss, roughness and surface heterogeneity of biopolymer coatings. *Journal of Applied Polymer Science, 79*, 2221-2229.

Troutman J.L. and Matejka J.C. (1978). Induced tolerance of *Trichoderma viride* to benmyl. *Phytopathol, 12*, 131.

U.S. Department of Agriculture. (1986). *Finishing Forest Wood Exteriors* [Online]. Available : http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah647.pdf. (Access date : 9 December 2013).

U.S. Department of Agriculture. (1999). The Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113*.

U.S. Food and Drug Administration. (1981). Standard food and drug administration department of health and human services indirect food additives: adhesives and components of coating. *FDA 21*(CFR 175.300).

Van Den Bulcke J., Van Acker J. and Stevens M. (2007). Laboratory testing and computer. Simulation of blue stain growth on and in wood coatings. *International biodeterioration & Biodegradation, 59*(2), 137-147.

World Health Organization. (1981). WHO Recommended health-based limits in occupational exposure to selected organic solvents. *WHO Tech Rep Ser 664*.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองการทดสอบวัสดุ

ผลการทดลองการทดสอบวัสดุ

ผลการทดลองการทดสอบวัสดุ ประกอบด้วย

1. ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3
2. ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3
3. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ

ตาราง ก-1 ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความชื้นในวัสดุ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	18.89	20.94	10.85		
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	18.40	20.53	11.60	10.77	0.87
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	24.49	26.69	9.87		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	24.70	26.92	8.99		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	19.64	21.34	8.65	8.54	0.51
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	26.87	29.02	7.99		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	20.72	22.02	6.27		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	20.76	22.07	6.32	6.61	0.54
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	19.23	20.62	7.23		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	24.10	25.37	5.27		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	21.54	22.98	6.67	5.81	0.75
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	23.25	24.53	5.50		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	20.53	22.40	9.11		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	18.58	20.27	9.12	9.26	0.26
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	24.48	26.82	9.56		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	19.93	21.42	7.48		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	19.30	20.67	7.09	7.23	0.21
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	21.35	22.87	7.12		

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความชื้นในวัสดุ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	19.04	20.35	6.88		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	21.68	23.05	6.34	6.92	0.60
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	23.22	24.97	7.54		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	20.18	22.41	11.05		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	22.65	25.26	11.54	11.64	0.65
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	19.12	21.48	12.34		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	25.12	27.42	9.16		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	21.89	24.19	10.50	9.65	0.74
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	20.42	22.32	9.30		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	19.61	20.95	6.83		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	20.18	21.68	7.43	7.16	0.30
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	21.57	23.13	7.23		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	16.74	17.75	6.03		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	21.99	23.21	5.54	6.11	0.61
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	20.32	21.69	6.76		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	25.60	28.03	9.49		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	20.76	22.94	10.50	10.25	0.67
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	23.51	26.04	10.76		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	18.33	19.76	7.80		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	19.42	21.10	8.65	8.23	0.42
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	22.30	24.14	8.23		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	20.41	21.84	7.01		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	18.38	19.83	7.88	7.48	0.44
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	21.39	23.01	7.56		

ตาราง ก-2 ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความชื้นในวัสดุ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	19.59	22.80	16.39		
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	20.34	23.93	17.65	16.57	1.00
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	20.86	24.13	15.67		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	24.80	27.82	12.18		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	19.79	22.49	13.67	12.32	1.28
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	21.31	23.68	11.12		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	20.92	22.92	9.56		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	20.32	22.22	9.34	9.33	0.23
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	21.55	23.51	9.10		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	24.90	26.92	8.11		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	22.56	24.54	8.79	8.48	0.34
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	19.43	21.09	8.54		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	20.50	23.17	13.02		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	19.65	22.68	15.40	13.52	1.69
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	24.24	27.18	12.13		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	20.03	22.18	10.73		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	20.35	22.78	11.90	10.98	0.83
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	23.65	26.09	10.30		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	19.34	21.17	9.46		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	21.49	23.28	8.32	8.82	0.59
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	20.23	21.98	8.67		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	20.03	23.41	16.87		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	19.47	23.06	18.42	17.98	0.97
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	22.70	26.93	18.65		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	25.12	28.28	12.58	13.30	0.66
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	20.39	23.13	13.45		

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความชื้นในวัสดุ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	19.25	21.92	13.87		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	20.45	22.45	9.78		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	21.67	23.77	9.69	10.12	0.68
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	19.20	21.29	10.91		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	16.71	18.18	8.80		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	20.14	21.93	8.90	9.04	0.34
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	20.76	22.71	9.43		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	26.70	30.28	13.41		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	18.65	21.45	14.99	14.39	0.86
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	21.29	24.44	14.79		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	18.88	20.84	12.10		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	19.67	22.40	13.89	13.18	0.95
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	20.64	23.43	13.54		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	21.03	23.11	9.89		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	20.21	22.30	10.34	9.63	0.87
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	22.74	24.71	8.66		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-3 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	24.15	46.10	90.89		
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	23.63	46.00	94.65	91.03	3.56
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	18.39	34.49	87.54		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	20.54	34.49	67.91		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	24.98	41.57	66.43	66.22	1.80
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	19.93	32.75	64.32		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	19.76	31.29	58.35		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	22.37	34.75	55.32	57.74	2.17
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	22.40	35.74	59.54		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	23.88	37.22	55.86		
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	21.39	32.85	53.56	54.92	1.20
ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	21.48	33.36	55.32		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	22.11	38.89	75.89		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	20.67	36.43	76.23	75.45	1.08
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	20.44	35.61	74.21		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	22.37	37.45	67.41		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	23.20	38.56	66.21	67.39	1.16
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	23.42	39.47	68.54		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	20.06	32.50	62.01		
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	21.01	34.11	62.35	63.57	2.41
ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	26.71	44.43	66.35		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	21.77	51.89	107.01		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	18.46	38.07	106.23	107.12	0.95
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	25.98	54.07	108.12		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 1	17.25	38.20	92.72		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 2	19.28	37.26	93.24	93.36	0.71
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ 3	22.46	43.60	94.12		

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 1	17.63	33.20	88.23		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 2	20.16	37.77	87.34	88.26	0.89
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ 3	22.11	41.82	89.12		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 1	20.30	36.71	80.84		
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 2	19.16	34.72	81.23	80.73	0.56
ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ 3	23.51	42.35	80.12		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 1	16.03	36.66	97.50		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 2	20.07	39.58	97.23	98.02	1.14
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ 3	20.64	41.14	99.33		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 1	22.76	45.12	89.46		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 2	21.45	40.85	90.45	90.71	1.41
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ 3	21.20	40.75	92.23		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 1	22.63	42.16	86.32		
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 2	23.02	42.66	85.32	86.80	1.77
ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ 3	21.36	40.32	88.77		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองการทดสอบวัสดุ

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุ ประกอบด้วย

1. ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน)ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม
2. ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3
3. ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็กและสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	5.80 5.99 6.20	6.00	0.20	3.85 3.49 3.78	3.70	0.19	1.04 0.78 1.23	1.02	0.23	0.56 0.45 0.31	0.44	0.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	13.50 12.19 13.47	13.05	0.75	7.95 8.01 8.91	8.29	0.54	3.24 2.96 4.67	3.62	0.92	1.99 1.56 2.11	1.89	0.29
21	20.55 20.30 22.20	21.02	1.03	11.75 10.85 11.48	11.36	0.46	9.45 7.81 10.12	9.13	1.19	5.95 4.89 5.32	5.39	0.53
28	23.78 24.64 23.79	24.07	0.49	13.60 13.42 13.63	13.55	0.11	12.87 13.56 12.56	13.00	0.51	7.65 7.20 8.87	7.91	0.86
35	26.93 27.14 28.88	27.65	1.07	15.95 14.74 15.90	15.53	0.69	15.15 15.67 14.15	14.99	0.77	9.40 9.59 9.12	9.37	0.24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	29.03 28.60 29.14	28.92	0.28	19.35 19.28 21.46	20.03	1.24	19.73 19.87 21.89	20.50	1.21	10.60 11.12 10.23	10.65	0.45
49	34.83 33.99 33.19	34.00	0.82	24.06 25.91 26.41	25.37	1.14	22.04 22.89 23.11	22.68	0.57	13.91 12.62 13.12	13.22	0.65
56	47.40 45.12 49.08	47.20	1.99	26.63 28.09 28.38	27.70	0.94	24.50 24.18 24.36	24.35	0.16	18.25 17.87 17.24	17.79	0.51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-2 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	4.41 3.90 4.64	4.32	0.38	4.41 3.16 4.67	4.08	0.81	1.91 1.53 2.18	1.87	0.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-2 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	9.45 9.54 11.41	10.13	1.11	9.45 8.74 8.97	9.05	0.36	2.75 2.34 2.85	2.65	0.27
21	13.25 10.24 13.55	12.35	1.83	13.25 15.98 13.44	14.22	1.52	8.75 7.59 8.96	8.43	0.74
28	13.34 14.70 12.67	13.57	1.03	14.70 16.87 14.12	14.90	1.45	9.56 8.50 9.23	9.10	0.54
35	17.40 16.34 17.78	17.17	0.74	16.12 16.34 17.12	16.53	0.53	10.63 9.94 11.23	10.60	0.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-2 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	22.06 24.86 20.18	22.37	2.36	22.06 22.36 23.64	22.69	0.84	13.13 12.88 13.45	13.15	0.29
49	25.94 24.39 24.34	24.89	0.91	24.12 24.51 25.11	24.58	0.50	13.88 13.12 14.22	13.74	0.56
56	29.63 30.68 29.98	30.10	0.53	27.61 28.16 27.64	27.80	0.31	19.63 19.34 18.77	19.25	0.44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-3 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	7.78 6.77 8.40	7.65	0.82	5.36 5.66 6.46	5.83	0.57	3.68 3.25 4.12	3.68	0.44	0.93 0.55 1.01	0.83	0.24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-3 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	12.80 11.19 12.63	12.21	0.88	8.28 7.62 8.08	7.99	0.34	8.89 8.87 9.35	9.04	0.27	2.64 2.53 2.88	2.68	0.18
21	23.03 23.51 24.29	23.61	0.64	15.30 17.23 15.09	15.87	1.18	14.63 14.88 15.18	14.90	0.28	7.56 7.65 6.98	7.40	0.36
28	25.60 25.67 24.79	25.35	0.49	16.43 17.43 16.32	16.73	0.61	15.65 15.32 15.70	15.56	0.20	8.32 8.54 7.20	8.02	0.72
35	29.31 29.21 29.59	29.37	0.20	17.70 18.26 17.30	17.75	0.48	16.15 15.36 17.11	16.21	0.88	9.75 9.12 9.99	9.62	0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-3 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	32.40 35.36 36.71	34.82	2.20	19.10 23.60 18.25	20.32	2.88	20.11 21.12 22.87	21.37	1.40	13.89 13.20 14.22	13.77	0.52
49	35.66 35.36 39.23	36.75	2.15	28.19 28.60 29.12	28.61	0.51	25.58 25.32 26.12	25.67	0.41	16.21 16.11 17.14	16.49	0.57
56	52.37 50.55 52.41	51.77	1.06	33.25 34.22 31.16	32.88	1.56	31.00 29.77 31.56	30.78	0.92	21.14 20.56 22.50	21.40	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-4 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	6.71 5.12 7.11	6.31	1.05	5.09 4.77 5.12	4.99	0.19	1.34 0.96 1.67	1.32	0.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-4 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	8.63 8.11 8.13	8.29	0.29	8.94 7.85 8.78	8.52	0.59	3.94 3.57 3.29	3.60	0.32
21	16.30 17.34 16.56	16.73	0.54	14.89 15.31 16.12	15.44	0.63	8.66 8.45 9.02	8.71	0.29
28	16.99 17.98 17.21	17.39	0.52	15.90 15.70 16.67	16.09	0.51	8.99 9.13 9.30	9.14	0.16
35	20.21 21.28 20.89	20.79	0.54	16.66 16.88 17.11	16.88	0.22	10.08 10.46 11.03	10.52	0.48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-4 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	22.54 23.19 26.11	23.95	1.90	24.56 23.11 23.21	23.63	0.81	14.21 14.22 15.38	14.60	0.67
49	30.23 29.11 29.99	29.78	0.59	27.62 26.19 27.67	27.16	0.84	16.01 15.67 16.49	16.06	0.41
56	38.19 37.68 39.12	38.33	0.73	31.51 31.88 32.22	31.87	0.35	22.93 23.11 23.50	23.18	0.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-5 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	2.23 2.54 2.12	2.30	0.22	0.78 0.68 0.87	0.77	0.09	0.87 0.45 0.99	0.77	0.28	0.82 0.88 0.23	0.64	0.36
4	12.56 13.23 11.44	12.41	0.90	8.11 8.96 7.67	8.25	0.66	4.78 5.45 5.12	5.12	0.34	4.11 4.54 3.98	4.21	0.29
7	25.80 25.56 25.12	25.49	0.34	23.85 23.99 24.12	23.99	0.14	13.56 12.68 14.24	13.49	0.78	9.12 9.45 8.56	9.04	0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-5 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	38.50 37.34 39.12	38.32	0.90	37.95 37.34 38.76	38.02	0.71	22.54 23.90 24.93	13.79	1.20	18.95 17.75 19.68	18.79	0.98
21	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	66.40 66.45 67.12	66.66	0.40	44.34 45.76 43.13	44.41	1.32	35.36 35.85 36.65	35.95	0.65
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	60.67 60.01 61.98	60.89	1.00	37.67 37.24 36.97	37.29	0.35
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	39.40 39.34 38.46	39.07	0.53

ตารางที่ ข-5 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	48.21 49.36 47.99	48.52	0.74
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-6 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	1.34 1.98 1.22	1.51	0.41	0.78 1.65 1.18	1.18	0.44	0.73 0.35 0.98	0.69	0.32
4	9.67 9.12 11.53	10.11	1.26	5.90 4.25 5.96	5.37	0.97	5.23 4.89 5.67	5.26	0.39
7	24.41 25.76 23.87	24.68	0.97	13.16 13.97 14.08	13.74	0.50	10.76 10.98 11.23	10.99	0.24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-6 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	39.45 39.21 41.76	40.14	1.41	28.39 27.35 29.67	28.47	1.16	19.75 19.13 20.97	19.95	0.94
21	67.34 68.75 66.46	67.52	1.16	46.21 45.98 47.82	46.67	1.00	40.40 40.12 40.57	40.36	0.23
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.46 60.23 63.98	62.22	1.88	46.56 46.46 46.88	46.63	0.22
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	52.60 52.99 53.32	52.97	0.36

ตารางที่ ข-6 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	61.14 62.34 64.67	62.72	1.80
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-7 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	2.37 2.98 2.23	2.53	0.40	1.98 1.76 1.97	1.90	0.12	1.29 1.34 0.98	1.20	0.20	0.78 0.66 0.99	0.81	0.17
4	13.89 13.65 12.54	13.36	0.72	9.87 9.45 10.45	9.92	0.50	5.67 5.68 4.98	5.44	0.40	5.34 3.56 5.12	4.67	0.97
7	27.78 27.12 28.76	27.89	0.83	25.36 25.90 24.79	25.35	0.56	14.68 15.56 13.87	14.70	0.85	11.93 11.42 13.40	12.25	1.03

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-7 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	42.80 43.57 41.43	42.60	1.08	38.56 38.12 37.46	38.05	0.56	24.89 24.94 23.45	24.43	0.85	21.24 21.67 22.87	21.93	0.84
21	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	65.51 65.12 64.76	65.13	0.38	48.97 48.23 47.56	48.25	0.71	40.96 40.23 40.91	40.70	0.41
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.34 62.98 62.88	62.73	0.34	46.67 46.13 44.96	45.92	0.87
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	47.11 47.10 49.96	48.06	1.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-7 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	52.94 54.33 52.90	53.39	0.81
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-8 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	2.12 2.56 2.98	2.55	0.43	1.56 1.64 1.87	1.69	0.16	1.12 1.65 1.76	1.51	0.34
4	10.11 10.87 11.21	10.73	0.56	5.45 6.65 5.67	5.92	0.64	4.37 4.88 5.98	5.08	0.82
7	26.71 25.58 24.98	25.76	0.88	14.09 14.40 15.32	14.60	0.64	12.87 12.74 14.99	13.53	1.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-8 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	39.86 38.98 39.87	39.57	0.51	28.94 28.34 28.87	28.72	0.33	23.65 23.54 22.81	23.33	0.46
21	67.51 66.34 66.82	66.89	0.59	50.80 49.24 50.23	50.23	0.87	43.96 43.91 44.23	44.03	0.17
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	63.33 63.65 64.57	63.85	0.65	51.78 51,58 52.99	52.12	0.76
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	51.56 52.40 53.90	52.65	1.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-8 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่ไม้อัดตัวอย่างสัมผัสน้ำโดยตรงก่อนบ่ม (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-9 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-9 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	9.85 10.08 9.05	9.66	0.54	2.80 3.14 2.98	2.98	0.17	1.30 1.37 0.44	1.04	0.52	0.40 0.34 0.71	0.48	0.20
21	19.00 17.79 20.09	18.96	1.15	8.23 9.20 9.49	8.97	0.66	3.23 3.75 3.04	3.34	0.37	2.78 2.99 3.20	2.99	0.21
28	22.67 21.60 23.90	22.72	1.15	9.10 9.67 10.56	9.78	0.74	5.45 5.10 6.56	5.70	0.76	5.99 6.54 5.79	6.11	0.39
35	24.65 24.00 26.10	24.92	1.08	13.88 14.28 14.33	14.16	0.25	8.88 8.27 9.56	8.90	0.65	8.25 7.88 6.34	7.49	1.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-9 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	28.70 26.75 28.66	28.04	1.11	18.53 17.84 20.44	18.97	1.33	12.38 12.29 13.20	12.62	0.50	11.10 10.67 11.27	11.01	0.31
49	34.83 33.73 36.62	35.06	1.46	19.69 17.81 19.91	19.14	1.15	13.44 14.35 14.74	14.18	0.67	12.38 11.98 12.66	12.34	0.34
56	40.23 39.63 41.40	40.42	0.90	23.63 23.01 21.72	22.78	0.97	17.38 18.16 18.56	18.03	0.60	13.44 13.28 13.78	13.50	0.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-10 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-10 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	3.60 3.07 3.48	3.38	0.28	2.60 2.56 1.55	2.44	0.60	1.45 1.55 1.82	1.61	0.19
21	8.69 9.72 8.31	8.91	0.73	4.69 5.12 5.65	5.15	0.48	4.23 4.67 4.04	4.31	0.32
28	9.67 10.80 10.65	10.37	0.61	5.67 6.14 6.23	6.01	0.30	6.42 7.01 7.34	6.92	0.46
35	15.64 14.64 15.62	15.30	0.57	10.40 10.10 11.34	10.61	0.65	7.25 8.60 8.54	8.13	0.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-10 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	21.66 21.97 21.48	21.70	0.24	14.99 15.65 15.54	15.39	0.36	10.40 12.60 12.98	11.99	1.39
49	22.81 22.58 22.63	22.67	0.13	17.54 16.78 17.78	17.37	0.52	11.35 13.45 14.45	13.08	1.58
56	21.96 23.09 23.31	23.31	1.47	19.43 20.14 19.53	19.70	0.38	15.07 14.66 15.25	14.99	0.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	10.36 10.60 9.25	10.07	0.72	5.10 5.41 5.38	5.30	0.17	2.90 2.57 2.40	2.62	0.25	1.10 0.87 1.36	1.11	0.25
21	22.50 23.77 22.62	22.96	0.70	10.90 10.65 10.48	10.68	0.21	6.79 5.23 5.76	5.93	0.79	4.89 5.69 4.32	4.97	0.69
28	25.99 25.20 24.56	25.25	0.71	12.65 11.76 12.67	12.36	0.52	7.34 6.23 7.43	7.00	0.67	7.23 7.99 8.32	7.85	0.56
35	28.25 29.13 28.95	28.78	0.46	15.67 16.56 16.42	16.22	0.48	11.96 12.68 11.23	11.96	0.72	8.95 8.67 9.66	9.09	0.51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	31.84 31.90 30.51	31.42	0.78	19.65 22.99 23.78	22.14	2.19	15.90 16.87 15.88	16.22	0.57	12.67 13.68 12.66	13.00	0.59
49	35.66 34.71 34.89	35.09	0.51	21.08 23.56 24.87	23.17	1.93	17.87 18.54 17.43	17.95	0.56	15.57 16.99 15.44	16.00	0.86
56	45.36 44.32 44.49	44.73	0.56	28.19 28.06 29.60	28.61	0.86	20.13 21.54 20.42	20.70	0.74	16.87 18.23 17.69	17.60	0.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-12 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-12 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	5.58 5.01 5.99	5.53	0.49	3.32 2.87 2.67	2.95	0.33	2.40 2.13 2.56	2.36	0.22
21	11.03 10.65 11.01	10.89	0.21	7.32 6.90 5.32	6.51	1.05	4.65 5.34 4.23	4.74	0.56
28	15.60 14.65 15.10	15.12	0.48	8.31 7.54 6.43	7.43	0.94	8.42 7.60 8.23	8.08	0.43
35	19.33 18.42 17.07	18.27	1.14	13.12 12.54 11.54	12.40	0.80	9.60 9.12 10.34	9.69	0.61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-12 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	23.78 23.43 22.98	23.40	0.40	16.89 16.34 17.23	16.82	0.45	14.56 13.34 13.91	13.94	0.61
49	26.31 25.96 26.91	26.39	0.48	17.54 19.23 19.65	18.81	1.12	16.34 15.30 16.34	15.99	0.60
56	29.56 29.08 29.75	29.46	0.34	20.65 21.56 21.30	21.17	0.47	19.32 17.32 18.32	18.32	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-13 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	1.45 1.33 1.89	1.56	0.29	0.98 0.78 1.09	0.95	0.16	0.34 0.44 0.87	0.55	0.28	0 0 0	0	0
4	5.87 4.82 4.96	5.22	0.57	4.77 4.56 4.78	4.70	0.12	2.77 2.49 2.11	2.46	0.33	3.56 2.60 3.75	3.30	0.62
7	24.12 23.12 25.06	24.10	0.97	21.12 20.86 21.64	21.21	0.40	12.15 12.97 11.12	12.08	0.93	8.71 8.25 9.24	8.73	0.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-13 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	35.14 34.19 35.00	34.78	0.51	32.81 34.09 33.01	33.30	0.69	21.02 22.05 21.10	21.39	0.57	14.21 14.09 13.68	13.99	0.28
21	63.67 63.12 65.12	63.97	1.03	55.16 55.09 56.14	55.46	0.59	23.43 22.98 24.11	23.51	0.57	16.98 16.41 17.35	16.91	0.47
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	60.72 60.98 59.79	60.50	0.63	32.78 30.21 34.22	32.40	2.03	23.38 23.10 23.26	23.24	0.14
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.18 62.17 61.99	62.11	0.11	42.13 43.64 43.10	42.96	0.77	28.38 29.24 28.46	28.69	0.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-13 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	60.77 62.11 58.70	60.53	1.72	39.34 39.99 38.77	39.36	0.61
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	52.17 53.88 52.46	52.83	0.91
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-14 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	1.29 0.66 1.34	1.10	0.38	0.78 0.69 0.98	0.82	0.15	0 0 0	0	0
4	4.98 4.13 5.02	4.71	0.50	3.12 2.18 3.42	2.91	0.65	5.12 4.76 5.12	5.00	0.21
7	23.86 22.11 24.78	23.58	1.36	12.78 13.12 13.76	13.22	0.50	9.13 9.56 8.35	9.01	0.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-14 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	34.57 33.56 35.19	34.44	0.82	24.65 23.01 25.78	24.48	1.39	15.87 15.97 14.33	15.39	0.92
21	58.79 57.89 56.77	57.82	1.01	26.00 25.14 27.46	26.20	1.17	29.01 28.21 28.97	28.73	0.45
28	63.55 64.55 65.35	64.48	0.90	47.34 47.03 46.56	46.98	0.39	36.44 36.35 37.80	36.86	0.81
35	66.56 65.87 64.98	65.80	0.79	56.14 56.03 53.58	55.25	1.45	46.44 46.98 45.12	46.18	0.96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-14 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.34 64.95 63.28	63.52	1.32	49.67 54.23 47.43	50.44	3.47
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	63.11 63.09 60.59	62.26	1.45
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-15 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	1.87 0.98 2.33	1.73	0.69	1.34 1.22 1.60	1.39	0.19	0.56 0.39 0.86	0.60	0.24	0.12 0.00 0.11	0.08	0.07
4	7.78 8.96 6.23	7.66	1.37	6.48 6.05 6.52	6.35	0.26	3.12 3.92 2.04	3.03	0.94	5.69 4.09 5.93	5.24	1.00
7	22.63 23.98 24.74	23.78	1.07	22.11 23.56 21.96	22.54	0.88	12.45 12.75 11.83	12.34	0.47	11.21 12.54 11.87	11.87	0.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-15 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	38.95 39.88 37.12	38.65	1.40	31.43 33.24 29.48	31.38	1.88	22.88 23.58 22.94	23.13	0.39	22.95 22.45 23.87	23.09	0.72
21	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	58.34 56.71 59.99	59.35	1.64	24.00 24.04 24.86	24.30	0.49	28.36 29.86 29.21	29.14	0.75
28	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.71 63.12 64.12	63.32	0.73	39.73 42.56 39.30	40.53	1.77	36.00 36.86 29.21	29.14	0.75
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	64.89 65.90 64.78	65.19	0.62	55.22 53.86 55.99	55.02	1.08	42.78 44.89 43.86	43.84	1.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-15 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	64.56 65.99 66.04	65.53	0.84	48.45 53.87 51.32	51.21	2.71
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	63.54 67.70 62.70	64.65	2.68
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-16 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	1.67 1.56 1.78	1.67	0.11	0.89 0.71 0.94	0.85	0.12	0.34 0.55 0.24	0.38	0.16
4	7.12 6.55 7.32	7.00	0.40	4.23 4.59 4.10	4.31	0.25	6.89 6.65 6.39	6.64	0.25
7	23.56 23.05 22.87	23.16	0.36	12.65 11.83 12.99	12.49	0.60	12.12 12.88 13.23	12.74	0.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-16 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	33.67 33.05 32.99	33.24	0.38	24.67 25.47 24.17	24.77	0.66	23.12 23.76 23.11	23.33	0.37
21	60.96 59.01 61.23	60.40	1.21	29.00 29.67 29.24	29.30	0.34	39.86 39.04 40.45	39.78	0.71
28	63.66 64.12 62.49	63.42	0.84	52.68 52.18 53.57	52.81	0.71	43.00 42.12 42.76	42.63	0.45
35	67.78 65.99 68.13	67.30	1.15	54.16 55.35 54.26	54.59	0.66	45.12 44.98 46.65	45.58	0.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-16 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 85±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	65.79 65.73 65.26	65.59	0.29	56.00 54.03 55.09	55.04	0.99
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-17 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-17 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	4.70 4.36 4.45	4.50	0.18	1.20 0.90 1.30	1.13	0.21	0.40 0.00 0.23	0.21	0.20	0 0 0	0	0
21	10.55 10.39 11.81	10.92	0.78	7.90 6.80 6.23	6.98	0.85	4.73 2.78 5.18	4.23	1.27	2.38 1.88 2.98	2.41	0.55
28	12.65 13.98 12.54	13.06	0.80	8.12 7.34 7.54	7.67	0.40	5.90 4.87 6.78	5.85	4.23	3.78 2.67 4.50	3.65	0.92
35	14.70 13.15 13.55	13.80	0.80	8.25 7.85 7.80	7.97	0.25	8.25 9.11 8.93	8.76	0.45	5.40 4.78 5.73	5.30	0.48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-17 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	24.98 25.26 23.73	24.65	0.82	13.63 14.56 13.19	13.79	0.70	11.10 12.56 11.01	11.56	0.87	7.93 6.88 8.34	7.22	0.75
49	28.70 26.60 29.90	28.40	1.67	17.63 15.94 14.19	15.92	1.72	12.38 11.67 13.84	12.63	1.11	9.10 8.12 9.93	9.05	0.91
56	34.83 34.04 33.89	34.25	0.50	19.69 18.99 20.99	19.89	1.01	14.25 13.18 14.35	13.93	0.65	10.06 9.02 11.45	10.18	1.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-18 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-18 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	2.36 2.77 2.80	2.64	0.24	1.45 0.79 1.47	1.24	0.39	0.44 0.22 0.67	0.44	0.23
21	8.45 7.66 8.40	8.17	0.45	4.23 3.61 4.56	4.13	0.48	3.05 2.67 3.83	3.18	0.59
28	8.98 8.13 8.34	8.48	0.44	5.98 4.90 6.74	5.87	0.93	4.67 4.90 5.13	4.90	0.23
35	9.75 8.99 8.84	9.19	0.49	9.19 8.57 8.98	8.91	0.31	7.80 6.92 8.15	7.62	0.63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-18 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	15.40 15.98 16.33	15.90	0.47	12.30 12.12 13.15	12.52	0.55	10.89 10.35 11.93	11.06	0.80
49	21.66 18.92 18.32	19.63	1.78	13.35 12.59 14.35	13.43	0.88	11.83 10.34 12.44	11.54	1.08
56	22.81 22.81 23.34	22.99	0.31	15.01 17.01 13.51	15.18	1.76	13.51 12.87 14.02	13.47	0.58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-19 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-19 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	5.40 4.42 6.86	5.56	1.23	2.25 2.95 1.70	2.30	0.63	1.10 0.66 1.01	0.92	0.23	0.56 0.32 0.88	0.59	0.28
21	11.15 9.72 12.08	10.98	1.19	8.90 8.62 6.32	7.95	1.41	6.68 5.98 6.77	6.48	0.43	2.74 2.11 2.98	2.61	0.45
28	14.50 13.45 15.32	14.42	0.94	9.65 9.12 7.53	8.77	1.10	7.87 6.34 7.56	7.26	0.81	5.56 4.32 4.23	4.71	0.74
35	16.20 15.32 17.88	16.47	1.30	10.65 9.52 8.43	9.53	1.11	8.95 9.59 7.59	8.71	1.02	8.95 8.03 9.38	8.79	0.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-19 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เซลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเซลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	28.45 26.92 29.46	28.28	1.28	14.88 14.73 13.86	14.49	0.55	12.94 11.46 13.60	12.67	1.10	10.95 11.78 10.21	10.98	0.79
49	31.84 32.83 31.82	32.17	0.57	15.90 17.08 14.34	15.77	1.38	13.68 13.23 15.21	14.04	1.04	12.70 11.67 13.56	12.64	0.95
56	35.66 34.81 36.45	35.64	0.82	21.08 19.89 35.83	22.27	3.14	15.89 15.11 16.34	15.78	0.62	13.56 13.11 13.78	13.48	0.34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-20 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-20 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	3.20 3.40 2.80	3.13	0.31	2.40 1.44 2.17	2.00	0.50	0.78 0.56 1.23	0.86	0.34
21	9.45 8.93 8.89	9.09	0.31	7.09 8.26 7.12	7.49	0.67	3.58 2.77 4.76	3.70	1.00
28	9.90 9.54 10.64	10.03	0.56	8.76 9.32 8.22	8.77	0.55	6.23 5.12 5.21	5.52	0.62
35	10.60 10.23 11.29	10.71	0.54	10.58 12.16 11.47	11.40	0.79	8.23 8.11 8.91	8.42	0.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-20 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Aspergilus niger* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	16.70 18.20 16.82	17.24	0.83	13.95 12.89 14.33	13.72	0.75	13.08 12.67 13.67	13.14	0.50
49	21.63 20.27 20.38	20.76	0.75	14.18 13.89 14.62	14.23	0.37	13.20 12.99 13.96	13.38	0.51
56	26.31 25.01 24.35	25.22	1.00	16.23 15.71 17.24	16.39	0.78	13.73 13.67 14.04	13.81	0.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-21 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบเทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	4.98 4.31 5.18	4.82	0.46	2.20 1.89 0.98	1.69	0.63	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	18.60 16.10 17.50	17.40	1.25	11.81 9.76 12.17	11.25	1.30	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-21 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	32.80 31.56 35.50	33.29	2.01	27.20 25.12 23.21	25.18	2.00	1.20 0.78 0.34	0.77	0.43	0.78 0.33 0.51	0.54	0.23
21	56.68 55.41 51.98	54.69	2.43	49.18 54.11 49.24	50.48	2.83	14.54 15.23 16.39	15.39	0.94	6.87 8.22 9.18	8.09	1.16
28	60.12 61.23 58.33	59.89	1.46	52.14 53.37 52.55	52.69	0.63	21.67 23.11 20.45	21.74	1.33	8.99 10.39 10.67	10.02	0.90
35	62.51 63.17 62.38	62.69	0.42	59.12 59.84 57.95	58.64	1.05	34.11 29.75 35.18	33.01	2.88	19.58 15.14 17.87	17.53	2.24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-21 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	63.75 64.75 63.88	64.13	0.54	65.39 66.71 67.12	66.41	0.91	22.63 20.85 24.98	22.82	2.07
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 65.12 67.23	67.03	1.82	35.17 32.94 35.19	34.43	1.29
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	56.76 56.25 52.63	55.21	2.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-22 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	3.75 2.45 0.98	2.39	1.39	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	12.12 13.48 16.12	13.91	2.03	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-22 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	28.89 29.95 25.17	28.00	2.51	2.80 3.66 2.19	2.88	0.74	2.34 2.11 1.96	2.14	0.19
21	47.93 53.37 52.12	51.14	2.85	15.43 18.78 17.96	17.39	1.75	11.12 10.75 10.85	10.91	0.19
28	53.78 54.19 54.03	54.00	0.21	23.78 25.19 24.69	24.55	0.71	13.74 13.07 14.78	13.86	0.86
35	62.27 58.28 58.94	59.83	2.14	37.51 39.16 41.11	39.26	1.80	21.45 21.68 23.11	22.08	0.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-22 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดสักที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดสักเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 67.75 65.13	67.21	1.87	68.75 67.63 67.13	67.83	0.83	33.68 36.08 35.33	35.03	1.23
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 66.75 68.74	68.08	1.15	40.23 41.89 42.54	41.55	1.19
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	61.53 57.79 57.76	59.03	2.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-23 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	7.41 6.71 6.81	6.98	0.38	3.56 2.87 2.11	2.85	0.73	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	18.12 19.27 18.02	18.47	0.69	15.11 15.23 17.84	16.06	1.54	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-23 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	32.87 34.12 35.11	34.03	1.12	30.87 26.12 25.11	27.37	3.08	2.25 2.69 3.77	2.90	0.78	2.69 2.87 3.11	2.89	0.21
21	56.25 57.12 57.24	56.87	0.54	50.25 50.44 51.69	50.79	0.78	19.22 19.88 18.23	19.11	0.83	12.11 13.70 14.25	13.35	1.11
28	62.46 63.16 52.76	62.79	0.35	53.26 53.18 54.06	53.50	0.49	24.70 24.19 24.34	14.41	0.26	19.05 18.63 17.64	18.44	0.72
35	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	60.89 58.95 59.01	59.62	1.10	38.46 35.74 39.11	37.77	1.79	29.50 28.11 27.05	28.22	1.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-23 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ทาสารเคลือบไม้เชลแล็ก จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบเชลแล็ก 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 67.13	68.21	0.94	33.89 35.06 32.00	33.65	1.54
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	36.86 39.07 40.06	38.66	1.64
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	55.18 60.75 59.67	58.53	2.96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-24 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
2	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
4	4.13 3.75 4.87	4.25	0.57	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0
7	14.86 15.36 13.04	14.42	1.22	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-24 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	30.21 30.44 28.69	29.78	0.95	3.20 3.14 2.84	3.06	0.19	3.83 2.37 2.99	3.06	0.73
21	51.50 53.12 52.12	52.25	0.82	21.14 18.23 19.22	19.53	1.48	13.91 14.78 14.66	14.45	0.47
28	55.28 54.69 55.10	55.02	0.30	26.72 26.96 27.56	27.08	0.43	23.97 21.98 21.67	22.54	1.25
35	60.12 59.87 59.40	59.80	0.37	40.60 38.84 39.15	39.53	0.94	31.11 32.09 32.40	31.87	0.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-24 ร้อยละการเติบโตของเชื้อราชนิด *Trichoderma harzianum* บนผิวไม้อัดยางที่ทาสารเคลือบไม้แลกเกอร์ จำนวน 2 รอบ 3 รอบ 4 รอบ เทียบกับระยะเวลาบ่ม (วัน) ในสภาวะที่วัสดุอยู่ภายในอาคารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3 (ต่อ)

ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 2 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 3 รอบ			ไม้อัดยางเคลือบแลกเกอร์ 4 รอบ		
	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
42	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 67.63 68.75	68.38	0.65	45.12 44.77 41.12	43.67	2.22
49	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	62.14 60.11 56.78	59.68	2.71
56	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	68.75 68.75 68.75	68.75	0.00	63.08 62.12 60.78	61.99	1.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

วิธีการเพาะเชื้อราจากหลอดเชื้อแห้งแข็ง (Revival of freeze-dried cultures)

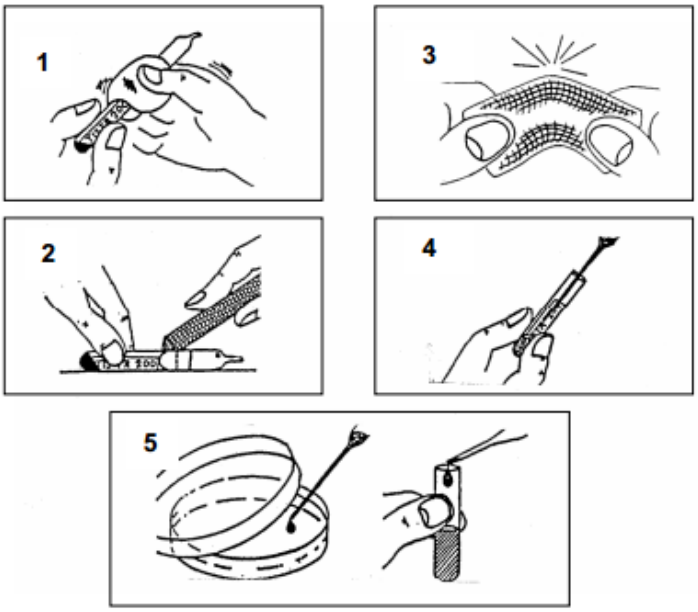
วิธีการเพาะเชื้อราจากหลอดเชื้อแห้งแข็ง (Revival of freeze-dried cultures) มีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการหักหลอดจุลินทรีย์ (ampoule) โดยเริ่มจากการใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 เช็ดรอบหลอด จากนั้นใช้ตะไบเหล็กเลื่อยบริเวณกึ่งกลางหลอดโดยมีลำสีรองไว้ให้ลึกเป็นรอยลงไปในเนื้อแก้ว จากนั้นใช้ผ้าที่มีความหนาและสะอาดรองและมีกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์หุ้มหลอดจุลินทรีย์ไว้ และทำการหักหลอดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือทั้งสองกดเบาๆ บริเวณด้านตรงข้ามกับรอยเลื่อย

2) ดึงปลายหลอดจุลินทรีย์และสำลีทิ้งในขวดน้ำยาฆ่าเชื้อ ใช้ไมโครปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดอาหารเหลวที่เตรียมไว้ ประมาณ 0.3-0.4 มิลลิลิตร จากปริมาตรที่เตรียมไว้ 5 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดจุลินทรีย์ เพื่อละลายสารผสมเซลล์เชื้อราในหลอด ต้องทำในสภาพที่ปลอดเชื้อ

3) ดูดสารละลายผสมเซลล์เชื้อราออกให้หมดจากหลอดจุลินทรีย์ ใส่ลงไปในหลอดอาหารเหลวเดิม จากนั้นหยดสารละลายเซลล์เชื้อรา ลงในอาหารแข็งที่เตรียมไว้จำนวน 3 หยด และไม่ต้องกระจายเชื้อบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ

4) นำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-5 วันเพื่อดูการเติบโตของเชื้อรา



ภาพที่ ค.1 วิธีการเตรียมเชื้อรา

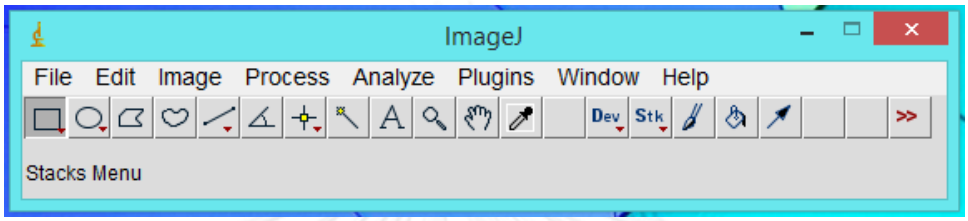
(ที่มา : http://www.tistr.or.th/mircen/)

ภาคผนวก ง

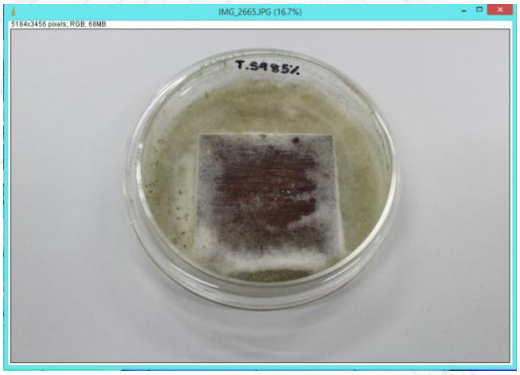
วิธีการใช้โปรแกรม ImageJ

การวิเคราะห์หาพื้นที่การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัดโดยใช้โปรแกรม ImageJ

1. เปิดโปรแกรม ImageJ (ดังภาพ ง.1) จากนั้นเปิดภาพที่ต้องการวิเคราะห์โดยไปที่ File > Open ตัวอย่างภาพที่ใช้วิเคราะห์ ดังภาพ ง.2

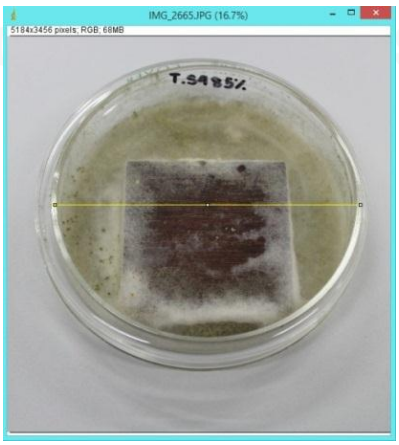


ภาพ ง.1 โปรแกรม ImageJ



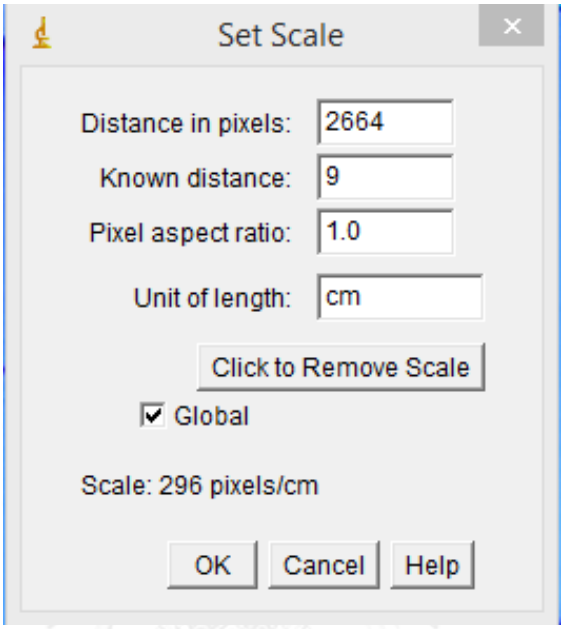
ภาพ ง.2 ตัวอย่างภาพที่ต้องการวิเคราะห์

การ Set Scale เพื่อเทียบอัตราส่วนของขนาดภาพ โดยใช้เครื่องมือ Magnifying glass เพื่อขยายภาพ จากนั้นใช้เครื่องมือ Stright line selection คลิกลากจากขอบจานไปยังอีกด้าน ดังภาพ ง.3



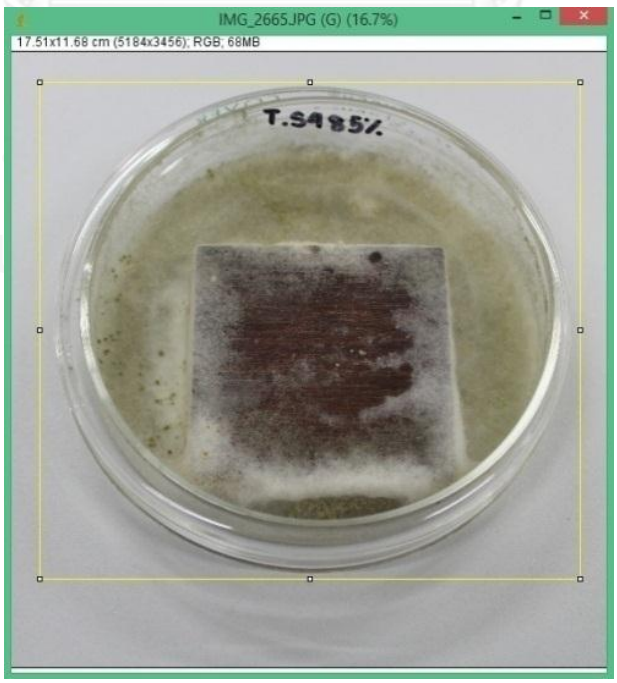
ภาพ ง.3 คลิกลากเพื่อ Set Scale

2. คลิกที่เครื่องมือ Analyze > Set Scale
   - ใส่ค่า Known Distance: 9
   - ใส่หน่วย Unit of Length: cm
   - คลิก Global แล้วกด OK (ดังภาพ ง.4)



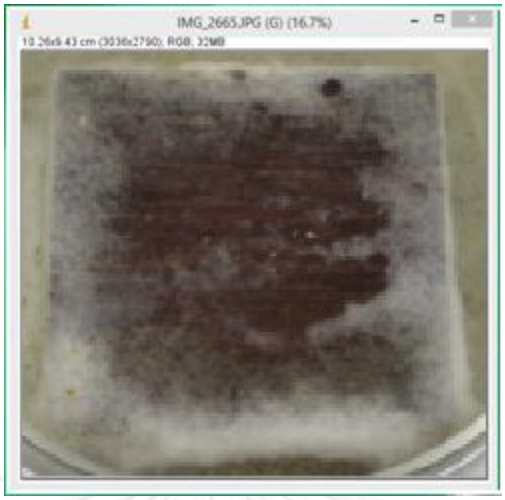
ภาพ ง.4 การตั้งค่าเพื่อ Set Scale

3. เลือกส่วนของภาพเฉพาะที่ต้องการโดยใช้เครื่องมือ Rectangular Selections แล้วคลิกลากเลือกเฉพาะส่วนที่ต้องการ ดังภาพ ง.5



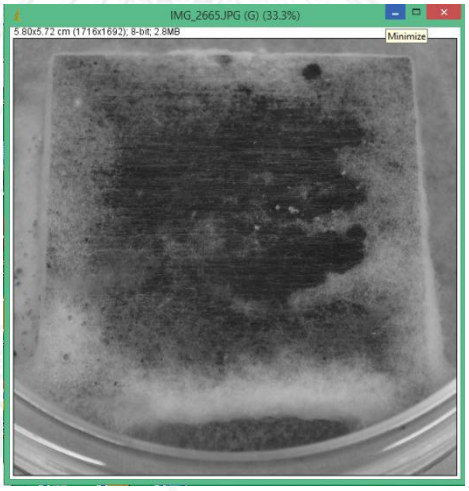
ภาพ ง.5 เลือกส่วนของภาพเฉพาะที่ต้องการ

4. คลิกที่ Image > Crop จะได้ภาพดังแสดงในภาพ ง.6



ภาพ ง.6 ภาพที่แสดงเฉพาะส่วนที่ต้องการวิเคราะห์

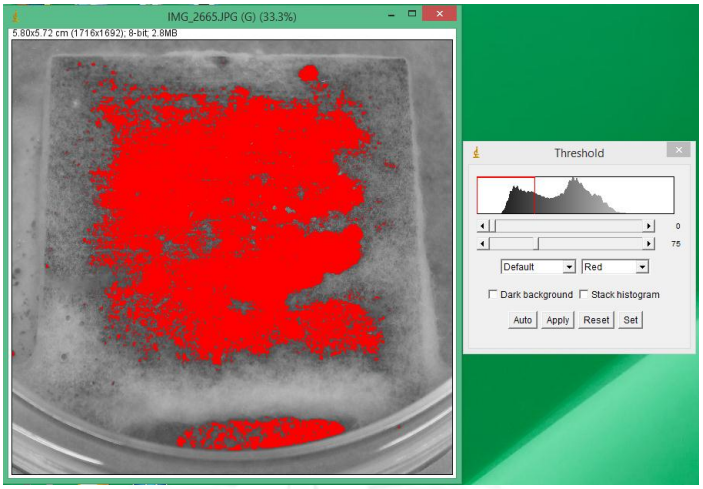
5. เลือกชนิดของภาพ โดยไปที่ Image > Type > 8 – bit ดังแสดงในภาพ ง.7



ภาพ ง.7 เลือกชนิดของภาพเป็น 8 – bit

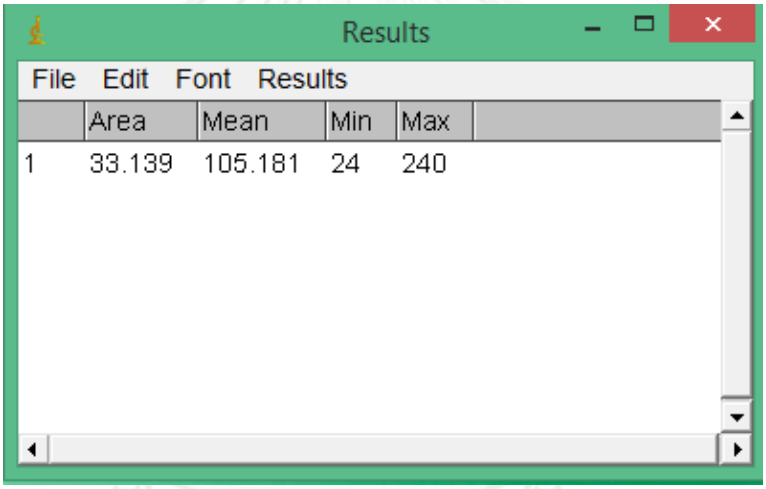
6. คำนวณค่าพื้นที่การเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด โดยไปที่ Image > Adjust > Threshold ปรับค่า Threshold จนได้พื้นที่ที่ต้องการวัด ดังภาพง.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ ง.8 ภาพที่ผ่านการเลือกพื้นที่ที่ต้องการวัดขนาด

7. เลือกการวิเคราะห์ โดยไปที่ Analyze > Measure จะได้ค่าดังภาพ ง.9



ภาพ ง.9 ภาพแสดงพื้นที่ที่คำนวณได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test หาความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test หาความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในกรณีทดสอบสองด้าน (Two-tailed)

ตาราง จ-1 ค่าความชื้นสมดุลในวัสดุ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ร้อยละค่าความชื้นในวัสดุ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	18.89	20.94	10.85		
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	18.40	20.53	11.60	10.77	0.87
ไม้อัดสักไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	24.49	26.69	9.87		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 1	20.18	22.41	11.05		
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 2	22.65	25.26	11.54	11.64	0.65
ไม้อัดยางไม่ทาสารเคลือบไม้ 3	19.12	21.48	12.34		

1. การตั้งสมมติฐาน

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$

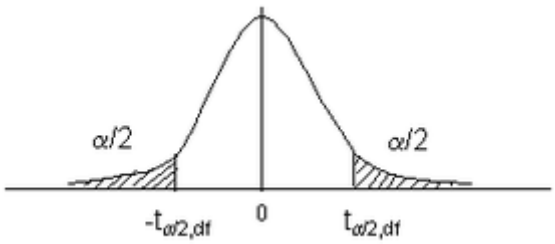
μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของร้อยละค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของร้อยละค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

T – Distribution ที่ใช้สำหรับการทดสอบนี้คือผลต่างของ $\mu_1 = \mu_2$ ควรเท่ากับ 0 จึงจะยอมรับสมมุติฐานหลัก แต่ใช้หลักของ Confidence interval จะได้ว่า ผลต่างที่ไม่เท่ากับ 0 แต่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าในระดับหนึ่งภายใน Interval นั้นยังสามารถยอมรับสมมติฐานหลักได้ ถ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$-t_{\alpha/2,df} \leq t \leq t_{\alpha/2,df}$



2. คำนวณค่า S_p จากสมการ

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

n_1 : จำนวนตัวอย่างไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้

n_1 : จำนวนตัวอย่างไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้

S_1 : ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละค่าความชื้นสมดุลไม้อัดยางที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

S_2 : ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละค่าความชื้นสมดุลไม้อัดสักที่ไม่ทาสารเคลือบไม้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 65±3

$$S_p^2 = \frac{(3-1)(0.65)^2 + (3-1)(0.87)^2}{3+3-2}$$

$$S_p^2 = \frac{0.845+1.5138}{4}$$

$$S_p^2 = 0.590$$

$$S_p = 0.768$$

3. คำนวณค่า t จากสมการ

$$t_0 = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$$

$$t_0 = \frac{11.64 - 10.77}{0.768\sqrt{\frac{1}{3}+\frac{1}{3}}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$t_0 = 1.387$$

4. คำนวณหา df

df = $n_1 + n_2 - 2$

df = 3 + 3 – 2

= 4

5. สรุปผลการทดสอบสมมุติฐาน จากตาราง t-Distribution ที่ df = 4 และ α = 0.025 จะได้ $t_{0.025,4} = 2.7765$

ดังนั้นเมื่อ $t_0 < t_{0.025,4}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

6. หาค่า sig จากโปรแกรม Excel

- Insert Function เลือก Function : TTEST
- ช่อง tails พิมพ์ 2 ช่อง type พิมพ์ 2
- ผลวิเคราะห์ได้ค่า sig = 0.237

ค่า sig มีค่ามากกว่า α แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

จากผลการทดลองสรุปว่าร้อยละค่าความชื้นสมดุลในไม้อัดสักและไม้อัดยางมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทั้งสองวิธีจะสรุปผลไปในแนวทางเดียวกันเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกฤติกา วัฒนวิสุทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2531 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University