โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ลำดับการเข้ากินซากของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่นบนซากหมูที่ถูกเผา บริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

Insect and other arthropod succession on burnt pig carcass at mixed forest, Chulalongkorn University area, Kaeng Khoi, Saraburi Province

ชื่อนิสิต นางสาวทินัดดา เข็มรัมย์ **เลขประจำตัว** 5932025223

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับการเข้ากินซากของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่นบนซากหมูที่ถูกเผา บริเวณป่าเบญจพรรณ ของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

Insect and other arthropod succession on burnt pig carcass at mixed forest, Chulalongkorn University area, Kaeng Khoi, Saraburi Province

นางสาวทินัดดา เข็มรัมย์

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิกา อารีย์กุล บุทเชอร์

โครงงานวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

โครงงานวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจาก
โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ	ลำดับการเข้ากินซากของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่นบนซากหมูที่ถูกเผา บริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี
นิสิตผู้ดำเนินโครงการ	: นางสาวทินัดดา เข็มรัมย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิกา อารีย์กุล บุทเชอร์
ภาควิชา	: ชีววิทยา

บทคัดย่อ

การประเมินระยะเวลาหลังการเสียชีวิต (postmortem interval, PMI) มีความสำคัญอย่างยิ่งทางนิติวิทยาศาสตร์ในการการเชื่อมโยงเหยื่อกับผู้ต้องสงสัย ซึ่งสามารถนำหลักฐานทางด้านนิติกีฏวิทยา (forensic entomology) ที่อาศัยความรู้ด้านการกระจายตัว ชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงที่พบบนศพและบริเวณรอบศพมาใช้ในการหาค่า PMI ในประเทศไทยมีข้อมูลการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยายังไม่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ศพถูกเผาซึ่งไม่มีการศึกษากรณีดังกล่าวที่ประเทศไทย จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ ศึกษาลำดับการเข้ากินซากของแมลง เปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายของซากหมูถูกเผากับซากหมูไม่ถูกเผา และศึกษาความหลากหลายของแมลงบนซากหมู โดยงานวิจัยทำการศึกษาบริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยใช้หมูน้ำหนักประมาณ 30 - 35 กิโลกรัม เป็นสัตว์ทดลอง ทำการเปรียบเทียบระหว่างซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา พบว่าแมลงหลักที่เข้ามากินซากจัดอยู่ในอันดับ Diptera, Coleoptera และ Hymenoptera โดยในซากหมูไม่ถูกเผามีแมลงวันหัวเขียวเป็นแมลงชนิดแรกที่เข้ามาที่ซากคือ *Chrysomya megacephala* รวมทั้งเป็นแมลงชนิดหลักที่พบมากที่สุดเช่นเดียวกับ *Achoetandrus rufifacies* และด้วงหลักที่พบมาที่สุดคือ *Catharsius molossus* ในส่วนซากหมูถูกเผาพบว่ามดแดงชนิด *Oecophylla smaragdina* เป็นแมลงชนิดแรกที่เข้ามากินซาก และแมลงชนิดหลักที่พบมากที่สุดคือ ชนิด *C. megacephala* และ *A. rufifacies* เช่นเดียวกับซากหมูไม่ถูกเผา และด้วงชนิดหลักที่สุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดคือ *Catharsius molossus* และ *Platydracus sp*. ในส่วนของระยะเวลาของการย่อยสลายของซาก พบว่าซากหมูไม่ถูกเผามีอัตราการย่อยสลายของซากช้ากว่าซากหมูถูกเผา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ซากหมูถูกเผาด้วยไฟทำให้เกิดการย่อยลายเนื้อเยื่อไปบางส่วนอัตราการย่อยสลายของซากจึงเกิดได้เร็วขึ้น

คำสำคัญ: การเผาซาก , ซากหมู , ป่าเบญจพรรณ , แมลงกินซาก , ลำดับการเข้ากินของแมลง

Research Title	: Insect and other arthropod succession on burnt pig carcass at mixed forest, Chulalongkorn University area, Kaeng Khoi, Saraburi Province
Student name	: Miss. Thinadda Khemram
Advisor	: Associate Professor Buntika Areekul Butcher, Ph.D.
Department of	: Biology

Abstract

The Postmortem interval (PMI) plays a critical role in forensic science in providing a link between the victim and suspected person via forensic entomological evidence, and is performed through knowledge of distribution, behavioural pattern, and development of carrion associated insects to estimate PMI value. However, scientific studies of forensic entomology are still limited in Thailand, especially in the case of burnt carcasses. Therefore, the objectives of this study were to study the succession pattern of insects and decomposition rate of a burnt pig carcass compared to an ordinary pig carcass. The experiment was performed at Chulalongkorn University area, Kaeng Khoi, Saraburi Province using two pig carcasses, each of 30 - 35 kg wet weight, one burnt and one unburnt. Ditera, Coleoptera and Hymenoptera were the main insect orders found on the carcasses. Blowfly (*Chrysomya megacephala*) and weaver ant (*Oecophylla smaragdina*) were the first insect species to arrive on the unburnt and burnt pig carcasses, respectively. *Chrysomya megacephala* and *Achoetandrus rufifacies* (is that not now *C. rufifacies*) were the most common dominant insect species found on both the unburnt and burnt pig carcasses. *Catharsius molossus* was the most common beetle species on the unburnt pig carcass. While *C. molossus* and *Platydracus sp.* were the most common beetle species on the burnt pig carcass. The decomposition rate of the unburnt pig carcass was slower than that of the burnt pig carcass, which likely reflects the effect of burning where the tissues are softer and easier to degrade.

Keywords: insect succession , burnt carcass , mix forest , pig carcass

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิกา อารีย์กุล บุทเชอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ และข้อคิดเห็นที่สำคัญ เป็นประโยชน์ในการทำโครงการครั้งนี้ รวมถึงช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดทำโครงการ ทำให้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังให้ความดูแลเอาใจใส่ด้วยความเมตตามาโดยตลอด นิสิตผู้ทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ นางสาวสุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ ที่ช่วยฝึกสอนวิธีการต่าง ๆ ทั้งในภาคสนามขั้นตอนทางอนุกรมวิธานในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงการ นิสิตผู้ทำโครงการรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นางนันนิตา ภาสดา มารดาของนิสิตผู้จัดทำโครงการที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ ตลอดจนเป็นกำลังใจในการเรียนและการจัดทำโครงการนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่ป่าอนุรักษณ์ธรรมชาติเป็นพื้นที่ทำการศึกษาภาคสนาม รวมถึงเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่คอยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบคุณสมาชิกทุกท่านในห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาเชิงผสมผสาน (Integrative Ecology Laboratory: IE Lab) ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งการปฏิบัติงานในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในการจัดทำโครงการครั้งนี้มาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ 1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ 2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 3
2.1. นิติกีฏวิทยา (Forensic entomology) 3
2.2. ระยะการย่อยสลายของซาก (Stage of decomposition) 6
2.2.1. Fresh stage 6
2.2.2. Bloated stage 6
2.2.3. Decay stage 7
2.2.4. Advance decay stage 7
2.2.5. Remains stage 7
2.3. แมลงที่มีความสำคัญในงานด้านนิติกีฏวิทยา 8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 10
3.1. ภาคสนาม 10
3.1.1. เตรียมการทดลอง 11
3.1.2. ปฏิบัติงาน 12
3.2. ห้องปฏิบัติการ 14
บทที่ 4 ผลการศึกษา 16
4.1. ระยะเวลาการย่อยสลายของซาก 16
4.1.1. ซากหมูไม่ถูกเผา 16
4.1.2. ซากหมูถูกเผา 16
4.2. ความหลากชนิดของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่น 18
4.3. ลำดับการเข้ากินซากหมูของแมลง 21
4.4. ปัจจัยทางกายภาพ 24
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา 25
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 28
6.1. สรุปผลการศึกษา 28
6.2. ข้อเสนอแนะ 29

เอกสารอ้างอิง 30
ภาษาไทย 30
ภาษาอังกฤษ 30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบระยะเวลาการย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาตั้งแต่วันที่ 30 กรกฎาคม – 30 กันยายน พ.ศ. 2562 16
ตารางที่ 4.2 แมลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบนซากและบริเวณรอบซากหมูไม่ถูกเผา 19
ตารางที่ 4.3 แมลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบนซากและบริเวณรอบซากหมูถูกเผา 21
ตารางที่ 4.4 ลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูไม่ถูกเผา..... 22
ตารางที่ 4.5 ลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูถูกเผา..... 23
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา 23
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพได้แก่ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม อุณหภูมิซากหมู อุณหภูมิกลุ่ม ตัวหนอน และความชื้นสัมพัทธ์ในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา 24
ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาการย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา..... 25
ตารางที่ 5.2 ระยะเวลาการย่อยสลายของซากหมูในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561) 25

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แมลงวันหัวเขียวในระยะการเจริญต่าง ๆ (Rodriguez, 1982) 3
ภาพที่ 2.2 ระยะ fresh stage (Rodriguez, 1982)....6
ภาพที่ 2.3 ระยะ bloated stage (Rodriguez, 1982)....6
ภาพที่ 2.4 ระยะ decay stage (Rodriguez, 1982)....7
ภาพที่ 2.5 ระยะ advance decay stage (Rodriguez, 1982) 7
ภาพที่ 2.6 ระยะ remains stage (Rodriguez, 1982)....8
ภาพที่ 2.7 แมลงในอันดับ Diptera แมลงวันหัวเขียว (ก) และแมลงวันหลังลาย (ข) (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561) และอันดับ Coleoptera วงศ์ Dermestidae (ค) (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561)....8
ภาพที่ 2.8 แมลงในวงศ์ Histeridae (ก) และ Staphylinidae (ข) (Goff, 2009)....9
ภาพที่ 3.1 ภาพแผนที่ประเทศไทย.... 10
ภาพที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10
ภาพที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาภาคสนามมีต้นไม้ให้ร่มเงา และแสงส่องถึงพื้น.... 11
ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาคสนาม 11
ภาพที่ 3.5 ซากหมูไม่ถูกเผา (ก) และซากหมูถูกเผา (ข).... 12
ภาพที่ 3.6 ซากหมูที่ถูกวางไว้เพื่อเริ่มการทดลอง 12
ภาพที่ 3.7 ขณะเก็บแมลงตัวเต็มวัยโดยใช้สวิง 13
ภาพที่ 3.8 ขณะบันทึกข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาและซากหมู.... 14
ภาพที่ 3.9 บันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในซากหมู และกลุ่มตัวหนอนโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว.... 14
ภาพที่ 4.1 การย่อยสลายของซากระยะ fresh stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)... 17
ภาพที่ 4.2 การย่อยสลายของซากระยะ bloated stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข) 17
ภาพที่ 4.3 การย่อยสลายของซากระยะ decay stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข). 17
ภาพที่ 4.4 การย่อยสลายของซากระยะ advanced decay stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข).... 17
ภาพที่ 4.5 การย่อยสลายของซากระยะ remains stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข) 18
ภาพที่ 4.6 แมลงวันหัวเขียวชนิดหลัก *Chrysomya megacephala* (ก) และ *Achoetandrus rufifacies* (ข).... 18
ภาพที่ 4.7 แมลงวันบ้านชนิดหลัก *Hydrotaea ignava* (ก) และด้วงชนิดหลัก *Catharsius molossus* (ข).... 19

ภาพที่ 4.8 แมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดหลัก *Pheidole sp.* 19
ภาพที่ 4.9 แมลงวันหัวเขียวชนิดหลัก *Chrysomya megacephala* (ก) และ *Achoetandrus rufifacies* (ข)..... 20
ภาพที่ 4.10 ด้วงชนิดหลัก *Catharsius molossus* (ก) และ *Platydracus sp.* (ข)..... 20
ภาพที่ 4.11 แมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดหลัก *Oecophylla smaragdina*..... 20
ภาพที่ 5.1 *O. smaragdina* แมลงผู้ล่า..... 26
ภาพที่ 5.2 แมลงวันหัวเขียว *C. megacephala* (ก) และ *A. rufifacies* (ข) 27

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

การเสียชีวิตของประชากรโลกมีหลายสาเหตุ เช่น โรคภัย อุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย ฆาตกรรม และภัยธรรมชาติ (Ritchie and Roser, 2018) การประเมินระยะเวลาหลังการเสียชีวิตมีความสำคัญอย่างยิ่งทางนิติวิทยาศาสตร์สำหรับการเชื่อมโยงเหยื่อกับผู้ต้องสงสัย ซึ่งจัดเป็นข้อมูลอย่างหนึ่งในการสืบหาความจริงเกี่ยวกับสาเหตุของการเสียชีวิต (Amendt et al., 2007) การประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต (postmortem interval หรือ PMI) สามารถศึกษาได้หลายวิธี จากสภาพแวดล้อมบริเวณที่พบศพ อุณหภูมิภายในหรือภายนอก สภาพทางสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกาย หากศพที่พบเสียชีวิตมาแล้วมากกว่า 2 อาทิตย์ ปัจจัยเหล่านี้จะไม่สามารถใช้ประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ อย่างไรก็ดียังมีสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่พบบนศพ เช่นแมลงวันหัวเขียว แมลงวันหลังลาย และแมลงวันบ้าน สามารถนำความรู้ทางชีววิทยาของแมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญของหนอนแมลงวัน มาประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต (Sharma et al., 2015)

นิติกีฏวิทยา (forensic entomology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับแมลงรวมถึงสัตว์ขาข้ออื่น ๆ มาประยุกต์ใช้เป็นหลักฐานทางกฎหมายในการสืบสวนคดีที่เกี่ยวข้องกับอาชญากรรมได้ โดยอาศัยความรู้ด้านการกระจายตัว ชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงที่พบบนศพและบริเวณรอบศพ สามารถนำมาใช้ประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต ศพที่พบตายในที่ร่มหรือกลางแจ้ง (Amendt et al., 2007) ซึ่งการย่อยสลายของซากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับแมลงที่เข้ามากินซาก สามารถแบ่งระยะการย่อยสลายของซากได้ 5 ระยะ ดังนี้ fresh stage, bloated stage, decay stage, advanced decay stage และ remains stage (Matuszewski et al., 2008)

แมลงวันหัวเขียว (blow fly) แมลงวันบ้าน (house fly) และแมลงวันหลังลาย (flesh fly) เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางการแพทย์และนิติเวช (Catts and Goff, 1992; Ngoen-klan et al., 2011) โดยเฉพาะศพที่พบในช่วงที่ไม่สามารถใช้หลักฐานอื่น ๆ มาใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ การใช้การเจริญของแมลงที่พบบนศพมาประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตจะมีค่าใกล้เคียงมากที่สุด เนื่องจากแมลงวันหัวเขียวเป็นแมลงชนิดแรกที่มาที่ศพเพื่อวางไข่ ตัวอ่อนของแมลงวันหัวเขียวส่วนใหญ่กินของเน่าเปื่อย เช่นซากศพ และมูลสัตว์ จึงสามารถใช้ระยะการเจริญของตัวอ่อนแมลงวันหัวเขียว และปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเจริญของแมลงวันหัวเขียว มาเทียบกันเพื่อประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต (Amendt et al., 2004) จากการศึกษาของ Wang et al. (2008) บริเวณทุ่งหญ้าสลับป่าที่เมืองจงซาน มณฑลกวางตุ้ง ทางตอนใต้ของประเทศจีน พบว่าบนซากหมูมีตัวอ่อนของแมลงวันหัวเขียวชนิด *Chrysomya megacephala* และ *C. rufifacies* มากในทุกฤดู และในแต่ละฤดูพบแมลงที่เข้ามากินซากไม่ต่างกัน ในประเทศไทยได้มีรายงานการจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแมลงวันหัวเขียวชนิดสำคัญที่จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ *C. megacephala* และ *C. rufifacies* เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการตาย (Sukontasorn et al., 2008)

ผู้วิจัยสนใจศึกษาลำดับการเข้ากินซากของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่นและอัตราการย่อยสลายของซากหมูที่ถูกเผากับซากหมูที่ไม่ถูกเผาเนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับแมลงกินซากบนซากที่ถูกเผายังมีการศึกษาน้อย โดยใช้ซากหมูที่มีลักษณะกายวิภาคของอวัยวะภายใน และการกระจายของไขมันคล้ายในคน ทำให้ซากหมูมีลำดับการย่อยสลายของซากคล้ายกับศพคน สามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาได้ (Catts and Goff, 1992; Schoenly et al., 2006) เลือกทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ป่าเบญจพรรณมีลักษณะเป็นป่าผลัดใบผสม หรือมีลักษณะเป็นป่าโปร่งและยังมีไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไปดินมักเป็นดินร่วนปนทราย (กรมป่าไม้, 2556) พื้นที่บริเวณนี้ห่างไกลจากการรบกวนของคนและยังไม่เคยมีการศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาลำดับการเข้ากินซากของแมลงและความหลากหลายของแมลงบนซากหมูบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาลำดับการเข้ากินซากของแมลงและอัตราการย่อยสลายของซากหมูที่ถูกเผากับซากหมูที่ไม่ถูกเผา บริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี
- ศึกษาความหลากหลายของแมลงบนซากหมูบริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1. นิติกีฏวิทยา (Forensic entomology)

นิติกีฏวิทยา (forensic entomology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับแมลงรวมถึงสัตว์ขาข้ออื่น ๆ มาประยุกต์ใช้เป็นหลักฐานทางกฎหมายในการสืบสวนคดีที่เกี่ยวข้องกับอาชญากรรมได้ โดยอาศัยความรู้ด้านการกระจายตัว ชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงที่พบบนศพและบริเวณรอบศพ สามารถนำมาใช้ประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต ศพที่พบตายในที่ร่มหรือกลางแจ้ง (Amendt et al., 2007) ซึ่งการย่อยสลายของซากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับแมลงที่เข้ามากินซาก สามารถแบ่งระยะการย่อยสลายของซากได้ 5 ระยะ ดังนี้ fresh stage, bloated stage, decay stage, advanced decay stage และ remains stage (Matuszewski et al., 2008) แมลงวันหัวเขียว (blow fly) แมลงวันบ้าน (house fly) และแมลงวันหลังลาย (flesh fly) เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางการแพทย์และนิติเวช (Catts and Goff, 1992; Ngoen-klan et al., 2011) โดยเฉพาะศพที่พบในช่วงที่ไม่สามารถใช้หลักฐานอื่น ๆ มาใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ การใช้การเจริญของแมลงที่พบบนศพมาประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตจะมีค่าใกล้เคียงมากที่สุด เนื่องจากแมลงวันหัวเขียวเป็นแมลงชนิดแรกที่มาที่ศพเพื่อวางไข่ ตัวอ่อนของแมลงวันหัวเขียว (ภาพที่ 2.1) ส่วนใหญ่กินของเน่าเปื่อย เช่นซากศพ และมูลสัตว์ จึงสามารถใช้ระยะการเจริญของตัวอ่อนแมลงวันหัวเขียว และปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเจริญของแมลงวันหัวเขียว มาเทียบกันเพื่อประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต (Amendt et al., 2004) ในบางกรณีหลักฐานทางนิติกีฏวิทยายังสามารถใช้คาดการณ์ได้คร่าว ๆ ว่าศพที่พบตายในที่ร่มหรือกลางแจ้ง และสามารถนำมาตรวจสอบยาหรือสารพิษที่อาจเป็นสาเหตุการตายได้ (Amendt et al., 2011)

ภาพที่ 2.1 แมลงวันหัวเขียวในระยะการเจริญต่าง ๆ (Rodriguez, 1982)

การนำความรู้ทางด้านนิติกีฏวิทยามาประยุกต์ใช้ในการสืบสวนคดีครั้งแรกเกิดขึ้นที่ประเทศจีน ถูกบันทึกไว้ในตำรานิติเวชศาสตร์ Hsi yüan chi lu (The Washing Away of Wrongs) โดยทนายความชาวจีนและผู้สอบสวนการตายชื่อ Sung Tzu ในช่วงศตวรรษที่ 13 เหตุเกิดที่บริเวณทุ่งนา มีผู้เสียชีวิตจากการถูกแทง ต่อมาเจ้าหน้าที่สืบสวนจึงให้คนงานทุกคนวางอุปกรณ์ทำนาหรือเคียวของ

แต่ละคนไว้บนพื้น พบว่ามีแมลงวันหัวเขียวมาเกาะที่เคียวเล่มหนึ่งเป็นผลจากคราบเลือดที่ติดอยู่ที่เคียวดึงดูดให้แมลงวันหัวเขียวให้เข้ามาเกาะต่อมาเจ้าของเคียวได้ยอมรับผิดและรับสารภาพว่าเป็นคนก่อเหตุ (Benecke, 2001)

การใช้ความรู้ทางด้านนิติกีฏวิทยาในการประมาณระยะเวลาหลังการตายเกิดขึ้นครั้งแรกที่ประเทศฝรั่งเศสโดยนายแพทย์ Bergeret ในปี 1855 จากนั้นได้มีการทำการศึกษาและรายงานกรณีศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาต่อมาจนถึงปัจจุบันรายงานการศึกษาทางนิติกีฏวิทยาโดยใช้ศพคนครั้งแรกในปี 1983 ณ The University of Tennessee เมือง Knoxville ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Rodriguez และ Bass ใช้ศพคนวางในพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 พื้นที่แล้วศึกษาสัตว์ขาปล้องที่พบในศพ (คม สุคนธสรรพ์ และ กาบแก้วสุคนธสรรพ์, 2553) อย่างไรก็ตามการใช้ศพคนในการศึกษาอาจมีปัญหาในการจัดหาศพ และอาจขัดหลักจริยธรรมการวิจัยในบางประเทศ จึงมีการใช้ซากสัตว์ทดลองแทนศพคน ซากที่นิยมใช้คือซากหมู (*Sus scrofa*) เนื่องจากหมูและคนมีลักษณะกายวิภาคภายในการจัดเรียงตัวของไขมัน ขนาดช่องอก และมีขนที่ตัวน้อยเหมือนกัน นอกจากนี้หมูและคนยังเป็นผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์เหมือนกันจึงอาจมีจุลชีพในทางเดินอาหารคล้ายกัน (Schoenly et al., 2006) งานวิจัยส่วนมากจึงนิยมใช้ซากหมูแทนศพมนุษย์ การศึกษาทางนิติกีฏวิทยาโดยใช้ซากสัตว์มีการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น ศพในป่า ศพฝังดิน ศพในกระโปรงท้ายรถยนต์ ศพที่อยู่บนอาคาร ศพที่อยู่ในห้องใต้หลังคา เป็นต้น

การศึกษาทางนิติกีฏวิทยาในประเทศไทยไม่พบรายงานว่าเริ่มมีการศึกษาเมื่อใด รายงานด้านนิติกีฏวิทยาที่เก่าที่สุดคืองานวิจัยของนายแพทย์ระพี แม้นโกศล ปี พ.ศ. 2529 ต่อมาในปี พ.ศ. 2530 นายแพทย์วิสูตร ฟองศิริไพบูลย์ ได้ตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับวงจรชีวิตแมลงวัน เพื่อนำความรู้มาประยุกต์ใช้บอกเวลาตายในศพเน่า (คม สุคนธสรรพ์ และ กาบแก้ว สุคนธสรรพ์, 2553) ในปี พ.ศ. 2544 รองศาสตราจารย์ ดร.คม สุคนธสรรพ์ และรองศาสตรจารย์ดร.กาบแก้ว สุคนธสรรพ์ ได้จัดทำรายงานชนิดของตัวอ่อนแมลงวันที่พบในศพในราชอาณาจักรไทยเป็นครั้งแรก การใช้ซากหมูแทนศพคนในการศึกษาด้านนิติกีฏวิทยาในประเทศไทยเกิดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2546 โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรวรรณ อมรศักดิ์ และนายยุกตนันท์ จำปาเทศ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (ยุกตนันท์ จำปาเทศ, 2555)หลังจากนั้นได้มีการทำการศึกษาการเข้ากินซากของแมลงโดยใช้ซากหมูแทนศพคน ทำการศึกษาจำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ในประเทศไทยมีการนำซากหมูมาใช้เป็นตัวแทนศพคนในการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาในสถานที่ เหตุการณ์จำลอง รวมถึงในฤดูกาลต่าง ๆ จากการศึกษาของ สุธาภรณ์ สุขจิต (2551) เรื่องลำดับการเข้ากินซากและความหลากหลายของแมลงบนซากหมูเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่:กลางแจ้งและในร่มพบว่าแมลงที่เป็นตัวชี้วัดในแต่ละพื้นที่เป็นแมลงที่ต่างชนิดกัน แมลงวันที่พบค่อนข้างจำเพาะกับพื้นที่นั้น ๆ อัตราการย่อยสลายของซากในพื้นที่กลางแจ้งเกิดขึ้นเร็วกว่าในพื้นที่ร่ม ในการศึกษาของ Sukchit (2011) เรื่องความหลากหลายและลำดับการเข้ากินซากของสัตว์ขาปล้องที่พบในซากสุกร *Sus scrofa domestica* ภายใต้สภาวะที่ต่างกันในจังหวัดน่าน ประเทศไทยพบว่าแมลงวันหัวเขียว *C. megacephala* และ *C. rufifacies* เป็นแมลงวันหัวเขียวชนิดหลักที่สามารถพบได้ทุกฤดู ในพื้นที่ป่าผลัดใบผสมพบว่าฤดูฝนมีความหลากชนิดของแมลงที่เข้ามากินซากมากที่ รองลงมาคือฤดูร้อน และฤดูหนาวตามลำดับ ในพื้นที่ป่าชานเมืองพบว่าลำดับการเข้ากินซากและความหลากชนิดเป็นไปในทาง

เดียวกันกับพื้นที่ป่าผลัดใบผสม การย่อยสลายของซากพบว่าในทุกพื้นที่ทุกฤดูซากหมูที่ถูกแขวนคอใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานกว่าซากหมูที่วางบนพื้นการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาในพื้นที่ที่เป็นเกาะ หรืออยู่บริเวณชายหาดมีรายงานการศึกษาอยู่ไม่มาก จากการศึกษา Decomposition pattern in terrestrial and intertidal habitats on Oahulsland and Coconut Island, Hawaii (Davis and Goff, 2000) พบว่า ในพื้นที่บนบก (terrestrial habitat) มีความหลากชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เข้ามากินซากมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ในช่วงน้ำขึ้น – น้ำลง (intertidal habitat) แต่ทั้ง 2 พื้นที่พบแมลงวันหัวเขียวชนิดหลักคือ *C. megacephala* และ *C. rufifacies* เหมือนกัน อัตราการย่อยสลายของซากของทั้งสองพื้นที่แตกต่างกัน

การศึกษาในซากหมูที่ถูกเผาเป็นการจำลองอาชญากรรมที่เกิดขึ้นจริงในกรณีที่เหยื่อถูกไฟไหม้โดยฆาตกร และอุบัติเหตุเพลิงไหม้ ในประเทศออสเตรเลียมีการศึกษาของ McIntosh และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากในซากหมูที่ถูกเผาเปรียบเทียบกับซากหมูไม่ถูกเผา พบว่าการเผาซากหมูจะเร่งอัตราการย่อยสลายของซากเป็นอย่างมากในทางตรงกันข้ามกับซากที่ไม่ถูกเผา การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลังจากการเผาที่เกิดขึ้นคือ การเปลี่ยนสีผิวหนังของซากหมูและการแยกออกของเนื้อเยื่อช่องท้องที่เกิดจากการขยายตัวของผิวหนังที่แข็งตัว ซึ่งการเกิดลักษณะเช่นนี้อาจจะเป็นการทำลายหลักฐานที่อยู่บนตัวซากศพ และส่งผลไปถึงการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิของจุลินทรีย์ทำให้มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของซาก ชนิดของแมลงวันที่พบบนซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบความแตกต่างของชนิดแมลงในด้วง ความแตกต่างในอัตราการย่อยสลายของซาก และชนิดของแมลง ทำให้มีการระบุว่าการเผาไหม้มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของซาก และชนิดของแมลงที่พบบนซากหมู และการศึกษาในประเทศมาเลเซียของ Heo และคณะ (2008) ที่ทำการศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากในซากหมูที่ถูกบางส่วนเปรียบเทียบกับซากหมูไม่ถูกเผา ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการย่อยสลายของซาก และลำดับการเข้ากินซากของแมลงในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา โดยซากหมูทั้งสองมีการย่อยสลายของซากอย่างสมบูรณ์ในวันที่ 9 หลังการตาย ชนิดของแมลงวันที่เข้าหาซากหมูคือ แมลงวันหัวเขียว (*Chrysomya megacephala*, *Chrysomya rufifacies* และ *Hemipyrellia ligurriens*) แมลงวันหลังลาย (Sarcophagidae) แมลงวันบ้าน (*Ophyra spinigera*) และแมลงวันในวงศ์ Sepsidae ความแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือ จำนวนของแมลงวันตัวเต็มวัย ในประเทศไทยการศึกษาในซากที่ถูกเผายังไม่มี ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาในซากหมูที่ถูกเผาซึ่งเป็นการจำลองเหยื่อที่ถูกไฟไหม้

การศึกษาด้านนิติกีฏวิทยากรณีที่ซากหมูถูกเผาในประเทศไทยทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ป่าเบญจพรรณมีลักษณะเป็นป่าผลัดใบผสม หรือมีลักษณะเป็นป่าโปร่งและยังมีไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไปดินมักเป็นดินร่วนปนทราย (กรมป่าไม้, 2556) พื้นที่บริเวณนี้ห่างไกลจากการรบกวนของมนุษย์ตั้งอยู่ใกล้กับเขื่อนเก็บน้ำทำให้พื้นที่ป่าไม่รกทึบมาซึ่งสะดวกต่อการเข้าถึงมากที่สุด

2.2. ระยะการย่อยสลายของซาก (Stage of decomposition)

เมื่อตายร่างกายจะมีการย่อยสลายเกิดขึ้นโดยมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แบคทีเรีย แมลง สิ่งมีชีวิตที่กินซาก (scavengers) รวมถึงปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ สามารถแบ่งระยะการย่อยสลายของซากได้ 5 ระยะ ได้แก่ fresh stage, bloated stage, decay stage, advance decay stage (putrefaction) และ remains stage (Goff, 2009)

2.2.1. Fresh stage

ระยะนี้เริ่มขึ้นตั้งแต่มีการตายเกิดขึ้นใช้ระยะเวลาประมาณ 0 –3 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เช่น อุณหภูมิของศพลดต่ำลง ผิวหนังบริเวณท้องเปลี่ยนเป็นสีเขียว (greenish discoloration) เริ่มมีการตกของเลือด (livor mortis) ผิวหนังลอก และเริ่มมีแมลงข้ามาวางไข่ตามรูเปิดของร่างกาย หรือบริเวณที่มีบาดแผล

ภาพที่ 2.2 ระยะ fresh stage (Rodriguez, 1982)

2.2.2. Bloated stage

ใช้ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 4 –6 หลังการตาย ในระยะนี้ท้องของศพจะบวมพองขึ้น (balloon-like) เกิดจากกระบวนการ metabolism ของแบคทีเรียในช่องท้อง อุณหภูมิของศพสูงขึ้นและอาจสูงกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการของแบคทีเรียและกลุ่มตัวหนอน เริ่มมีกลิ่นเหม็นของแอมโมเนีย

ภาพที่ 2.3 ระยะ bloated stage (Rodriguez, 1982)

2.2.3. Decay stage

ใช้ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 7 –30 หลังการตาย ศพมีกลิ่นเหม็นเน่ามาก ท้องของศพยุบลง เนื่องจากถูกตัวอ่อนแมลงวันจำนวนมากกัดกิน พบแมลงผู้ล่าเข้ามากินตัวอ่อนแมลงวัน ด้วงที่เข้ามากินซาก และเริ่มพบดักแด้แมลงวันที่บริเวณดินโดยรอบศพ

ภาพที่ 2.4 ระยะ decay stage (Rodriguez, 1982)

2.2.4. Advance decay stage

ใช้ใช้ระยะเวลาประมาณวันที่ 31 –51 หลังการตาย ศพมีกลิ่นเหม็นสาบ สภาพศพผิวหนังเริ่มแห้งลง น้ำหนักศพลดลงมาก พบด้วงกินซากมากขึ้นในระยะนี้

ภาพที่ 2.5 ระยะ advance decay stage (Rodriguez, 1982)

2.2.5. Remains stage

ในระยะศพเหลือแต่โครงกระดูก ผิวหนังแห้ง ไม่มีกลิ่น ไม่มีตัวหนอนแมลงวัน ระยะนี้เริ่มตั้งแต่วันที่ 52 หลังการตาย

ภาพที่ 2.6 ระยะ remains stage (Rodriguez, 1982)

2.3. แมลงที่มีความสำคัญในงานด้านนิติกีฏวิทยา

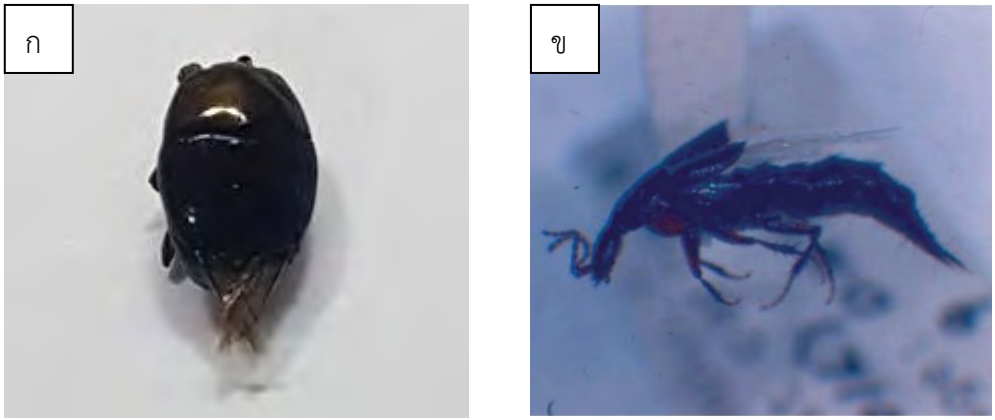
แมลงรวมถึงสัตว์ขาข้อชนิดอื่นเป็นสิ่งมีชีวิตหลักที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายของซาก เมื่อมีการตายเกิดขึ้นแมลงจะมาที่ซากซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีโดยใช้เวลาเพียงไม่ถึง 10 นาทีเพื่อกินซากและวางไข่ แมลงที่เข้ามาที่ซากมีหลายกลุ่มและมีบทบาทแตกต่างกันออกไป (Goff, 2009)

แมลงกินซาก (necrophagous species) แมลงกลุ่มนี้เป็นแมลงกลุ่มหลักที่เข้ามาใช้ประโยชน์จากซากมากที่สุดโดยการกินและมีการเจริญอยู่บนซากคือ แมลงในอันดับ Diptera (ภาพที่ 2.7) เช่น แมลงวันหัวเขียว (Calliphoridae) แมลงวันหลังลาย (Sarcophagidae) แมลงวันบ้าน (Muscidae) และแมลงในอันดับ Coleoptera ในวงศ์ Dermestidae (ภาพที่ 2.7) และ Silphidae แมลงกินซากเหล่านี้ความสำคัญอย่างมากในการประมาณระยะเวลาหลังการตาย (Goff, 2009) โดยในระยะแรกจะพบแมลงวันหัวเขียวเข้ามากินซาก และวางไข่ตามรูเปิดของร่างกาย ในระยะหลังจึงเริ่มมีการเข้ามาของด้วงกินซาก ลำดับการเข้ากินซากจึงสามารถใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการตายได้

ภาพที่ 2.7 แมลงในอันดับ Diptera แมลงวันหัวเขียว (ก) และแมลงวันหลังลาย (ข) (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561) และอันดับ Coleoptera วงศ์ Dermestidae (ค) (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561)

แมลงที่เป็นผู้ล่าหรือปรสิตของแมลงกินซาก มักเป็นแมลงในกลุ่มของด้วงในวงศ์ Staphylinidae, Histeridae (ภาพที่ 2.8) และ Silphidae แมลงวันหัวเขียวที่ตัวอ่อนมีการกินตัวอ่อนของแมลงวันชนิดอื่น รวมถึงแตนเบียนที่เข้ามาเบียนตัวอ่อนและดักแด้แมลงวัน นอกจากนี้บนซากยัง

สามารถพบแมลงชนิดที่กินทั้งซากและตัวอ่อนแมลงชนิดอื่นที่อยู่บนซาก เช่น ด้วง มด ต่อ ซึ่งส่งผลต่อการย่อยสลายของซากเนื่องจากไปทำให้ประชากรแมลงกินซากลดลง ไม่เพียงแต่แมลงที่เข้ามากินซากบนซากยังสามารถพบสัตว์ขาข้อชนิดอื่นได้ เช่น แมงมุม ตะขาบ กิ้งกือที่มักอาศัยอยู่ตามซาก และอาจพบแมลงที่ไม่มีบทบาทต่อซากแต่เป็นแมลงที่อยู่ในพื้นที่โดยรอบซากที่บังเอิญตกลงมา หรือผ่านมาบนซากได้ (Goff, 2009)



ภาพที่ 2.8 แมลงในวงศ์ Histeridae (ก) และ Staphylinidae (ข) (Goff, 2009)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1. ภาคสนาม

พื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติบริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (ภาพที่ 3.1, 3.2) โดยทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 30 กรกฎาคม – 30 กันยายน พ.ศ. 2562

ภาพที่ 3.1 ภาพแผนที่ประเทศไทย (https://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดสระบุรี)

ภาพที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (https://www.google.com/maps/@14.5279682,101.0274807,2887m/data)

3.1.1. เตรียมการทดลอง

1) สำรวจพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณพืชชนิดหลักที่พบคือ ต้นไผ่ พื้นที่ที่ใช้วางซากหมูเพื่อทำการทดลองจะต้องเป็นพื้นที่โล่งบริเวณโดยรอบมีต้นไม้ขึ้น (ภาพที่ 3.3

ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง)

ภาพที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาภาคสนามมีต้นไม้ให้ร่มเงา และแสงส่องถึงพื้น

2) จัดเตรียมกรงเพื่อกันไม่ให้สัตว์ชนิดอื่นนอกจากแมลงและสัตว์ขาข้อเข้ามากินซากหมู โดยใช้กรงครอบที่ทำจากเหล็กล้อมรอบด้วยตาข่ายลวดขนาด 1x1x0.8 เมตร ยึดติดกับพื้นด้วยสมอบก

3) จัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแมลงและข้อมูลในภาคสนาม ได้แก่ เอทานอลร้อยละ 75 ขวดเก็บตัวอย่าง สวิงจับแมลง หมวกคลุมผม กระดาษทิชชู่ ถุงมือยาง เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว หน้ากากอนามัย ปากคีบ และพู่กัน (ภาพที่ 3.4**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**)

ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาคสนาม

4) เตรียมซากหมูที่มีน้ำหนัก 30 -35 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว ที่ถูกฆ่าจากโรงฆ่าสัตว์ในจังหวัดนครปฐม โดยเผาซากหมู 1 ตัว ราดด้วยน้ำมันก๊าดแล้วจุดไฟทิ้งไว้ เป็นระยะเวลา 20 นาที (ภาพที่ 3.5**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**)

ภาพที่ 3.5 ซากหมูไม่ถูกเผา (ก) และซากหมูถูกเผา (ข)

3.1.2. ปฏิบัติงาน

1) วางซากหมูในพื้นที่การศึกษาทั้ง 2 ตัว ในกรงที่จัดเตรียมไว้อย่างละตัว โดยกรงทั้ง 2 อยู่ห่างกันประมาณ 100 เมตร (ภาพที่ 3.6**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**)

ภาพที่ 3.6 ซากหมูที่ถูกวางไว้เพื่อเริ่มการทดลอง

2) เก็บตัวอย่างแมลงที่พบบนซากหมูทั้ง 2 ฤดู ในระหว่างเวลา 9.00 –12.00 น. ตามช่วงเวลาดังนี้

- สัปดาห์ที่ 1 – 2 เก็บตัวอย่างแมลงทุกวัน

- สัปดาห์ที่ 3 เก็บตัวอย่างแมลงทุก 2 วัน
- สัปดาห์ที่ 4 เก็บตัวอย่างแมลงทุก 3 วัน
- สัปดาห์ที่ 5 – 8 เก็บตัวอย่างแมลง 1 ครั้ง/สัปดาห์
- สัปดาห์ที่ 9 – 12 เก็บตัวอย่างแมลงจำนวน 2 ครั้ง

การเก็บตัวอย่างแบ่งบริเวณการเก็บตัวอย่างแมลงบนซากหมูเป็นสามส่วนคือ ส่วนหัวถึงขาหน้า ลำตัว และขาหลังไปจนถึงหาง โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างของ Amendtet al. (2007) โดยแบ่งตัวอย่างแมลงที่เก็บได้ดังนี้

(ก) ไข่ ใช้พู่กันที่มีขนอ่อนนุ่มเก็บไข่ใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุเอทานอลร้อยละ 75

(ข) ตัวอ่อนแมลง เก็บตัวอย่างโดยใช้ปากคีบแล้วนำไปต้มในน้ำ อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียสประมาณ 30 วินาทีจากนั้นเก็บตัวอย่างลงขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุเอทานอลร้อยละ 75

(ค) ดักแด้ เก็บจากดินรอบ ๆ พื้นที่ที่วางซากหมู โดยใช้พลั่วขุดดินแล้วเก็บตัวอย่างโดยใช้ปากคีบคีบลงในขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุเอทานอลร้อยละ 75

(ง) ตัวเต็มวัย ใช้สวิงจับแมลงจับตัวเต็มวัยในบริเวณที่วางซากหมู และนำตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุเอทานอลร้อยละ 75 (ภาพที่ 3.7 **ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**)

ภาพที่ 3.7 ขณะเก็บแมลงตัวเต็มวัยโดยใช้สวิง

3) บันทึกข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาและซากหมูในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้
- อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม โดยใช้เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิแบบดิจิตอล HTC-1
- ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยใช้เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิแบบดิจิตอล HTC-1
- อุณหภูมิภายในซากหมู โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้วสอดเข้าทางปากหมู
- อุณหภูมิของกลุ่มตัวหนอน (maggot mass) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว

ภาพที่ 3.8 ขณะบันทึกข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาและซากหมู

ภาพที่ 3.9 บันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในซากหมู และกลุ่มตัวหนอนโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว

4) บันทึกข้อมูลสภาพอากาศโดยทั่วไปของ พื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติบริเวณป่าเบญจพรรณของศูนย์เครือข่ายการเรียนเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี จากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา

3.2. ห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างแมลงที่ได้จากภาคสนามทั้งหมดจะถูกนำมาเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาเชิงผสมผสาน (Integrative Ecology Laboratory) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทำการศึกษาต่อไป

1) นำตัวอย่างแมลงที่ได้มาปักเข็มเพื่อความสะดวกในการระบุชนิด และถ่ายรูป พร้อมติดเลเบล
2) ศึกษาลักษณะทางสัณฐานภายนอกของตัวเต็มวัยแมลงวันชนิดต่าง ๆ รวมถึงตัวอ่อนแมลง และดักแด้ที่พบบริเวณซากหมูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอวินิจฉัยในระดับสกุลเป็นอย่างน้อย โดยใช้แบ่งวิธีการจำแนกตามกลุ่มของแมลงดังนี้
    (ก) แมลงวันหัวเขียว ตัวอ่อนแมลง และดักแด้ ระบุชนิดโดยใช้หนังสือ แมลงวันหัวเขียวที่มีความสำคัญในราชอาณาจักรไทย (คม สุคนธสรรพ์ และ กาบแก้ว สุคนธสรรพ์, 2553)
    (ข) แมลงวันชนิดอื่น ระบุชนิดโดยใช้หนังสือ Flies: The Natural History and Diversity of Diptera (Marshall, 2012)
    (ค) ด้วงระบุชนิดโดยใช้หนังสือ Beetles of Thailand 2nd Edition (Ek-Amnuay, 2008), American Beetles Volume 1 (Amett and Thomas, 2000) และ American Beetles Volume 2 (Amett et al., 2002)
    (ง) มด ระบุชนิดโดยใช้หนังสือ Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity (Agosti et al., 2000)
3) ศึกษาลักษณะทางสัณฐานภายนอกของตัวอ่อนแมลง วัดขนาดโดยใช้ CV Series JEDTO Digital Vernier Caliper
4) สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 4.1 ระยะเวลาการย่อยสลายของซาก โดยกล่าวถึงเวลาในการย่อยสลายของซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาใน 5 ระยะ

ส่วนที่ 4.2 ความหลากหลายของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่น นำเสนอเกี่ยวกับชนิดของแมลงที่พบบนซากและบริเวณรอบ ๆ ซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา

ส่วนที่ 4.3 ลำดับการเข้ากินซากหมูของแมลง โดยกล่าวถึงช่วงเวลาที่แมลงแต่ละวงศ์เข้าหาซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา

ส่วนที่ 4.4 ปัจจัยทางกายภาพ โดยกล่าวถึงอุณหภูมิสภาพแวดล้อม อุณหภูมิซากหมู อุณหภูมิกลุ่มตัวหนอน และความชื้นสัมพัทธ์

4.1. ระยะเวลาการย่อยสลายของซาก

การย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา โดยทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 30 กรกฎาคม – 30 กันยายน พ.ศ. 2562 สามารถแบ่งระยะการย่อยสลายได้ 5 ระยะ ซึ่งแต่ละระยะมีเวลาการย่อยสลายดังนี้

4.1.1. ซากหมูไม่ถูกเผา

- Fresh stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 1 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.1)
- Bloated stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 2 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.2)
- Decay stage ระยะเวลา 3 วัน (วันที่ 3–5 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.3)
- Advanced decay stage ระยะเวลา 4 วัน (วันที่ 6–9 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.4)
- Remains stage ตั้งแต่วันที่ 10 หลังการตายเป็นต้นไป (ภาพที่ 4.5)

4.1.2. ซากหมูถูกเผา

- Fresh stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 1 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.1)
- Bloated stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 2 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.2)
- Decay stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 3 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.3)
- Advanced decay stage ระยะเวลา 1 วัน (วันที่ 4 หลังการตาย) (ภาพที่ 4.4)
- Remains stage ตั้งแต่วันที่ 5 หลังการตายเป็นต้นไป (ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบระยะเวลาการย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา ตั้งแต่วันที่ 30 กรกฎาคม – 30 กันยายน พ.ศ. 2562

วัน / ซากหมู	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13+
ซากหมูไม่ถูกเผา													
ซากหมูถูกเผา													

Fresh stage Bloated stage Decay stage Advance decay stage Remains stage

ภาพที่ 4.1 การย่อยสลายของซากระยะ fresh stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)

ภาพที่ 4.2 การย่อยสลายของซากระยะ bloated stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)

ภาพที่ 4.3 การย่อยสลายของซากระยะ decay stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)

ภาพที่ 4.4 การย่อยสลายของซากระยะ advanced decay stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)

ภาพที่ 4.5 การย่อยสลายของซากระยะ remains stage ในหมูไม่ถูกเผา (ก) และหมูถูกเผา (ข)

4.2. ความหลากชนิดของแมลงและสัตว์ขาข้อชนิดอื่น

แมลงที่พบบนซากและบริเวณโดยรอบซากหมูจัดอยู่ในอันดับ Diptera, Coleoptera และ Hymenoptera เป็นหลัก ในซากหมูไม่ถูกเผาพบแมลงทั้งหมด 15 ชนิด อยู่ในอันดับ Diptera 9 ชนิด Coleoptera 5 ชนิด และ Hymenoptera 1 ชนิด (ตารางที่ 4.2) ในซากหมูถูกเผาพบแมลงทั้งหมด 13 ชนิดอยู่ในอันดับ Diptera 7 ชนิด Coleoptera 5 ชนิด และ Hymenoptera 1 ชนิด (ตารางที่ 4.3)

ซากหมูไม่ถูกเผาพบว่า แมลงชนิดหลักที่เข้ามากินซากคือแมลงในกลุ่มแมลงวัน มด และด้วง โดยแมลงวันในวงศ์ Calliphoridae สามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดจากทุกอันดับ ชนิดที่พบมากที่สุด คือ ชนิด *Achoetandrus rufifacies* และ *Chrysomya megacephala* (ภาพที่ 4.6) ที่สามารถพบได้ทั้งในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย และแมลงวันในวงศ์ Muscidae ที่สามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดคือ ชนิด *Hydrotaea ignava* (ภาพที่ 4.7) แต่พบได้แค่ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัย ด้วง ชนิดหลักที่สุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดคือ *Catharsius molossus* (ภาพที่ 4.7) นอกจากนี้ยังพบแมลงในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Formicidae ได้แก่ มดง่ามดำ (*Pheidole* sp.) (ภาพที่ 4.8) ที่เข้ามากินซากหมู และเป็นแมลงผู้ล่าที่กินหนอนของแมลงวัน สัตว์ขาข้อชนิดอื่นที่พบบริเวณรอบ ๆ ซากหมู คือ แมงมุม และกิ้งกือ

ภาพที่ 4.6 แมลงวันหัวเขียวชนิดหลัก *Chrysomya megacephala* (ก) และ *Achoetandrus rufifacies* (ข)

ภาพที่ 4.7 แมลงวันบ้านชนิดหลัก *Hydrotaea ignava* (ก) และด้วงชนิดหลัก *Catharsius molossus* (ข)

ภาพที่ 4.8 แมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดหลัก *Pheidole sp*.

ตารางที่ 4.2 แมลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบนซากและบริเวณรอบซากหมูไม่ถูกเผา

อันดับ	วงศ์	สกุล/ชนิด	จำนวน			
			หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	รวม
Diptera	Calliphoridae	*Achoetandrus rufifacies*	1857	540	28	2425
		Chrysomya megacephala	560	472	138	1170
		Chrysomya rufifacies	0	0	5	5
		Ceylonomyia nigripes	0	12	209	221
		Hemipyrellia ligurriens	0	0	9	9
	Muscidae	*Hydrotaea ignava*	0	2	31	33
		Hydrotaea spinigera	0	0	17	17
		Atherigona sp.	0	0	11	11
	Sacrophagidae	*Sarcophaga ruficornis*	9	0	0	9
Coleoptera	Scarabaeidae	*Catharsius molossus*	0	0	13	13
	Cleridae	*Necrobia rufipes*	0	0	2	2
	Dermestidae	*Dermestes maculatus*	0	0	5	5
	Staphylinidae	*Platydracus sp.*	0	0	7	7
	Histeridae	*Saprinus sp.*	0	0	5	5
Hymenoptera	Formicidae	*Pheidole sp.*	0	0	19	19

ซากหมูถูกเผาพบว่า แมลงชนิดหลักที่เข้ามากินซากคือแมลงในกลุ่มแมลงวัน และมด โดยแมลงวันในวงศ์ Calliphoridae สามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดจากทุกอันดับ ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุดคือ ชนิด *Chrysomya megacephala* และ *Achoetandrus rufifacies* (ภาพที่ 4.9) สามารถพบได้ทั้งในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย และแมลงวันในวงศ์ Muscidae ที่สามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดคือ *Hydrotaea ignava* แต่พบแค่ในระยะหนอนเท่านั้น ด้วงชนิดหลักที่สามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้มากที่สุดคือ *Catharsius molossus* และ *Platydracus sp.* (ภาพที่ 4.10) นอกจากนี้ยังพบแมลงในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Formicidae คือ มดแดง (*Oecophylla smaragdina*) (ภาพที่ 4.11) ที่เข้ามากินซากหมู และเป็นแมลงผู้ล่าที่ล่าแมลงวันตัวเต็มวัยรวมทั้งกินหนอนของแมลงวันด้วย สัตว์ขาข้อชนิดอื่นที่พบบริเวณรอบ ๆ ซากหมู คือ แมงมุม และกิ้งกือ

ภาพที่ 4.9 แมลงวันหัวเขียวชนิดหลัก *Chrysomya megacephala* (ก) และ *Achoetandrus rufifacies* (ข)

ภาพที่ 4.10 ด้วงชนิดหลัก *Catharsius molossus* (ก) และ *Platydracus sp.* (ข)

ภาพที่ 4.11 แมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดหลัก *Oecophylla smaragdina*

ตารางที่ 4.3 แมลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบนซากและบริเวณรอบซากหมูถูกเผา

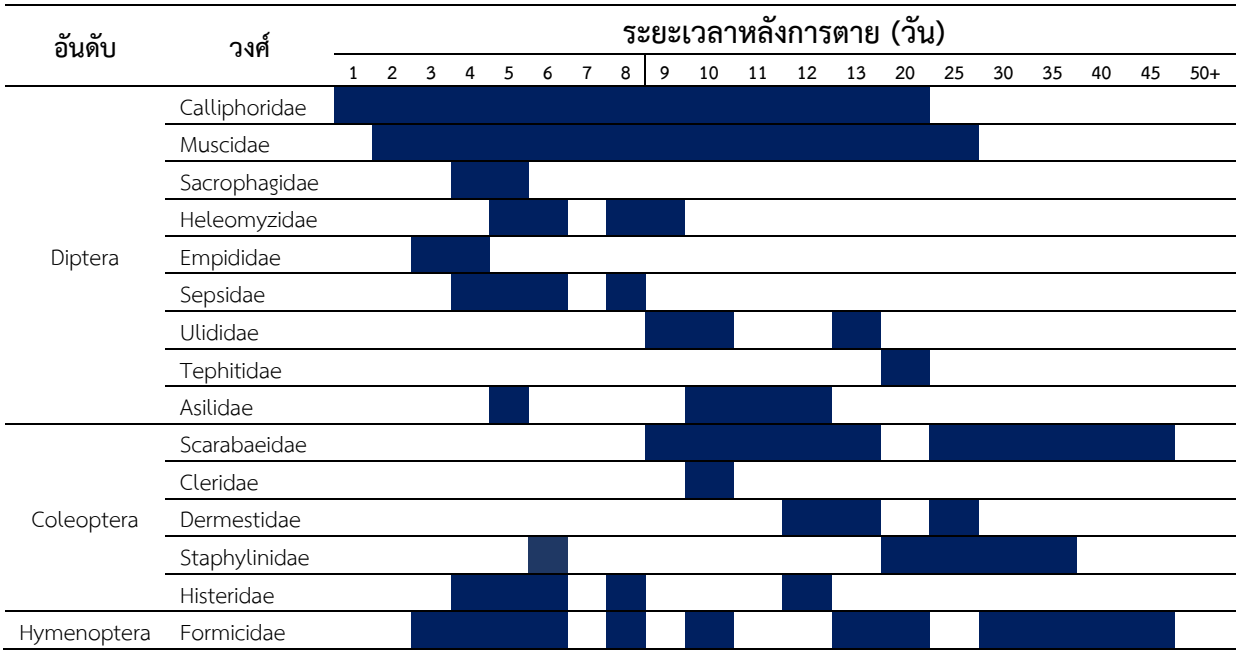
อันดับ	วงศ์	สกุล/ชนิด	จำนวน			
			หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	รวม
Diptera	Calliphoridae	*Achoetandrus rufifacies*	941	134	31	1106
		Chrysomya megacephala	316	81	105	502
		Ceylonomyia nigripes	20	0	190	210
		Chrysomya rufifacies	0	0	4	4
	Muscidae	*Hydrotaea ignava*	0	0	22	22
		Hydrotaea spinigera	0	0	9	9
		Atherigona sp.	0	0	3	3
Coleoptera	Scarabaeidae	*Catharsius molossus*	0	0	18	18
	Staphylinidae	*Platydracus sp.*	0	0	11	11
	Dermestidae	*Dermestes maculatus*	0	0	5	5
	Cleridae	*Necrobia rufipes*	0	0	1	1
	Histeridae	*Saprinus sp.*	0	0	7	7
Hymenoptera	Formicidae	*Oecophylla smaragdina*	0	0	51	51

4.3.ลำดับการเข้ากินซากหมูของแมลง

ซากหมูไม่ถูกเผา

ลำดับการเข้ากินซากของแมลงในซากหมูไม่ถูกเผา พบว่าแมลงวันหัวเขียวเป็นแมลงชนิดแรกที่เข้ามาที่ซาก โดยแมลงวันหัวเขียวชนิด *C. megacephala* เป็นแมลงวันชนิดแรกที่เข้ามาเพื่อวางไข่ พบตัวอ่อนของแมลงวันหัวเขียวครั้งแรกในวันที่ 1 หลังการตาย และพบระยะดักแด้ครั้งแรกในวันที่ 7 หลังการตาย แมลงวันบ้านพบครั้งแรกในวันที่ 2 หลังการตาย ซึ่งเป็นระยะตัวเต็มวัยของชนิด *Hydrotaea ignava* และยังเป็นแมลงวันบ้านที่สุ่มเก็บตัวอย่างได้จำนวนมากที่สุด นอกจากนั้นยังพบแมลงวันหลังลายชนิด *Sarcophaga ruficornis* ในวันที่ 4 หลังการตาย ซึ่งพบเพียงระยะตัวหนอนเท่านั้น ในส่วนของแมลงวันวงศ์อื่นมีรูปแบบการเข้ามาที่ซากไม่แน่นอน เนื่องจากการเข้ามาอาจไม่ได้มาเพื่อวางไข่ เช่น วงศ์ Sepsidae, Asilidae และ Heleomyzidae นอกจากแมลงวันแล้วยังมีด้วงมาที่ซากโดยด้วงชนิดแรกที่เข้ามากินซากคือ วงศ์ Histeridae โดยพบครั้งแรกในวันที่ 4 หลังการตายไปจนถึงวันที่ 6 หลังการตาย และแมลงอันดับสุดท้ายที่พบบนซากหมูไม่ถูกเผาคือ Hymenoptera ได้แก่ มดดำ ที่มีลำดับการเข้ากินซากที่ไม่แน่นอนเนื่องจากมดดำเข้ามาที่ซากเพื่อกินหนังแห้งของซากรวมทั้งกินตัวหนอนและไข่ของแมลงวัน (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูไม่ถูกเผา



<u>ซากหมูถูกเผา</u>

ลำดับการเข้ากินซากของแมลงในหมูถูกเผา พบว่ามดแดงชนิด *Oecophylla smaragdina* เป็นแมลงชนิดแรกที่เข้ามาที่ซากมีรูปแบบการเข้ากินซากที่ไม่แน่นอน เนื่องจากมดแดงเข้ามาที่ซากเพื่อกินหนังแห้งของซากและกินตัวอ่อนและไข่ของแมลงวัน พบตลอดระยะการย่อยสลายของซากตั้งแต่วันที่ 1 – 18 หลังการตาย เช่นเดียวกับแมลงวันหัวเขียววงศ์ Calliphoridae ที่พบตั้งแต่วันที่ 1 – 15 หลังการตาย โดยพบระยะตัวหนอนครั้งแรกในวันที่ 2 หลังการตาย นอกจากนั้นยังพบแมลงวันบ้านในช่วงวันที่ 1 – 10 หลังการตาย และไม่พบแมลงวันหลังลายในหมูถูกเผา ในส่วนแมลงวันวงศ์อื่นไม่ได้เข้ามาที่ซากเพื่อวางไข่ แต่เข้ามาที่ซากเพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น แมลงวันในวงศ์ Empididae สกุล *Drapetis sp.* เข้ามาที่ซากเพื่อกินตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงวันชนิดอื่น ด้วงชนิดแรกที่พบว่าเข้ามาที่คือ Staphylinidae และ Cleridae ในส่วนของด้วงชนิด *Catharsius molossus* ที่เป็นด้วงชนิดหลักที่พบมากที่สุดจากการสุ่มเก็บตัวอย่างสามารถพบได้ในวันที่ 5 – 7 หลังการตาย และพบอีกครั้งในวันที่ 11 -25 หลังการตาย (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูถูกเผา

อันดับ	วงศ์	ระยะเวลาหลังการตาย (วัน)
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 15 18 21 25 30 35 40+
Diptera	Calliphoridae	
	Muscidae	
	Empididae	
	Sepsidae	
	Asilidae	
Coleoptera	Scarabaeidae	
	Cleridae	
	Dermestidae	
	Staphylinidae	
	Histeridae	
Hymenoptera	Formicidae	

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบลำดับการเขากินซากของแมลงวงศ์ต่าง ๆ ในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา

อันดับ	วงศ์	ระยะเวลาหลังการตาย (วัน)
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 15 18 21 25 30 35 40+
Diptera	Calliphoridae	
	Muscidae	
	Sacrophagidae	
	Heleomyzidae	
	Empididae	
	Sepsidae	
	Ulididae	
	Tephitidae	
	Asilidae	
Coleoptera	Scarabaeidae	
	Cleridae	
	Dermestidae	
	Staphylinidae	
	Histeridae	
Hymenoptera	Formicidae	

หมูไม่ถูกเผา หมูถูกเผา

4.4.ปัจจัยทางกายภาพ

การย่อยสลายของซากขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งปัจจัยทางชีวภาพ เช่น การเข้ากินซากของแมลง และปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม อุณหภูมิซาก ความชื้นสัมพัทธ์ ส่งผลต่อการย่อยสลายของซาก จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมในซากหมูไม่ถูกเผาไม่มีความแตกต่างกับซากหมูถูกเผา ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในซากหมูไม่ถูกเผาไม่มีความแตกต่างกับซากหมูถูกเผา เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของกลุ่มตัวหนอน (maggot mass) กับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิซาก พบว่าอุณหภูมิกลุ่มตัวหนอนสูงกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิซาก (ตารางที่ 4.6)

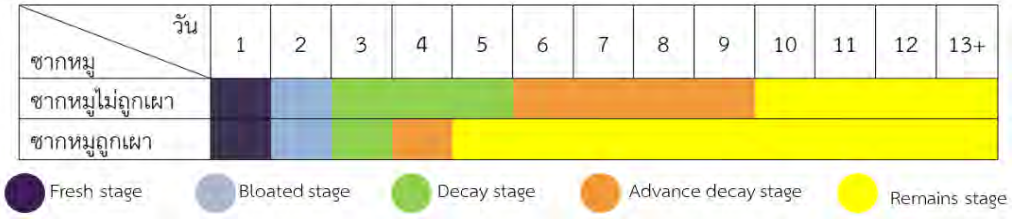
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพได้แก่ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม อุณหภูมิซากหมู อุณหภูมิกลุ่มตัวหนอน และความชื้นสัมพัทธ์ในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา

	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม		อุณหภูมิซากหมู		อุณหภูมิกลุ่มตัวหนอน		ความชื้นสัมพัทธ์	
	หมูไม่เผา	หมูเผา	หมูไม่เผา	หมูเผา	หมูไม่เผา	หมูเผา	หมูไม่เผา	หมูเผา
ค่าต่ำสุด	25.0	25.3	29.0	29.0	28.0	31.0	79%	78%
ค่าสูงสุด	27.1	27.9	35.5	37.0	40.0	40.0	99%	99%
ค่าเฉลี่ย	26.05	26.6	32.25	33.0	34.0	35.5	89	88.5

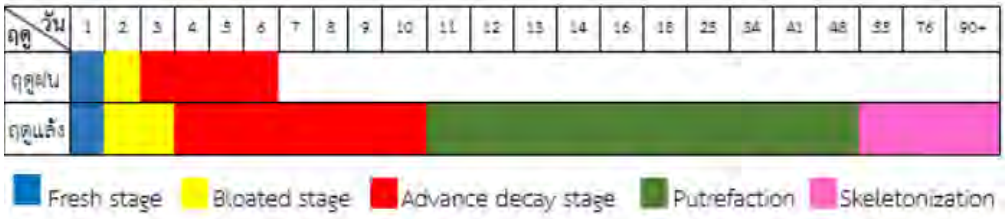
บทที่ 5
อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาระยะการย่อยสลายของซากทั้ง 5 ระยะพบว่า ในระยะ fresh stage และ bloated stage ของซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาใช้ระยะเวลาเท่ากันคือ 1 วัน แต่ในระยะ decay stage ซากหมูไม่ถูกเผามีระยะเวลาการย่อยสลายของซาก 3 วัน ซึ่งมากกว่าซากหมูถูกเผาที่มีระยะเวลาการย่อยสลายของซาก 1 วัน และในระยะ advance decay satge ซากหมูไม่ถูกเผามีระยะเวลาการย่อยสลายของซาก 4 วันซึ่งมากกว่าซากหมูถูกเผาที่มีระยะเวลาการย่อยสลายของซาก 1 วัน ทั้งนี้ผลมาจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงช่วงฤดูฝนที่สูงถึง 99% ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของฤดูแล้งทำให้ กระบวนการเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียที่อยู่ในทางเดินอาหารของหมูทำงานได้ดีขึ้น และการเผาที่ทำให้เนื้อเยื่อถูกย่อยสลายไปบางส่วน ส่งผลให้ระยะ decay satge และ advance decay satge ในซากหมูถูกเผาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่บริเวณป่าใกล้ชายหาดปิดบนเกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ที่ระยะ bloated stage และ advance decay satge ในฤดูฝนที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงระยะเวลาการย่อยสลายของซากจึงเกิดได้เร็ว (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561)

ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาการย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา



ตารางที่ 5.2 ระยะเวลาการย่อยสลายของซากหมูในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561)



เมื่อเปรียบเทียบระยะการย่อยสลายของซากในฤดูแล้งของสุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ (2561) กับการศึกษาของ สุธา ภรณ์ สุขจิต (2551) ในพื้นที่สวนในจังหวัดปทุมธานี และการศึกษาของ Sukchit (2011) ในพื้นที่บริเวณสวนชานเมือง และป่าผลัดใบผสมในจังหวัดน่านช่วงฤดูหนาว (ตุลาคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2554) พบว่า ในระยะ fresh stage ทั้ง 4 พื้นที่ใช้เวลาเท่ากันคือ 1 วัน ระยะ bloated stage พบว่าการศึกษาทั้ง 2 พื้นที่ในจังหวัดน่านใช้ระยะเวลานานกว่าการศึกษาที่เกาะแสมสาร เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่เกาะแสมสารต่ำกว่าที่จังหวัดน่าน ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียในช่องท้องของศพได้ดีจึงใช้ระยะเวลาน้อยกว่าระยะ decay stage และนอกจากนี้การศึกษาที่เกาะแสมสารใช้ระยะเวลานานกว่าในพื้นที่อื่น เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่เกาะแสมสาร

ในระยะนี้ต่ำกว่าในพื้นที่อื่น และต่ำกว่าความชื้นที่เหมาะกับการเจริญของหนอนแมลงวันที่เจริญอยู่บนศพในระยะนี้ทำให้หนอนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากได้น้อยลง ระยะ decay stage ของการศึกษาที่เกาะแสมสารจึงใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าในพื้นที่อื่น ซึ่งเกิดในทางตรงกันข้ามกับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากบริเวณป่าของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี มีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าพื้นที่ทำการศึกษาอื่นทำให้หนอนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากได้มากขึ้น ระยะ decay stage และ advance decay stage ในระยะ advance decay stage ของการศึกษาที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ใช้เวลาน้อยกว่าการศึกษาในพื้นที่อื่น เนื่องจากตั้งแต่เริ่มการศึกษาพื้นที่ป่าบริเวณที่ทำการศึกษามีฝนตกอย่างต่อเนื่องความชื้นสัมพัทธ์จึงสูง และพื้นดินค่อนข้างชื้นและแฉะตอลดเวลาทำให้ซากหมูไม่แห้งมีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เนื้อเยื่อของซากหมูถูกเผาถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็ว และเข้าสู่ระยะ remains stage ในวันที่ 5 หลังการตาย โดยลักษณะของซากหมูย่อยเนื้อเยื่อถูกย่อยลสลายจนหมดไม่เหลือกระทั่งผิวหนังชั้นนอกพบเพียงแค่โครงกระดูก ในขณะที่ในพื้นที่อื่นเมื่อซากเริ่มเข้าสู่ระยะนี้ความชื้นสัมพัทธ์ค่อย ๆ ลดลงส่งผลให้ซากแห้งเร็ว และเข้าสู่ระยะ remains stage และเนื่องจากบริเวณป่าของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี มีความชื้นสัมพัทธ์สูง และมีฝนตกอย่างต่อเนื่องซากหมูจึงไม่แห้งทำให้หนอนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากได้ เมื่ออาหารยังเพียงพอต่อความต้องการของตัวหนอนแมลงวันทำให้หนอนแมลงวันในการศึกษาครั้งนี้เข้าสู่ระยะดักแด้ช้ากว่าการศึกษาในพื้นที่อื่น โดยในการศึกษาครั้งนี้พบระยะดักแด้ของแมลงวันครั้งแรกในวันที่ 7 หลังจากการตาย ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาในระยะการย่อยลายของซาก

ลำดับการเข้ากินซากหมูของแมลง ในซากหมูไม่ถูกเผาพบการเข้าหาซากของแมลงระยะตัวหนอนของแมลงวันในวันที่ 1 หลังการตาย แต่ในซากหมูถูกเผาพบการระยะตัวหนอนของแมงวันในวันที่ 3 หลังจากการตาย ทั้งนี้เป็นผลมาจากบนซากหมูและบริเวณโดยรอบพบมดแดง (*Oecophylla smaragdina*) ซึ่งเป็นแมลงผู้ล่ากินกินตัวหนอนของแมลงรวมถึงตัวเต็มวัย ทำให้แมลงวันไม่สามารถเข้ามาวางไข่ได้จึงพบตัวหนอนในซากหมูถูกเผาช้ากว่าซากหมูไม่ถูกเผา (ภาพที่ 5.1)

ภาพที่ 5.1 *O. smaragdina* แมลงผู้ล่า

แมลงชนิดหลักที่พบในซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาจากการสุ่มเก็บตัวอย่างแมลงคือ แมลงวันหัวเขียวชนิด *A. rufifacies* และ *C. megacephala* เนื่องจากในฤดูฝนมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 - 85% ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต *C. megacephala* และแมลงวันหัวเขียวชนิดนี้ยังมีแหล่งเพาะพันธุ์แหล่งอาหารเป็นซาก และขยะที่เปียกชื้น (คม สุคนธสรรพ์ และ กาบแก้ว สุคนธสรรพ์, 2553) จึงทำให้พบแมลงวันหัวเขียวชนิดนี้ที่ซากได้มากที่สุด ในขณะที่ช่วงฤดูฝนพบแมลงวันชนิด *C. nigripes* น้อยเนื่องจากเป็นแมลงที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งต่างจาก *C. megacephala* จากการศึกษาของ Klong-Klaew et al. (2018) พบว่าแมลงวันหัวเขียวชนิด *C. rufifacies* พบได้มากที่สุดในช่วงฤดูร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณ 40% – 75% สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 79% - 99% มีการสุ่มเก็บตัวอย่างของมลงวันชนิด *C. rufifacies* ได้จำนวนน้อย เช่นเดียวกันกับแมลงวันหัวเขียว *C. nigripes* ที่เคยมีรายงานว่าพบในพื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 46% (Bharti, 2012) จึงทำให้การศึกษาครั้งนี้พบแมลงวันชนิดนี้ในจำนวนที่น้อยเช่นเดียวกับ *C. rufifacies*

ภาพที่ 5.2 แมลงวันหัวเขียว *C. megacephala* (ก) และ *A. rufifacies* (ข)

ชนิดของด้วงที่พบซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผา พบด้วงชนิดหลักที่เหมือนกัน โดยในซากหมูไม่ถูกเผาด้วงชนิดหลักที่สามารถสุ่มจับได้มากที่สุดคือ *C. molossus* และในซากหมูถูกเผาด้วงชนิดหลักที่สามารถสุ่มจับได้มากที่สุดมี 2 ชนิดคือ *Catharsius molossus* และ *Platydracus sp.* จากการศึกษาของ สุธาภรณ์ สุขจิต (2551) ที่จังหวัดปทุมธานี และการศึกษาของ Sukchit (2011) ที่จังหวัดน่านมีรายงานว่าพบด้วงชนิดนี้ทั้ง 2 พื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ในยังพบด้วงชนิด *Dermestes maculatus* แต่พบในจำนวนที่น้อยมาก ซึ่งต่างจากการศึกษาของสุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ (2561) ที่ไม่พบในช่วงฤดูฝนเข้ามากินซาก เนื่องจากด้วงชนิดนี้มักอยู่ในพื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และกินอาหารที่มีลักษณะแห้ง (Australian museum, 2019) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารเดียวกันกับด้วงชนิด *N. rufipes* และ *D. maculatus*

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายของซากในซากหมูไม่ถูกเผาพบว่ามีอัตราการย่อยสลายของซากช้ากว่าซากหมูถูกเผา โดยในระยะ fresh stage และ bloated stage มีระยะเวลาการย่อยสลายของซากเหมือนกัน แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ decay stage ซากหมูไม่ถูกเผาจะมีระยะเวลาการย่อยของสลายที่นานกว่า ในขณะที่ซากหมูถูกเผามีอัตราการย่อยสลายของซากที่เร็วกว่าโดยใช้เวลา 1 วัน ในการย่อยสลายในระยะนี้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ซากหมูนั้นถูกเผาทำให้เกิดการย่อยสลายเนื้อเยื่อไปบางส่วนทำให้หนอนแมลงวันสามารถย่อยสลายซากได้เร็วขึ้น ซากหมูถูกเผาจึงมีอัตราการย่อยสลายที่เร็วกว่าแม้ว่าการเผาซากหมูจะทำให้ลดกลิ่นเหม็นเน่าของของเหลวในซากหมูที่เป็นตัวล่อแมลงให้เข้ามาแต่ก็ไม่ได้มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของซาก เนื่องจากการเข้าหาซากของแมลงวันในซากหมูถูกเผาเกิดขึ้นในวันที่ 2 หลังการตาย ซึ่งช้ากว่าการเข้าหาซากของแมลงในซากหมูไม่ถูกเผา

ในซากหมูไม่ถูกเผามีความหลากชนิดของแมลงมากกว่าซากหมูถูกเผา โดยซากหมูเผาและซากหมูไม่ถูกเผาพบแมลงชนิดหลักชนิดเดียวกันในอันดับ Diptera คือ ชนิด *Chrysomya megacephala* และ *Achoetandrus rufifacies* โดยจะพบมากในระยะตัวหนอน แต่ในตัวเต็มวัยจะพบมากในชนิด *Ceylonomyia nigripes* และในอันดับ Coleoptera คือ ชนิด *Catharsius molossus* เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพเช่น อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงเวลาและฤดูกาลของหมูทั้ง 2 ประเภท ใกล้เคียงกัน แต่ก็มีความแตกต่างของชนิดของแมลงที่พบบนซากหมูโดยในซากหมูไม่ถูกเผาจะพบแมลงในวงศ์ Sacrophagidae แต่ไม่พบในซากหมูถูกเผา และในอันดับ Hymenopter ซากหมูไม่ถูกเผาจะมีแมลงชนิดหลักคือ *Pheidole sp*. ในส่วนซากหมูถูกเผามีแมลงชนิดหลักคือ *Oecophylla smaragdina* ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากบริเวณโดยรอบซากหมูถูกเผาพบรังมดแดงทำให้แมลงชนิดหลักในอันดับ Hymenoptera ของซากหมูทั้ง 2 ประเภทแตกต่างกัน ในแต่ละฤดูจะมีชนิดของแมลงค่อนข้างจำเพาะโดยในฤดูฝนพบแมลงที่แตกต่างจากฤดูแล้งคือด้วงชนิด *Saprinus splendens* ซึ่งเป็นด้วงที่จะสามารถพบได้ในช่วงฤดูฝน และด้วงชนิดนี้มีรายงานการค้นพบในการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาของประเทศไทยครั้งแรกที่บริเวณป่าใกล้ชายหาดปิดบนเกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (สุดารัตน์ เฟื่องมีคุณ, 2561) โดยจากการศึกษาเป็นด้วงชนิดหลักที่พบมากที่สุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ก็มีการพบด้วงชนิดนี้บริเวณรอบ ๆ ซากหมูไม่ถูกเผา และซากหมูถูกเผาด้วยเช่นกัน

ลำดับการเข้ากินซากหมูของแมลงที่พบบนซากและบริเวณรอบ ๆ ซากหมูไม่ถูกเผาพบว่าแมลงชนิดแรกที่เข้ามาเป็นแมลงวันหัวเขียวชนิด *C. megacephala* ซึ่งเป็นแมลงวันชนิดแรกที่เข้ามาเพื่อวางไข่ ในซากหมูถูกเผาพบว่ามดแดงชนิด *Oecophylla smaragdina* เป็นแมลงชนิดแรกที่เข้าหาซากมีรูปแบบการเข้ากินซากที่ไม่แน่นอน เนื่องจากมดแดงเข้ามาที่ซากเพื่อกินหนังแห้งของซากและกินตัวอ่อนและไข่ของแมลงวัน และยังพบแมลงอีกชนิดคือ แมลงวันหัวเขียววงศ์ Calliphoridae โดแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้พบครั้งแรกในวันที่ 1 หลังการตาย

6.2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานแมลงกินซากที่พบบริเวณป่าของศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการหาระยะเวลาหลังการตายของศพที่พบในบริเวณนี้ได้ เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาด้านนิติกีฏวิทยาที่ใช้ซากหมูถูกเผาซึ่งเป็นการทดลองครั้งแรกในประเทศไทยข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จึงเป็นฐานข้อมูลสำคัญ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทางด้านนิติกีฏวิทยาทั้งในกรณีที่เป็นซากศพที่ถูกเผาและพบในพื้นที่ป่าของประเทศไทย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาในขั้นต้นเท่านั้น ในอนาคตผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการทำการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละฤดูในพื้นที่เดิมเพื่อยืนยันผลการศึกษา นอกจากนั้นการทำการทดลองโดยใช้อุณหภูมิในการเผาไหม้ที่แตกต่างกันจะช่วยยืนยันระยะเวลาการย่อยสลายของซากได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมป่าไม้. “ประเภทป่าไม้”. 2556. [online]. Available from: www.forest.go.th. [9 February 2019]

คม สุคนธสรรพ์ และ กาบแก้ว สุคนธสรรพ์. 2553. **แมลงวันหัวเขียวที่มีความสำคัญในราชอาณาจักรไทย**. พิมพ์ครั้งที่1. เชียงใหม่: กู๊ด–พริ้นท์ พริ้นท์ติ้ง, 2553.

ยุกตนันท์ จำปาเทศ. 2555. Forensic Entomology in Thailand. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thai-forensic-entomology.blogspot.com/ [17 พฤษภาคม 2562]

สุธาภรณ์ สุขจิต. 2551. **ลำดับการเข้ากินซากและความหลากหลายของแมลงบนซากหมูเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่: กลางแจ้งและในร่ม**. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E., and Schultz, T.R. 2000. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Biological diversity handbook series. Washington [D.C.]: Smithsonian Institution Press.

Amendt, J., Krettek, R., and Zehner, R. 2004. Forensic Entomology. **Naturwissenschaften**. 91: 51–65.

Amendt, J., Campobasso, C.P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H.N., and Hall, M.J.H. 2007. Best practice in forensic entomology — standards and guidelines. **International Journal of Legal Medicine**. 121(2): 90–104.

Amendt, J., Richards, C.S., Campobasso, C.P., Zehner, R., and Hall, M.J.R. 2011. **Forensic entomology: applications and limitations**. Forensic Science, Medicine and Pathology. 7:379–392.

Amett, R.H., and Thomas, M.C. 2000. **American beetles volume 1**. Florida: CRC Press LLC.

Amett, R.H., Thomas, M.C., Skelley, P.E., and Frank, J.H. 2000. **American beetles volume 2**. Florida: CRC Press LLC.

Australian Museum. 2019. **Corpse fauna**. [Online]. Available from: https://australianmuseum.net.au/learn/science/decomposition-corpse-fauna/ [2019, April 18]

Bharti, M. 2012. Altitudeal diversity of forensically important blowflies collected from decaying carcasses in Himalaya. **The Open Forensic Science Journal**. 5: 1–3

Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. Forensic Science International. 120: 2–14.

Catts, E.P., and Goff, M.L. 1992. Forensic entomology in criminal investigation. **Annual Review of Entomology**. 37: 253–272.

Davis, J.B., and Goff, M.L. 2000. Decomposition patterns in terrestrial and intertidal habitats on Oahu Island and Coconut Island, Hawaii. **Journal of Forensic Science**. 45(4): 836–842.

Ek-Amnuay, P. 2008. **Beetles of Thailand**. Bangkok: Amarin Printing & Publishing Public Company Limited.

Goff, M.L. 2009. Early post-mortem changes and stage of decomposition in expose cadavers. **Experimental and Applied Acarology**. 49: 21–36

Haines C.P., and Rees D.P. 1989. **A field guide to the types of insects and mites infesting cured fish**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations

Klong-klaw. T., Ngoen-klan, R., Moophayak, K., Sukontason, K., Irvine, K.N., Tomberlin, J.K., Somboon, P., Charoenviriyaphap, T., Kurahashi, H., and Sukontason, K.L. 2018. Predicting geographic distribution of forensically significant blow flies of subfamily Chrysomyinae (Diptera: Calliphoridae) in Northern Thailand. **Insects**. 9(3): 106.

Marshall, S.A. 2012. **Flies: the natural history and diversity of Diptera**. First printing. New York: Firefly Books Ltd.

Matuszewski, S., Bajerlein D., Konwerski, S., and Szpila, K. 2008. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. **Forensic Science International** 180: 61–69.

Mazur, S., Ôhara, M, and Kanaar, P. 2005. Notes on Thai species of the subfamily Saprininae (Coleoptera: Histeridae), with redescription of Saprinus subustus Marseul, 1855. **Insecta Matsumurana** 61: 1–9

McIntosh, S.C., Dadour, R.I., and Voss, C.S. 2017. A comparison of carcass decomposition and associated insect succession into burnt and unburnt ig carcass. Int J Legal Med 131(3): 835-845.

Heo, C.C., Mohamad, M.A., Ahmad, M.F., Jeffery, J., Kurahashi, H., and Omar, B. 2008. Study of insect succession and rate of decomposition on a partially burned pig carcass in an oil palm plantation in Malaysia. Trop Biomed 25(3): 202-8.

Ngoen-klan, R., Moophayak, K., Klong-klaew, T., Irvine, K.N., Sukontason, K.L., Prangkio, C., Somboon, P., and Sukontason, K. 2011. Do climatic and physical factors affect populations of the blow fly *Chrysomya megacephala* and house fly *Musca domestica*? **Parasitology Research** 109(5): 1279–1292.

Ritchie, H. and Roser, M. 2018. Causes of Death[online]. Available from: https://ourworldin.org/causes-of-death [9 February 2019]

Schoenly, K.G., Haskell, N.H., Mills, D.K., Bime-Ndi, C., Larsen, K., and Lee, Y. 2006. Recreating death's acre in the school yard: using pig carcasses as model corpses to teach concepts of forensic entomology & ecological succession. **The American Biology Teacher** 68: 402–410.

Simmon, P, and Ellington, G.W. 1925. The ham beetle Necrobia rufipes De Geer. **Journal of Agriculture Research**. XXX(9): 845–863

Sharma, R., Garg, R.K., and Gaur, J.R. 2015. Various methods for estimating of the post mortem interval from Calliphoridae: A review. **Egyptian Journal of Forensic Sciences** 5: 1–12.

Sukchit, M., Deowanish, S., and Butcher, B.A. Decomposition stages and carrion insect succession on dressed hanging pig carcasses in Nan province, Northern Thailand. **Tropical Natural History** 15(2): 137–153.

Sukontason, K., Piangjai, S., Siriwattanarungsee, S., and Sukontason, K.L. 2008. Morphology and developmental rate of blowflies *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya rufifacies* in Thailand: application in forensic entomology. **Parasitology Research** 102: 1207–1216.

Sutaporn Sukjit. 2011. **Diversity and succession of carrion arthropods on pig Sus scrofa domestica carcasses under different conditions in Nan Province, Thailand**. Master's thesis, Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Wang, J., Li, Z., Chen, Y., Chen, Q., and Yin, X. 2008. The succession and development of insects on pig carcasses and their significances in estimating PMI in south China. **Forensic Science International** 179: 11–18.