



ผลของกรดควันไม้ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส
สำหรับปราบหอยเชอรี่

นางสาวศุภลักษณ์ เป้นเพชร

นางสาวสมพิศ เดชทอง

โครงการวิจัยทางเคมี

เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2550

หัวข้อเรื่อง	ผลของกรดควันไม์ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส สำหรับปราบหอยเชอรี่ Effects of Wood Vinegar (Pyroligneous acid) from Eucalyptus Wood for Controlling Golden Apple Snails (<i>Pomacea canaliculata</i> Lamark)
ผู้วิจัย	นางสาวศุภลักษณ์ แป้นเพชร นางสาวสมพิศ เดชทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงเดช คงตระกูลทรัพย์
ภาควิชาเคมี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกรดควันไม์ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสเพื่อใช้ในการปราบหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata* Lamark) โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาการใช้เตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตรชนิดแบบนอนในการเผาไม้พินยูคาลิปตัส ที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียสและใช้ไม้ไผ่ที่ทะลุปล้องแล้วเป็นท่อเก็บกรดควันไม์ที่เกิดการควบแน่นและกลั่นตัวออกมา จากนั้นนำกรดควันไม์ดิบและถ่านที่ได้ไปหาผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต จากนั้นนำกรดควันไม์ที่ได้มาตั้งในถังตกตะกอนทรงสูง ทิ้งไว้นาน 90 วัน กรดควันไม์จะตกตะกอนเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลมึนคือน้ำมันคือ “กรดควันไม์ (Pyroligneous acid)” และชั้นล่างสุดเป็นของเหลวข้นสีดำ คือน้ำมันดินนำส่วนที่เป็นกรดควันไม์แยกออกมาหาเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตวัดค่าพีเอชและค่าความถ่วงจำเพาะ จากนั้นนำมากลั่นซ้ำด้วยการกลั่นแบบลำดับส่วน ที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส และหาจุดเดือดของสารที่กลั่นออกมาได้โดยวิธีจุดภาค (determination of a boiling point, micro method) จากผลการทดลองพบว่า การเผาถ่านแบบใช้เตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตรชนิดแบบนอนนั้นนอกจากจะมีผลผลิตของถ่านที่ได้มากกว่าเตาหลุมแบบธรรมดาแล้วยังสามารถเก็บกรดควันไม์ที่เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านและยังได้ถ่านที่มีคุณภาพดีกว่าด้วย สำหรับกรดควันไม์ที่ผ่านการตกตะกอนแล้วนั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 1.026 มีค่าพีเอช คือ 2.98 และช่วงอุณหภูมิเดือดเป็น 98-118 องศาเซลเซียส

ส่วนที่สองนี้แบ่งการศึกษาเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมโดยเลี้ยงหอยเชอรี่ในน้ำเปล่าและกลุ่มทดลอง โดยศึกษาความเป็นพิษของสารละลายกรดควันไม์จากไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

หน้าอนุมัติ

หัวข้อเรื่อง ผลของกรดควินไม้ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส
สำหรับปราบหอยเชอรี่
ชื่อผู้วิจัย นางสาวศุภลักษณ์ เป็นเพชร
นางสาวสมพิศ เดชทอง
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ทรงเดช กองตระกูลทรัพย์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อนุมัติให้รับ
รายงานโครงการวิจัยทางเคมีฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงการวิจัยทางเคมี

(ลงชื่อ) _____ หัวหน้าสาขาวิชาเคมี
(อาจารย์พีระพงษ์ เนียมเสวก)

(ลงชื่อ) _____ กรรมการ
(อาจารย์จิรพรรณ เทียนทอง)

(ลงชื่อ) _____ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยทางเคมี
(ผศ.ทรงเดช กองตระกูลทรัพย์)

วันที่ เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการทำวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงเดช คงตระกูลทรัพย์ ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดีตลอดจนเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัยจนทำให้รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ชี้แนะเรื่องเครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ และสารเคมี ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์ในการขอยืมใช้เครื่องมือ อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ และให้คำปรึกษาในด้านการกลั่นลำดับส่วน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ช่วยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

รายงานฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดาและครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความกรุณาในด้านต่าง ๆ แก่ผู้ทำงานวิจัยตลอดมา

นางสาวศุภลักษณ์ แป้นเพชร

นางสาวสมพิศ เดชทอง

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
สารบัญกราฟ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	2
1.6 สถานที่ดำเนินการวิจัย	2
.....1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.8 อักษรย่อและสัญลักษณ์	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
.....2.1 .หอยเชอรี่	4
2.1.1 .ประวัติและการแพร่ระบาด	4
2.1.2 .รูปร่างลักษณะทั่วไป	5
2.1.3 .ระบบทางเดินอาหาร	8
2.1.4 .การกินอาหาร	8
2.1.5 .ระบบหายใจ	9
2.1.6 .การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	9
2.1.7 .อวัยวะสืบพันธุ์	10
2.1.8 .พฤติกรรมกรรมการผสมพันธุ์	11
2.1.9 .การวางไข่ และไข่	11
2.1.10 การเจริญเติบโตของหอยเชอรี่	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.11 แหล่งที่อยู่อาศัย	12
2.2 การป้องกันกำจัด	12
2.3 กระบวนการผลิตถ่าน	14
2.4 เทคนิคการผลิตถ่าน	15
2.5 ผลผลิตจากกระบวนการผลิตถ่าน	19
2.6 ไม้ยูคาลิปตัส	23
2.7 เตาเผาถ่านด้วยถัง 200 ลิตรแบบนอน	26
2.8 กรดควันไม้	27
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 วัตถุประสงค์	42
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	42
3.3 วิธีการทดลอง	45
3.4 การตั้งตักตะกอนกรดควันไม้	52
3.5 หาจุดเดือดของกรดควันไม้โดยใช้วิธีไมโคร	54
3.7 การวิเคราะห์ สภาพกรด (acidity) ของกรดควันไม้	56
3.8 วิธีการเลี้ยงหอยเชอรี่	59
3.9 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	63
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	
4.1 ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร	65
4.2 ปริมาณน้ำมันดินที่พบในกรดควันไม้หลังจากตั้งตักตะกอนเป็นเวลา 90 วัน	66
4.3 วัดค่าพีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะของกรดควันไม้ที่เผาได้และตั้งตักตะกอนเป็นเวลา 90 วัน	71
4.4 การกลั่นลำดับส่วนและการหาจุดเดือดของกรดควันไม้	71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การหาสภาพกรดของกรดควินไม	73
4.6 การเลียงหอยเชอรี่เพื่อใช้ในการทดลอง	74
4.7 ผลของการทดสอบผลของกรดควินไมต่อการปราบหอยเชอรี่	76
4.8 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเมื่อผสมกรดควินไมลงในน้ำ	90
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	95
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก	
ก. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์	
ข. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์	
ค. การคำนวณ	
ง. สารสำคัญที่พบในกรดควินไมใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช	
ประวัติผู้ทำวิจัย	

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิที่มีผลต่อการกลั่นออกมาของสารในกรดควินไม์	73
กราฟที่ 4.2.1 แสดงความกว้างและความสูงของเปลือกหอยในช่วงเวลา 12 สัปดาห์	75
กราฟที่ 4.2.2 แสดงขนาดของหอยเชอรี่ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์	75
กราฟที่ 4.2.3 แสดงน้ำหนักหอยเชอรี่ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์	75
กราฟที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงการตายของหอยเชอรี่ภายหลังได้รับกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้นและช่วงเวลาต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการเคมี	90

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านขาวและถ่านดำ	20
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปจากไม้ฟันสดไปเป็นถ่านไม้	21
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ที่ดี	22
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัส	23
ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ชนิดต่าง ๆ	25
ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของกรดควินไม้มที่มีคุณภาพดี	32
ตารางที่ 4.1 แสดงผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร	65
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันดินที่พบในกรดควินไม้มหลังจากตั้งตกตะกอนเป็นเวลา 90 วัน	66
ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลในการเผาถ่าน จากเตาเผาถ่าน 200 ลิตร	67
ตารางที่ 4.4 บันทึกผลอุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ ในการเก็บกรดควินไม้ม	68
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพีเอชและค่าความถ่วงจำเพาะของกรดควินไม้มหลังจากตั้งตกตะกอนแล้ว	71
ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงอุณหภูมิและปริมาตรที่กลั่นได้และจุดเดือดของสารที่กลั่นออกมาได้	72
ตารางที่ 4.7 ผลการหาสภาพกรดของกรดควินไม้ม	73
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยความกว้าง, ความสูง, ขนาดและน้ำหนัก ของหอยเชอรีอายุ 12 สัปดาห์	74
ตารางที่ 4.10.1 ผลของการทดสอบผลของกรดควินไม้มต่อการปราบหอยเชอรี	77
ตารางที่ 4.10.2 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรีที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม้ม ที่ความเข้มข้น กรดควินไม้ม : น้ำ เท่ากับ 1:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	78
ตารางที่ 4.10.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี เนื่องจากผลของกรดควินไม้ม ที่ระดับความเข้มข้น 1: 200 ในช่วงเวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง	78
ตารางที่ 4.10.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรัพย์สินของการทดลองผลของกรดควินไม้มที่ระดับความเข้มข้น 1: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี โดยวิธีของฟิชเชอร์	79
ตารางที่ 4.10.5 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรีที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม้ม ที่ความเข้มข้น กรดควินไม้ม : น้ำ เท่ากับ 5:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	80
ตารางที่ 4.10.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี เนื่องจากผลของกรดควินไม้ม ที่ระดับความเข้มข้น 5: 200 ในช่วงเวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.10.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้น 5: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ โดยวิธีของฟิชเชอร์	81
ตารางที่ 4.10.8 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 10:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	82
ตารางที่ 4.10.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ เนื่องจากผลของกรดควินไม์ ที่ระดับความเข้มข้น 10: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	82
ตารางที่ 4.10.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้น 10: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ โดยวิธีของฟิชเชอร์	83
ตารางที่ 4.10.11 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	84
ตารางที่ 4.10.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	84
ตารางที่ 4.10.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	85
ตารางที่ 4.10.14 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง	86
ตารางที่ 4.10.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง	86
ตารางที่ 4.10.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง	87
ตารางที่ 4.10.17 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง	88
ตารางที่ 4.10.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควินไม์ ที่ความเข้มข้น กรดควินไม์ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง	88
ตารางที่ 4.10.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง	89
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของแต่ละช่วงเวลาเมื่อผสมกรดควินไม์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.1 แสดงวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในการทดลอง	108
ตารางที่ 5.2 แสดงตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	109

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันหอยเชอรี่กลายเป็นศัตรูสำคัญของข้าวที่ทำความเสียหายแก่ต้นข้าวซึ่งเกษตรกรไทยต้องประสบปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการควบคุมและกำจัดหอยเชอรี่มีหลายวิธีด้วยกัน วิธีหนึ่งที่เกษตรกรนำมาปฏิบัติคือ การใช้สารฆ่าหอย (molluscicides) สารเคมีที่นำมากำจัดหอย ได้แก่ นิโคลซาไมด์ (niclosamide) ชื่อการค้า เบลุสไซค์ (Bayluscide 25 เปอร์เซ็นต์) เมทัลดีไฮด์ (metaldehyde 5 เปอร์เซ็นต์) ชื่อการค้า แองโกสลัก (Anglo-slug) คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate) และคาร์แทพ (Cartap) การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มที่จะใช้ในอัตราที่สูง และมีความถี่ในการใช้มากขึ้นหากมีการนำสารฆ่าแมลง (insecticides) มาใช้เพื่อปราบหอยเชอรี่ซึ่งเป็นการใช้อย่างผิดวิธีทำให้สิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น ปลา กุ้ง ตลอดจนสุขภาพของผู้ใช้เอง ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีดังกล่าวจึงมีการนำกรดคว้นไม้ (Pyroligneous acid) มาใช้กำจัดหอยเชอรี่แทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ดังกล่าว (อัญชลีกร, 2542)

ที่เรียกว่า “กรดคว้นไม้” ก็เพราะเกิดจากน้ำที่ได้จากการเผาถ่านไม้ที่ไม่แห้งหรือสดเกินไปตามกรรมวิธีการเผาถ่านที่ถูกต้องคือ ในสภาพอับอากาศ และที่อุณหภูมิเหมาะสม คว้นที่ออกมาเมื่อกระทบความเย็นก็จะกลั่นตัวเป็นไอน้ำจนเป็นของเหลวในที่สุด ของเหลวนี้คือกรดคว้นไม้ (Pyroligneous acid) หรือน้ำส้มคว้นไม้ (wood vinegar) มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลกลั่นไหม้ กรดคว้นไม้ดิบหรือยังไม่ได้กลั่นแยกจะประกอบด้วยน้ำมันและยางไม้ เมื่อทิ้งตั้งตกตะกอนไว้ประมาณ 90 วัน เพื่อตกตะกอนแยกน้ำมันใส น้ำมันดิน ก่อนนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยกรดคว้นไม้จะมีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอชประมาณ 3.0 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 (พวงชมพู, 2549)

ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกรดคว้นไม้ที่มีผลต่อหอยเชอรี่และการใช้เตาเผาถ่านถ่านน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันกำจัดหอยเชอรี่และเพิ่มมูลค่าจากผลพลอยได้ที่ได้จากการเผาถ่านที่ทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพและได้กรดคว้นไม้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการลดการสะสมของสารเคมีตกค้างในสภาพแวดล้อมและสามารถผลิตกรดคว้นไม้ไว้ใช้เองเป็นการลดต้นทุนในการซื้อสารเคมีและสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรได้อีกในระดับหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตกรดควันไม้
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่
- 1.2.3 เพื่อนำกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กำจัดหอยเชอรี่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ทำการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเผาถ่านและเก็บกรดควันไม้
- 1.3.2 ตรวจสอบคุณภาพของกรดควันไม้
- 1.3.3 นำกรดควันไม้ปราบหอยเชอรี่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เครื่องมือที่สามารถเก็บกรดควันไม้
- 1.4.2 ได้กรดควันไม้เพื่อใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่ได้
- 1.4.3 เป็นแนวทางในการศึกษาต่อการแยกสารสำคัญจากกรดควันไม้เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยา หรือเครื่องสำอางได้

1.5 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

- เริ่มทำการวิจัย วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2550
- สิ้นสุดการทำวิจัย วันที่ 29 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

1.6 สถานที่ดำเนินการวิจัย

- 1.6.1 ห้องปฏิบัติการทางเคมีสำหรับการวิจัย ศูนย์วิทยาศาสตร์ (พวส.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
- 1.6.2 ห้องปฏิบัติการเครื่องมือ 1331 ศูนย์วิทยาศาสตร์ (พวส.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
- 1.6.3 ห้องปฏิบัติการ 715 อาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

1.6.4 ทำการก่อสร้างเตาเผาถ่านและเก็บตัวอย่างกรดควันไม้ ณ หมู่บ้านทรัพย์สมบูรณ์ ตำบลพญาวัน อำเภอเมืองสามพันธ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 Pyroligneous acid

หมายถึง น้ำที่ได้จากการเผาถ่านไม้ที่ไม่แห้งหรือสดเกินไปตามกรรมวิธีการเผาถ่านที่ถูกต้อง คือในสภาพอัดอากาศ และที่อุณหภูมิเหมาะสม ควันที่ออกมาเมื่อกระทบความเย็นก็จะกลั่นตัวเป็นไอน้ำจนเป็นของเหลวในที่สุด

1.7.2 ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์

หมายถึง ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของถ่านและกรดควันไม้ที่ได้หลังจากการเผาถ่าน

1.7.3 sum of squares

หมายถึง ผลรวมกำลังสอง

1.7.4 treatment

หมายถึง กลุ่มของหน่วยทดลองแต่ละกลุ่ม

1.7.5 degree of freedom

หมายถึง การกำหนดจำนวนค่าสังเกตที่ต้องการใช้วิเคราะห์ในแต่ละสิ่งปฏิบัติการ หรือขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการวางแผนการทดลองโดยใช้เกณฑ์ระดับองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 8-15

1.7.6 mean square

หมายถึง ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

1.7.7 สถิติ F

หมายถึง ค่าทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน

1.7.8 least significant difference

หมายถึง เป็นวิธีวัดความแตกต่างมีนัยสำคัญน้อยที่สุด ที่เสนอโดย Fisher

1.7.9 mean square for error

หมายถึง ผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อน

1.7.10 standard error of treatment mean

หมายถึง ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์

1.7.11 coefficient of variation

หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการทดลอง

1.7.12 refining

หมายถึง กระบวนการที่มีการใช้แก๊สออกซิเจนช่วยปลดปล่อยสารแทรกในเนื้อถ่านออกไปจนหมด ทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพดี มีความแกร่ง และมีคุณสมบัติในการดูดซับสูงขึ้น

1.8 อักษรย่อและสัญลักษณ์

g	=	กรัม
ml	=	มิลลิลิตร
$^{\circ}\text{C}$	=	องศาเซลเซียส
t	=	ทรีทเมนต์ (treatment)
SS	=	sum of squares
SSE	=	sum of squared error
MS	=	mean square
df	=	degree of freedom
LSD	=	least significant difference
MSE	=	mean of square for error
CV	=	coefficient of variation
$F_{.05}$	=	บริเวณขอบเขตวิกฤตของสถิติ F ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.05

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หอยเชอรี่

2.1.1 ประวัติและการแพร่ระบาด

หอยเชอรี่หรือหอยโข่งอเมริกาใต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pomacea canaliculata* Lamarck หอยเชอรี่เป็นหอยน้ำจืดฝาเดียว เรียกชื่อสามัญว่า golden apple snail เนื่องจากมีรูปร่างกลมคล้ายผลแอปเปิ้ล จัดลำดับตามหลักอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Order Mesogastropoda

Family Ampullariidae

Genus *Pomacea*

Species *canaliculata* Lamarck

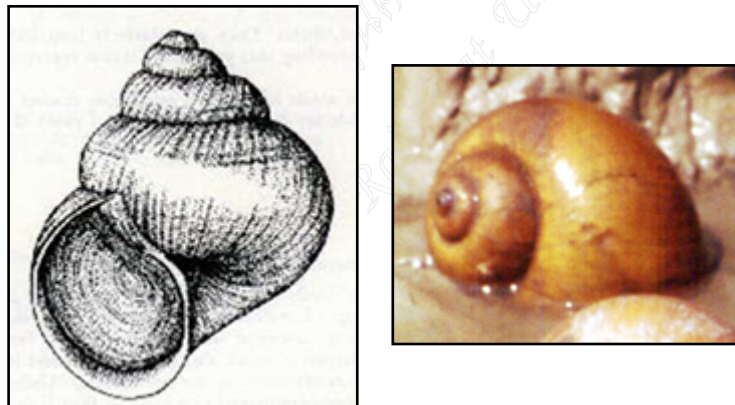
หอยเชอรี่มีถิ่นกำเนิดบริเวณแม่น้ำอเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ ได้มีการนำเข้ามายังทวีปอเมริกา ทวีปยุโรป ทวีปเอเชีย และได้มีการนำหอยชนิดนี้เข้ามาในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ.2525 โดยเลี้ยงในตู้ปลาเพื่อความสวยงามและเพื่อนำไปประกอบอาหารเนื่องจากหอยเชอรี่เลี้ยงง่ายเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้เร็ว แต่ไม่เป็นที่นิยมรับประทานจึงเลิกล้าง แล้วปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้ระบาดแพร่กระจายในนาข้าวในปี พ.ศ. 2531 มีรายงานการระบาดเป็นครั้งแรกและพบว่าการกัดทำลาย ผักกระเฉด ผักบุ้ง และบัวชนิดต่าง ๆ (ชมพูนุชและทักษิณ, 2542)

การระบาดของหอยเชอรี่เริ่มทำความเสียหายแก่นาข้าวตั้งแต่ปี 2532 เป็นต้นมาและระบาดอย่างรวดเร็ว โดยครอบคลุม 43 จังหวัดของประเทศไทยและคิดเป็นพื้นที่ถึง 4.2 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538)

2.1.2 รูปร่างลักษณะทั่วไป

ลักษณะเปลือก

หอยเชอรีมีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายหอยโข่งไทย (Apple snail, *Pila* sp.) คือเป็นหอยฝาเดียวรูปร่างกลมเปลือกเป็นเกลียววนขวาโดยเวียนรอบแกนกลาง (columella) ยอดเกลียวสั้นและแบนส่วนที่มีขนาดเล็กที่สุดเรียกยอดเปลือก(apex) เกลียววงล่างสุดจะมีขนาดใหญ่สุดเรียกว่าลำตัว(body whorl) ปลายด้านหนึ่งของเปลือกจะมีช่องเปิดขนาดใหญ่ให้ส่วนเท้าและหัวยื่นออกมา บริเวณช่องเปิดจะมีฝาปิดเปลือก (operculum) เป็นแผ่นแบนผิวด้านนอกของฝาปิดเปลือกจะมองเห็นวงการเจริญเติบโต (ring of growth) เปลือกมีสีเหลืองอมเขียวหรือสีเขียวอมดำสีของเปลือกอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปร่างลักษณะทั่วไปของหอยเชอรี

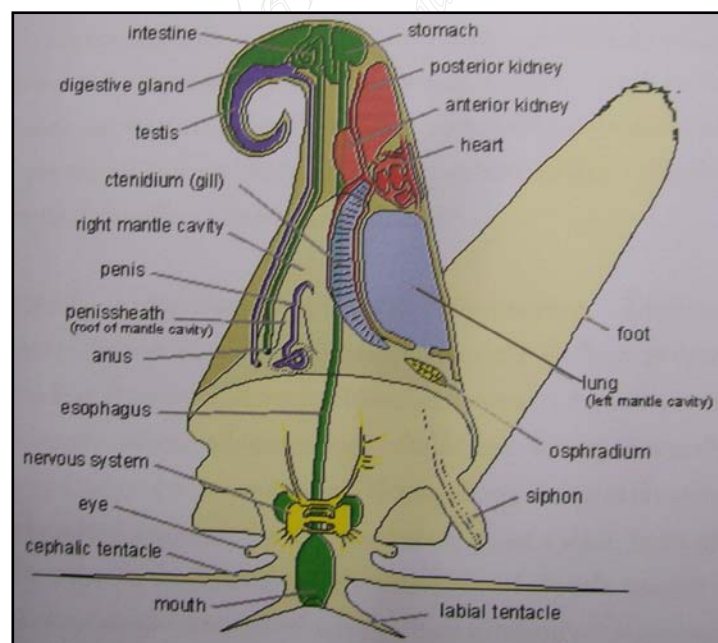
ที่มา : <http://www.ricethailand.go.th>

ส่วนลำตัว

ในช่องแมนติล (mantle cavity) จะอยู่ระหว่างเยื่อแมนติล (mantle) กับลำตัวโดยจะมีเหงือกอยู่ด้านขวา ด้านซ้ายเป็นปอดบรรจุอยู่ภายในและเป็นช่องรองรับสิ่งขับถ่ายจากระบบสืบพันธุ์ระบบขับถ่ายและระบบทางเดินอาหารของหอย แมนติลมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่ติดกับเหงือกหุ้มส่วนของลำตัวทั้งหมด ขอบของแมนติลจะหนาและมีต่อมสร้างเปลือก (shell gland) เนื่องจากหอยเชอรีอาศัยอยู่ในน้ำและบนบกจึงมีระบบหายใจประกอบด้วยเหงือก (ctenidea) ปอด(lung) และท่อหายใจ

(respiratory siphon) การหายใจในน้ำจะเกิดโดยน้ำจะไหลเข้าทางท่อหายใจด้านซ้ายและผ่านไปยังเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส จากนั้นน้ำจะไหลผ่านท่อหายใจด้านขวา เมื่ออยู่บนบกหอยจะหายใจโดยใช้ปอดมี 2 ลักษณะ คือ เมื่อขึ้นมาอยู่บนผิวน้ำหอยจะยื่นท่อหายใจด้านซ้ายออกมาเหนือผิวน้ำเพื่อรับอากาศผ่านไปปอด อีกวิธีหนึ่งคือเมื่อหอยมาอยู่บนบก ปอดจะทำหน้าที่รับอากาศทางช่องแมนเทิล ดังนั้นหอยจึงอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่ไม่มีออกซิเจนละลายอยู่ นอกจากนี้เมื่อสภาวะไม่เหมาะสมหอยเชอรี่จะมีการปรับตัวโดยการจำศีล (estivation) และระหว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงที่มีการจำศีลของหอยระดับเมตาบอลิซึมของร่างกายจะลดลง ซึ่งเป็นการปรับตัวให้ทนต่อความแห้งแล้งระหว่างการจำศีลหอยจะมีน้ำหนักตัวลดลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำ

โครงสร้างภายนอก ส่วนหัวจะอยู่บริเวณด้านหน้าของตัวหอย ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นริมฝีปากยื่นออกทางด้านข้างของปากทั้งสองข้าง ด้านหลังปากจะพบอวัยวะที่คล้ายหนวด เรียกว่า เทนเทคิล (tentacle) ใช้รับความรู้สึก มีตาเล็ก ๆ ตั้งบนก้านตา (stalk) โอเพอร์คิวลัมติดแผ่นเท้า ส่วนแผ่นเท้าจะมีลักษณะแบนใช้ในการเคลื่อนที่ แมนเทิล (mantle) ปกคลุมส่วนหัวและอวัยวะภายในของหอย (ดังรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 อวัยวะภายในส่วนต่าง ๆ ของหอยเชอรี่

ที่มา: Ghesquiere (2000a)

2.1.3 ระบบทางเดินอาหาร

ระบบทางเดินอาหารเริ่มจากส่วนปากที่อยู่ด้านหน้าจากช่องปากจะไปเปิดที่ช่องบักคัล (buccal cavity) หรือ ฟาริงซ์ (pharynx) ภายในฟาริงซ์จะมีขากรรไกรและมีแรดูลา ที่ใช้ในการขูดและบดอาหาร ในการกินอาหารหอยจะใช้ส่วนของขากรรไกร (jaw) กัดแล้วส่งเข้าไปในช่องปากกลืนเนื้อรอบ ๆ จะทำงานให้ส่วนของแรดูลา (radula) ซึ่งมีขนาดรูปร่างแตกต่างกันระหว่างซี่ตรงกลางและริม หอยแต่ละชนิดจะมีจำนวนแรดูลาที่แตกต่างกัน ใช้ในการจำแนกชนิดหอยได้ แต่ส่วนมากแล้วหอยในวงศ์นี้จะมี แรดูลาแบบทีนิโอกลอสซา (taenioglossa) จะมีสูตรหลายอย่างแต่โดยทั่วไปจะเป็น 2 : 1 : 1 : 1:2 ซึ่งหมายถึง ที่ปลายจะประกอบด้วยหยัก (cusp) มากมาย แต่หยักที่ใหญ่ที่สุดจะอยู่กลางหนึ่งซี่ (median หรือ central หรือ rahidian teeth) ฟันข้าง (lateral teeth) ซึ่งขนาดฟันกลางทั้งสองด้านมีข้างละหนึ่งซี่ และฟันริม (marginal teeth) ที่ปลายแฉกมีข้างละสองซี่ ส่วนที่ แรดูลาบรรจุอยู่เรียกว่า โอคอนโทฟอร์ (odontophore) หรือ บักคัลแมส (buccal mass) แรดูลาอยู่ใกล้กับหลอดอาหาร ด้านข้างส่วนท้ายของหลอดอาหารมีต่อมน้ำลาย ซึ่งประกอบด้วยท่อ น้ำลายไปเปิดที่ฟาริงซ์ บริเวณใกล้กับถุงแรดูลา น้ำลายจะมีสภาพเป็นกรดช่วยแรดูลาในการกินอาหาร

อาหารที่ถูกบดหรือถูกเคี้ยวจะเคลื่อนที่จากฟาริงซ์ไปสู่หลอดอาหาร โดยในหอยจะมีถุงเก็บอาหาร (crop) ซึ่งเป็นบริเวณที่อาหารมาพักชั่วคราว ก่อนที่จะเคลื่อนที่ผ่านหลอดอาหารและไปยังย่อยที่กระเพาะอาหาร โดยกระเพาะอาหารจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นอวัยวะที่ใช้ในการบดอาหารหรือ กิซซาร์ด (gizzard) หรือเรียกส่วนนี้ว่า posterior chamber ถัดมาจะเป็นส่วนของ vestibule หรือ เรียกส่วนนี้ว่า anterior chamber และส่วนที่เรียกว่า ถุงสไตล์ (style sac) ซึ่งเป็นส่วนของกระเพาะที่หดตัวเพื่อนำอาหารให้เคลื่อนที่ไปสู่ลำไส้ และบริเวณที่สิ้นสุดส่วนของ digestive gland มีซีคัม ซึ่งจะทำหน้าที่ผลิตของเหลวที่มีน้ำย่อยช่วยย่อยอาหารในกระเพาะ (วัชรภรณ์, 2545)

2.1.4 การกินอาหาร

หอยเชอร์รี่เป็นสัตว์ที่กินได้ทั้งพืชและซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย เป็นอาหาร โดยเฉพาะพืชน้ำสามารถกินได้เกือบทุกชนิดที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เช่น แหนเป็ดเล็ก แหนแดง จอก จอกหูหนู ใสน้ำ ผักบุ้ง ผักตบชวา สาหร่ายต่าง ๆ ต้นหญาริมน้ำ นอกจากนี้หอยเชอร์รี่ชอบกินดินขาวอ่อน ๆ ในระยะข้าวที่เริ่มจะแตกกอเต็มที่ โดยกัดกินลำต้นข้าวใต้ผิวน้ำในนาข้าวเหนือพื้นดิน 0.5-1.0 นิ้ว เมื่อต้นข้าวถูกกัดขาดก็จะกินส่วนใบที่ลอยน้ำต่อไปจนหมดต้น กลางวันที่มีแดดจัดมักจะหลบอยู่ใต้ร่มเงาของพืชน้ำต่าง ๆ หรือ

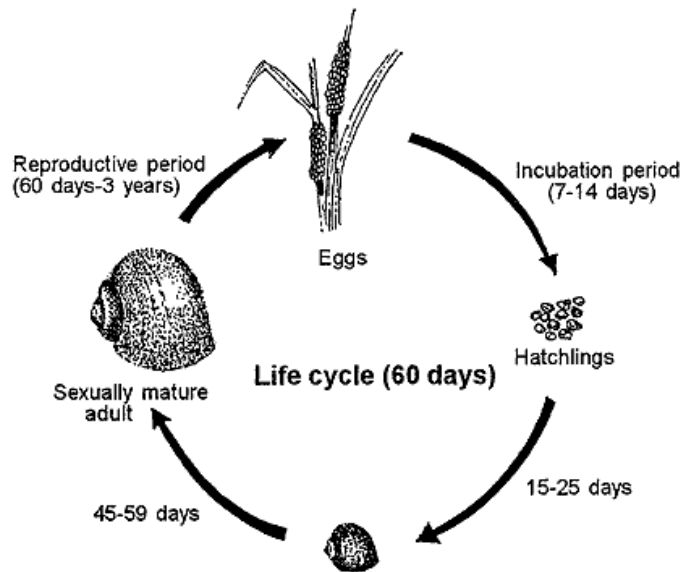
นาข้าว แล้วกินอาหารตลอดเวลา หอยเชอรี่สามารถกินอาหารเป็นชิ้นใหญ่ ๆ เข้าไปพร้อมเม็ดทรายที่ช่วยในการบดอาหารให้ละเอียดในกระเพาะอาหาร

2.1.5 ระบบหายใจ

อวัยวะที่ใช้ในการหายใจ หอยเชอรี่จะมีทั้งเหงือกและปอด ทำหน้าที่ช่วยหายใจโดยใช้อากาศ ทำให้สามารถอยู่บนบกได้บางเวลา เช่น เวลาวางไข่ และยังมีเนื้อเยื่อที่สามารถโค้งพับเป็นหลอด และยืดหดเป็นท่อหายใจ (respiratory siphon) หรือไซฟอน (siphon) ยืดยาวได้ 6-7 เซนติเมตร ใช้สำหรับหายใจเอาออกซิเจนจากอากาศ ทำให้สามารถอาศัยอยู่ได้ แม้ว่าจะไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำ โดยหอยสามารถลอยตัวได้ในช่วงที่มีแรงดันของออกซิเจนต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สที่อยู่ภายในปอด การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 6 ชั่วโมงแรก โดยในหอยตัวเต็มวัยปกติ มีการระบายอากาศภายในปอดจะพบในช่วง 2 ชั่วโมงแรกที่มีการจมตัวลงสู่พื้น ส่วนหอยในระยะตัวอ่อนการระบายอากาศภายในส่วนของอวัยวะที่คล้ายปอดจะมีความถี่มากกว่าตัวเต็มวัย

2.1.6 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

หอยชนิดนี้วางไข่ครั้งแรกในช่วงอายุ 75 วัน โดยมีน้ำหนักตัวประมาณ 7.26 กรัม หอยจะจับคู่กัน (copulation) ผสมพันธุ์ใช้เวลา 2 ถึง 5 ชั่วโมง เพื่อทำการถ่ายสเปิร์ม หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง ตัวเมียจึงวางไข่ โดยคลานขึ้นไปวางไข่บนวัสดุเหนียว ไข่จะมีลักษณะเป็นกลุ่มสีชมพูสด และจากซิดลงจนเป็นสีขาวเมื่อใกล้ระยะฟักออกเป็นตัวลูกหอยจะฟักออกจากไข่ภายใน 7-12 วัน และร่วงลงน้ำ จำนวนไข่แต่ละกลุ่มขึ้นอยู่กับขนาดของแม่หอยและความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร กลุ่มไข่หนึ่งกลุ่ม มีจำนวนไข่ประมาณ 300-3,000 ฟอง ซึ่งมีอัตราการฟักตัวสูง 70-91 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวางไข่แม่หอยจะวางไข่ได้อีกครั้ง โดยเว้นระยะไป 4 ถึง 10 วัน และจะสามารถวางไข่ได้ตลอดจนถึงอายุ 3 ปี ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรชีวิตของหอยเชอรี่ *P. canaliculata* Lamarck

ที่มา : <http://www.applesnail.net>

2.1.7 อวัยวะสืบพันธุ์

ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยเพศผู้ แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ เทสทิส (testis) และท่อนิดน้ำเชื้อเพศผู้ (vasdeferens) ถุงเก็บน้ำเชื้อ (seminal vesicle) ต่อมลูกหมาก (prostate gland) เพนิส (penis) และเพนิส ซีท (penis sheath) โดยเพนิสจะมีลักษณะเป็นท่อที่ยืดออกได้เพื่อสอดส่งอสุจิเข้าไปผสมกับไข่ก่อนที่จะมีการสร้างเปลือก ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย คือ รังไข่ ท่อนำไข่ สำหรับท่อนำไข่ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนต้น เป็นส่วนที่มีกำเนิดจากรังไข่โดยตรง ส่วนกลางมาจากไต และส่วนปลาย มีกำเนิดมาจากแมนเทิล หรือท่อนำไข่แพลเลียล (pallial oviduct) สำหรับส่วนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอวัยวะพิเศษ ได้แก่ ต่อมแอลบูมิน (albumin) ต่อมสร้างต่อมวุ้น (jelly gland) หรือต่อมสร้างแคปซูล (capsule gland) สำหรับหอยเชอรี่จะมีต่อมสร้างเปลือก (shell gland) ในหอยเพศเมียด้วย

2.1.8 พฤติกรรมการผสมพันธุ์

พฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหอย เพศผู้จะเริ่มเข้าหาหอยเพศเมียทางด้านหลังแล้วค่อย ๆ คืบคลานขึ้นไปอยู่บนเปลือกของเพศเมีย จากนั้นก็เคลื่อนมาทางด้านหน้าเปลือกของเพศเมีย แล้วสอดใส่เพนีส ในรูเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย ระยะเวลาที่ใช้ในการผสมพันธุ์กันนี้จะเป็นเวลาหลายชั่วโมงหรือทั้งวัน หลังจากนั้นหอยก็จะแยกออกจากกันและมีชีวิตเป็นปกติต่อไป ส่วนหอยเพศเมียสามารถเก็บอสุจิที่ยังคงอยู่ในสภาพปกติได้เป็นเดือนในส่วนของเจมิทอล แทรค (genital tract) ได้

2.1.9 การวางไข่ และไข่

หลังจากที่หอยมีการผสมพันธุ์กันแล้ว 1-2 วัน หอยเพศเมียจะวางไข่ โดยไข่ที่ถูกผสมจะเคลื่อนที่ผ่านต่อมสร้างเปลือกไข่ เพื่อสร้างแคปซูลหรือเปลือกหุ้มไข่ ก่อนออกไปภายนอกทางรูเปิดของระบบสืบพันธุ์เพศเมียที่อยู่ด้านหน้าตัวหอย ซึ่งส่วนมากหอยเชอร์เพศเมีย มักจะวางไข่ตอนกลางคืนโดยคลานขึ้นไปวางไข่ตามที่แห้งเหนียว เช่น ตามกิ่งไม้ที่ปักในบ่อ ดันหญาริมน้ำ ส่วนมากจะวางไข่สูงประมาณ 5-20 เซนติเมตร จากระดับผิวน้ำ หอยเพศเมียจะใช้เวลาในการออกไข่นานตั้งแต่ 1-6 ชั่วโมงแล้วแต่นขนาดของกลุ่มไข่ ไข่จะเคลื่อนออกมาที่ละฟองบนกล้ามเนื้อเท้า ซึ่งจะดันส่งไข่ให้ขึ้นไปซ้อนเข้าได้ฟองที่ออกมาเป็นชั้น ๆ ไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ จะอ่อนนุ่ม และมีเมือกติด ไข่ของหอยเชอร์แต่ละชนิดจะมีสีที่แตกต่างกัน แต่ส่วนมากจะพบว่า ไข่มีสีชมพูปนแดง กลุ่มของไข่จะเกาะเป็นกลุ่มยาว 2-3 นิ้ว แต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่ 388-3,000 ฟอง ขึ้นกับขนาดของแม่หอย ไข่แต่ละฟองจะมีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 4-5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การวางไข่ของหอยเชอร์รี่

ที่มา <http://www.applesnail.net/>

2.1.10 การเจริญเติบโตของหอยเชอรี่

หลังจากที่หอยเพศเมียวางไข่ได้แล้วต่อมาไข่ก็จะเริ่มแห้งและแข็งขึ้นไข่มีสีซีดจางลงจนเกือบเป็นสีขาว ภายใน 7-12 วัน จากนั้นเปลือกไข่จะแตกออกและร่วงลงสู่แหล่งน้ำ ลูกหอยที่ปรากฏจะมีลักษณะเหมือนตัวแม่ทุกประการ แต่เปลือกนั้นกว่า ลูกหอยที่สามารถฟักออกมาจากไข่ได้ เมื่อร่วงลงน้ำจะเริ่มกินพวกสาหร่ายต่าง ๆ หรือ แหนเป็ดเล็ก ซึ่งเป็นพืชลอยน้ำขนาดเล็ก พบตามหนอง บึง หรือสระน้ำทั่วไป หอยจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยจะเริ่มกัดกินพืชน้ำ ต้นข้าว หรือต้นข้าวอ่อน ตั้งแต่ระยะข้าวปักดำใหม่จนถึงแตกกอเต็มที่ แล้วเจริญต่อไปจนเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งตัวเต็มวัยของหอยที่พร้อมจะขยายพันธุ์จะมีอายุประมาณ 3 เดือน น้ำหนัก 5 กรัม มีขนาดสูงประมาณ 25 มิลลิเมตร หอยจะจับคู่ (copulation) เพื่อถ่ายอสุจิได้ตลอดเวลา โดยทั่วไปจะพบว่าหอยตัวเต็มวัย จะมีการจับคู่ผสมพันธุ์และวางไข่ในช่วงฤดูฝน

2.1.11 แหล่งที่อยู่อาศัย

หอยเชอรี่สามารถอยู่ได้ในแหล่งน้ำทั่วไปทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นบึง สระ หนอง คลอง แม่น้ำ ลำธาร ในบริเวณที่ร่มและคลองน้ำที่มีต้นไม้อุดมซึ่งทำให้ร่มเงา นอกจากนี้แหล่งน้ำที่มีสภาพเน่าเสีย หอยเชอรี่ก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่อาจเจริญเติบโตได้ไม่ดีหรือออกไข่น้อยกว่าปกติหอยเชอรี่เป็นหอยที่ไม่ชอบอยู่บริเวณที่มีปริมาณน้ำสูงมากนัก โดยทั่วไปหอยขนาดกลาง (ประมาณ 15 เซนติเมตร) จะอยู่ในน้ำปริมาตรต่ำสุด 10 ลิตร หอยในวงนี้จะชอบบริเวณแหล่งน้ำที่มีแคลเซียมอยู่มาก เพราะถ้าความเข้มข้นของแคลเซียมมีไม่มากพอ หอยจะไม่สามารถสร้างเปลือกหรือทำให้เปลือกเปราะบางได้

2.2 การป้องกันกำจัด

การกำจัดหอยเชอรี่ ที่ใช้กัน สรุปได้มี 3 วิธี

2.2.1 วิธีกล คือ ใช้กำลังคนเก็บหอยมาทำลาย ทำที่ดักหอยขณะปล่อยน้ำเข้านาเช่น ตาข่ายตาถี่ เพื่อป้องกันหอยขนาดเล็กที่ปกติจะลอยตัวอยู่ในน้ำ การปักไม้ในแหล่งที่มีน้ำขังเป็นแอ่งลึกในนาเพื่อล่อให้หอยวางไข่และทำลายไข่ในภายหลัง รวมทั้งการใช้ใบไม้ เช่น ใบกล้วย ใบมะละกอทิ้งในที่ที่มีน้ำเป็นแอ่งเพื่อล่อให้หอยเข้ามากินและมาหลบได้ร่มใบ

2.2.2 วิธีชีววิธี คือ การใช้ศัตรูธรรมชาติ เช่น การปล่อยฝูงเป็ดให้เข้าไปกินลูกหอย และการอนุรักษ์นกกระยาง นกปากห่าง นกอีตุ้ม เพื่อให้ลงไปกินหอยในนา

2.2.3 การใช้สารเคมี แม้ในขณะนี้มีการส่งเสริมให้มีการกินเนื้อหอยเชอร์รี่เพราะมีสารอาหาร เช่น โปรตีนสูง หรือการนำเนื้อหอยเชอร์รี่มาใช้เป็นอาหารสัตว์ และทำปุ๋ย แต่วิธีต่างๆ อาจไม่สามารถป้องกันได้ทันเวลา และยังต้องใช้แรงงานและเวลามาก การใช้สารเคมีเพื่อกำจัดหอยเชอร์รี่จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง สารเคมีที่ใช้กำจัดหอยทาก ที่มีอยู่หลายตัวที่นิยมใช้กันมากคือ

1) เมทัลดีไฮด์ (metaldehyde) มีคุณสมบัติเป็นของแข็งสีขาว มีชื่อทางเคมีว่า 2,4,6,8-tetra methyl -1,3,5,7-tetraoxycyclooctane มีกลิ่นเหมือนฟอร์มาลดีไฮด์ เมทัลดีไฮด์จะดูดซึมผ่านผิวหนังและออกฤทธิ์โดยการสลายตัวเป็นอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อระบบประสาทและระบบหายใจ ทำให้การทำงานต่างๆ ล้มเหลว

ข้อเสีย เนื่องจากเมทัลดีไฮด์เป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

2) นิโคลซาไมด์ (niclosamide) เป็นสารที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับใช้ในการกำจัดหอยทากน้ำจืดโดยเฉพาะแต่เดิมใช้ในการกำจัดหอยทากที่เป็นพาหะของปรสิตที่เป็นโรคพยาธิ มีชื่อทางเคมีคือ 2,5-dichloro-4-nitrosalicylanilide ชื่อทางการค้าที่รู้จักกันทั่วไปคือ ไบลูไซด์ (Baylucide) ใช้กำจัดหอยเชอร์รี่ได้ดีและเป็นพิษน้อยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ข้อเสีย นิโคลซาไมด์จะเป็นพิษต่อปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก แพลงตอนสัตว์ และพืชน้ำบางชนิด

3) คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate pentahydrate) หรือจุนสี มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ปกติเป็นสารเคมีที่ใช้ควบคุมสาหร่าย แพลงตอนในการเตรียมบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สามารถนำมาใช้กำจัดหอยเชอร์รี่ได้เช่นกัน กลไกการออกฤทธิ์เกิดโดยการแพร่ของ Cu^{2+} เข้าสู่เซลล์ของหอยซึ่งจะไปจับกับเอนไซม์ที่หมู่ฟังก์ชัน sulfhydryl (S-S) ทำให้เอนไซม์ที่ทำงานในระบบต่างๆ ล้มเหลว

ข้อเสีย คอปเปอร์ซัลเฟต มีพิษต่อพืชและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะเห็นว่ามีการใช้สารเคมีในการกำจัดหอยเชอร์รี่เช่น เอนโดซัลเฟน จะเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ รวมทั้งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก นอกจากนี้สารเคมีที่นำมาใช้มีราคาแพงและมีค่าใช้จ่ายสูง

นุช และคณะ (2538) ทดสอบประสิทธิภาพของสารกำจัดหอยเชอร์รี่ 3 ชนิด คือ เหยื่อพิษเมทัลดีไฮด์ (metaldehyde deadline bullet : db, 4 เปอร์เซ็นต์ pellet), เมทัลดีไฮด์ (methaldehyde deadline – 40 liquide : dl, 4 เปอร์เซ็นต์ paste) และสารคอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate, cps 98 เปอร์เซ็นต์) จากการทดลอง 3 ซ้ำ ทำการตรวจเช็คหอยตายทุก 7, 24 และ 48 ชั่วโมง ภายหลังใส่สารพบว่าในชั่วโมงที่ 7 ไม่มีสารใดทำให้หอยตายสูงกว่า 11.11 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยจากหอยทั้ง 3 ขนาด ชั่วโมงที่ 24 db 1,500

กิโลกรัม/ไร่ ทำให้หอยตายสูงสุด 65.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากคอปเปอร์ซัลเฟต 500 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้หอยตาย 62.2 เปอร์เซ็นต์ และ db 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้หอยตาย 58.9 เปอร์เซ็นต์ และ db 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ที่ทำให้หอยตาย 86.7 และ 93.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับในแปลงทดลองเมื่อตรวจนับการตายของหอยในวันที่ 7 พบว่า เบลูลไซด์, คอปเปอร์ซัลเฟตและเมทัลดีไฮด์ (db และ di) มีผลทำให้หอยตายเฉลี่ยสูงสุดจากทั้ง 3 แปลง คือ 84.16, 82.23, 68.05 และ 62.43 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อตรวจนับความเสียหายของคันข้าวพบแปลงที่เสียหายน้อยที่สุดคือ 2.5, 1.56, 0.89, และ 1.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแปลงที่ใช้สารกำจัดหอยจะได้ผลผลิตข้าวสูงกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารกำจัดหอย ทั้งนี้เมื่อใช้สารที่มีระดับความเข้มข้นสูงขึ้นและช่วงเวลาที่ได้รับสารเพิ่มขึ้นอัตราการตายจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย (นารถ พรหมรังสรรค์, 2548)

2.3 กระบวนการผลิตถ่าน

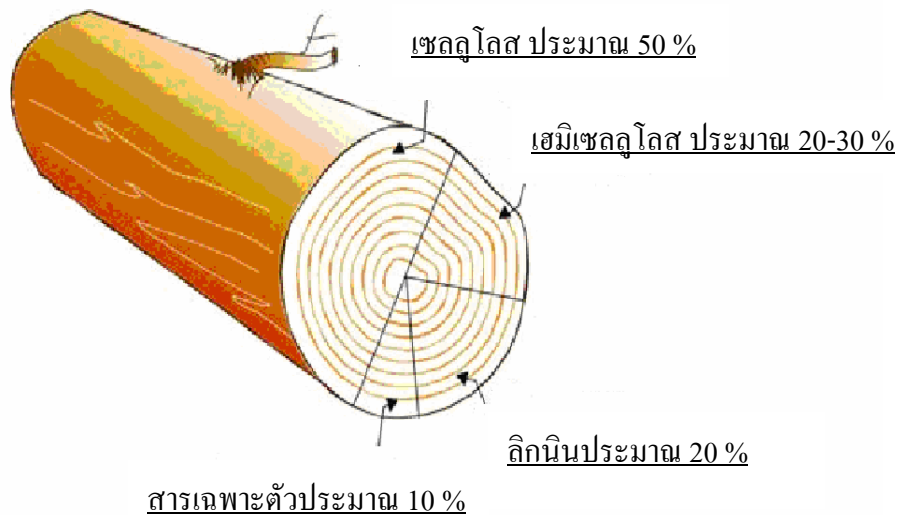
ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศอยู่เบาบาง ซึ่งจะทำให้เกิดการกำจัดน้ำ น้ำมันดินและสารประกอบอื่น ๆ ออกจากไม้ ซึ่งจะได้ผลผลิตหลัก คือ ถ่านซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสูง (80%) และไม่มีกลิ่น ทำให้ได้พลังงานที่สูง สูงมากกว่าพลังงานในไม้แห้งถึงสองเท่า

2.3.1 ส่วนประกอบและโครงสร้างของไม้

ไม้ทุกชนิดมีส่วนประกอบเหมือนกันมากกว่า 90 % ได้แก่

- 1) เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเกิดจากกลูโคส (glucose) ประมาณ 50 %
- 2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเกิดจากไกลโคไซด์ (glycoside) หลายชนิดประมาณ 20-30%
- 3) ลิกนิน เป็นสารซึ่งมีโมเลกุลที่สลับซับซ้อนพบในส่วนของเนื้อไม้แข็ง ซึ่งมีความแข็งแรงและทนทานโดยที่พวกจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ยากมาก การสลายตัวเป็นไปอย่างช้าๆ และจะทำให้มีคุณสมบัติที่จะดูดซับธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮิวมัส ในพืชต่างๆ ไปมีลิกนินอยู่ประมาณร้อยละ 10-30
- 4) ส่วนประกอบอื่น ๆ อีกเพียงเล็กน้อย ได้แก่ สารเฉพาะตัว (extract) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด ดังนั้นถ่านไม้และกรดคว้นไม้ที่ผลิตจากไม้แต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติที่พิเศษแตกต่างกันด้วย

5) โครงสร้างของไม้มีรูปร่างคล้ายท่อรวมกันเป็นมัด ดังรูปที่ 2.5 มีรูพรุนขนาดตั้งแต่ 4-60 ไมครอน เมื่อไม้เปลี่ยนเป็นถ่านโครงสร้างก็ยังคงสภาพเดิม แต่จะหดตัวเล็กกว่าเดิมประมาณ 30 % ไม้อายุน้อยจะหดตัวมากกว่าไม้อายุมาก



รูปที่ 2.5 สารประกอบต่าง ๆ ในพื้นไม้

ที่มา : <http://www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm>

2.4 เทคนิคการผลิตถ่าน

2.4.1 ลักษณะของเตาเผาถ่าน

การผลิตถ่านสามารถจำแนกวิธีการผลิตถ่านตามลักษณะของเตาเผาถ่านและการเคลื่อนย้ายโดยแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1) เตาไม่ถาวร หรือเตาที่เคลื่อนที่ได้ (non-permanent kiln)

เป็นเตาเผาถ่านที่สามารถเคลื่อนที่หรือย้ายไปทำการเผาถ่านในที่ต่าง ๆ ได้ ข้อดีคือ สะดวกในการนำไปเผาถ่านในสถานที่ต่าง ๆ ทำให้ไม่จำเป็นต้องขนวัตถุดิบมาเผาถ่านที่เตาเผาถ่าน ข้อเสียคือควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาถ่านได้ยากทำให้ได้ถ่านที่คุณภาพค่อนข้างต่ำ ตัวอย่างของเตาประเภทนี้ ได้แก่ เตาดินกลบ เตาเกลบกลบ เตาขี้เลื่อยกลบ และเตาถังเคียว เป็นต้น

2) เตาถาวรหรือเตาที่เคลื่อนที่ไม่ได้ (permanent kiln)

เป็นเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นอย่างมั่นคงแข็งแรง โดยไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปที่อื่นได้ ข้อดีของเตาชนิดนี้คือ มีความคงทนแข็งแรง สามารถควบคุมอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการเผาถ่านได้เป็นอย่างดีทำให้สามารถผลิตถ่านที่มีคุณภาพดี เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานแต่ละประเภท ตัวอย่างของเตาถาวรได้แก่

1) เตาอิฐก่อ เป็นเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นจากอิฐมอญ โดยมีดินเหนียวทราย ทำหน้าที่เป็นตัวยึดอิฐเข้าด้วยกัน ข้อดีของเตาชนิดนี้คือ สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านได้ดี

2) เตาดินเหนียวก่อ เป็นเตาที่พบทั่วไปในชนบทของประเทศไทย

3) เตาอิฐเตอะ (Japanese kiln) เป็นเตาเผาถ่านที่ใช้อิฐทนไฟและปูนซีเมนต์ทนไฟเป็นวัตถุดิบในการสร้างเตา ข้อดีของเตาชนิดนี้คือ มีการควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาถ่านได้เป็นอย่างดี

2.4.2 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกสถานที่สร้างเตาเผาถ่าน

- 1) พื้นดินควรปรับให้เรียบและแน่น
- 2) ควรอยู่ในที่ดอนไม่มีน้ำท่วมและน้ำไหลบ่าผิวดิน
- 3) ควรอยู่ห่างบ้านเรือนและได้ลม
- 4) ควรอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ

2.4.3 การเตรียมเตาเพื่อเผาถ่าน

- 1) ทำความสะอาดพื้นเตาให้เรียบร้อย
- 2) ปรับแต่งปล่องควันให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย สิ่งสกปรกหรือวัตถุแปลกปลอมให้ออกจากปล่องให้หมดขณะที่เตาไม่ได้ทำการเผาควรเอาก้อนอิฐปิดปากปล่องไว้
- 3) ทำความสะอาดช่องใส่ไฟโดยเอาขี้เถ้าจากการเผาถ่านออกจากช่องใส่ไฟ เพื่อให้อากาศไหลเวียนดีขึ้นควรใช้ตะแกรงเหล็ก แกลบ ขี้เถ้า หรือเศษอิฐหักมาเป็นวัสดุรองพื้น

2.4.4 การเตรียมไม้ฟืนและการเรียงฟืน

ฟืนที่ใช้ในการเผา ควรมีการตัดทอนให้เรียบร้อย ขนาดยาวประมาณ 1 เมตร โดยเฉลี่ย และผึ่งให้แห้งในกระแสอากาศประมาณ 1 เดือน ก่อนการเผา ในการเผาแต่ละครั้งควรมีการคัดเลือกให้ขนาด

ของไม้ใกล้เคียงกัน ตัดกิ่งที่ยื่นออกมาให้หมด เพราะถ้ามีกิ่งยาวเกินไปจะทำให้การเรียงลำบากและเสียพื้นที่ภายในเตาไป

การเรียงไม้พินให้เริ่มต้นเรียงจากด้านหลังเตาเป็นรอบ ๆ มาข้างหน้าเตา โดยใช้ไม้ขนาดยาว 80 เซนติเมตร ในรอบแรก ขนาด 90-100 เซนติเมตร ในรอบที่สองและสาม ไม่ควรใช้ไม้พินขนาดยาวกว่า 100 เซนติเมตร เพราะจะทำให้การกลายเป็นถ่านของไม้พินช้ากว่าปกติ การเรียงไม้ให้ทางด้านปลายหันลงสู่พื้นเตา และทางด้านโคนซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าหันขึ้นทางด้านบนหลังคาเตา ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดเป็นถ่านของเตาจะเริ่มจากด้านบนของเตาลงทางด้านล่างของเตา และคุณภาพถ่านด้านบนของเตาจะดีที่สุด เรียงเช่นนี้จนไม้พินเต็มเตา พยายามให้ไม้ที่มีขนาดใหญ่อยู่ใกล้ช่องใส่ไฟ ให้เรียงไม้แบบแนวนอนจนถึงยอดเตาและควรเป็นไม้ขนาดใหญ่ จากนั้นก็ทำการปิดประตูเตา โดยใช้อิฐทำเป็นประตูเช่นเดียวกับเตาดิน เพื่อมิให้เสียเวลาในการก่ออิฐของการเผาแต่ละครั้ง

2.4.5 การเผาถ่าน

การเผาถ่านนั้นพอจะจำแนกออกเป็น 2 วิธี คือ การเผาด้วยการสันดาปโดยตรง (direct draft technique) ทำโดยการจุดไฟที่กองไม้ที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการเผาถ่านโดยตรง เมื่อไฟลุกไหม้ดีแล้วจึงนำวัสดุต่าง ๆ เช่น แกลบ สังกะสี ขี้เถ้า ฯลฯ นำมาปิดกองไม้เพื่อจำกัดอากาศให้ไม้กลายเป็นถ่าน และการเผาด้วยการสันดาปทางอ้อม (indirect or reverse draft technique) ทำโดยการจุดไฟตรงช่องใส่ไฟเพื่อให้อากาศร้อนไปไล่ความชื้นในเนื้อไม้ จนกระทั่งไม้ในเตาเผาถ่านเกิดกระบวนการเผาถ่านโดยสมบูรณ์ (carbonization) ซึ่งวิธีการเผาถ่านทางอ้อมยังแบ่งออกเป็นวิธีการย่อยได้อีก 2 วิธี แต่หลักการที่สำคัญเหมือนกัน แตกต่างกันที่การใส่ฟืนหรือเลียงฟืนหน้าเตาเท่านั้น คือ การใส่ฟืนระยะแรก แล้วหยุดใส่ (initial firing technique) และ การใส่ฟืนตลอดระยะเวลาของการเผา (continuous firing technique)

จากการเผาสองวิธีย่อยข้างต้นนี้มีขั้นตอนในการเผาถ่านซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อเท่านั้น ขั้นตอนทั้งหมดดังนี้

- 1) เริ่มจากการจุดไฟหน้าเตาโดยใช้ฟืนประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อหนึ่งชั่วโมง อากาศร้อนจะเข้าไปในเตาและแทนที่อากาศเย็นซึ่งจะหนีออกทางปล่องเร่ง จากนั้นเตาจะร้อนขึ้นเรื่อย ๆ ควันท่อออกมาจะเป็นไอน้ำ (การจุดไฟที่ถูกต้อง คือ จุดไฟให้ไอร้อนเข้าไปไล่ความชื้นออกให้หมด และที่สำคัญคือไม่ควรใส่ฟืนเข้าไปสัมผัสกับไม้เผาถ่าน เพราะจะเป็นการเผาด้วยวิธีการเผาด้วยการสันดาปทางตรง) และขณะเดียวกันอุณหภูมิภายในเตาจะทยอยสูงขึ้นเรื่อย ๆ เวลาจากจุดเริ่มต้นถึงเวลานี้ประมาณ 5-10 ชั่วโมง

ขึ้นกับความชื้นและจำนวนไม้ในเตา พอพืนจุดนี้ไปแล้วให้ลองใช้ก้อนอิฐทดลองปิดปล่องแรงดู ถ้ามีควันออกจากปล่องทั้งสี่สม่ำเสมอ ให้เปิดปล่องแรงต่อไป

(2) หลังจากปิดปล่องแรงแล้วการเติมฟืนในช่องใส่ไฟยังคงเป็นไปในอัตราเดิม อุณหภูมิปากปล่องควันจะเริ่มอยู่ที่ 55-56 °C กลุ่มควันยังคงออกมาอย่างสม่ำเสมอ และเริ่มหนาขึ้นเรื่อยๆ มีสีขาวและมีกลิ่นซึ่งมาจากกรดในไม้ เช่น เมทานอล เป็นต้น อุณหภูมิที่ปล่องควันประมาณ 70-75 °C และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200-250 °C

(3) จากนั้นให้ลดช่องใส่ไฟลงประมาณ 1 ใน 3 โดยใช้อิฐปิด กลิ่นควันจะมีอยู่ แสดงว่าสารเคมีในเนื้อไม้มีการสลายตัวและให้สารที่มีกลิ่นเฉพาะตัวออกมา การนำควันไม้ในระยนี้มาควบแน่นให้กลายเป็นหยดน้ำ จะได้กรดควันไม้ซึ่งใช้เวลานานหลายชั่วโมง โดยไม้พืนก็ยังคงต้องใส่ต่อไปอีกประมาณ 4-5 ชั่วโมง สำหรับการใส่ฟืนระยะแรก และในย่อหน้าต่อไปนี้ตั้งแต่ข้อ(4) (5) (6) (7) จะเป็นการเผาแบบใส่ฟืนระยะแรกและข้อ (8) (9) จะเป็นการเผาแบบใส่ฟืนตลอดเวลา

(4) กลุ่มควันยังคงออกมาเรื่อยๆ เป็นเวลาหลายชั่วโมง จากนั้นก็เริ่มหยุดเติมฟืนในขณะเดียวกันช่องใส่ไฟให้ลดขนาดลงไปอีก 1 ใน 3

(5) กลุ่มควันขาวหนาและกลิ่นควัน จะยังคงออกมาประมาณ 20-30 นาที และจะค่อยมีสีจางลงแต่กลิ่นยังคงมี อุณหภูมิของควันที่ปากปล่องประมาณ 75-80 °C และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-500 °C

(6) ขั้นตอนนี้ควันซึ่งมีสีจางลงเป็นสีเทาจะคงอยู่ประมาณ 15-20 ชั่วโมง สีของควันซึ่งเป็นสีเทาจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ขางไม้ซึ่งออกจากไม้พืนจะระเหยออกมาจับบริเวณปากปล่องควันทั้งสี่ อุณหภูมิภายในเตาขณะนี้ประมาณ 400-450 °C และที่บริเวณปากปล่องควันจะมีอุณหภูมิ 120 °C ช่องใส่ไฟจะต้องลดขนาดลงอีกเหลือประมาณ 6×10 เซนติเมตร

(7) ควันสีน้ำเงินจะยังคงออกมาอีกประมาณ 4 ชั่วโมง ขางไม้บริเวณปากปล่องเริ่มจะเหนียวหรือแห้งขึ้นมากและจะแข็งในช่วงสุดท้ายของควันสีน้ำเงินโดยสังเกตได้จากการใช้นิ้วมือจิ้มไปที่ภายในปากปล่อง และท้ายสุดควันสีน้ำเงินจะใสหรือบางขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งควันนั้นขาดและลอยเหนือปากปล่องขึ้นไปประมาณ 2 นิ้ว ก็ทำการปิดปล่องที่แห้งแล้ว ทีละปล่องจนเหลือปล่องสุดท้าย ก็ปิดหน้าเตาและทิ้งไว้อีก 2 ชั่วโมง แล้วจึงทำการปิดปล่องที่สี่เป็นอันเสร็จวิธีการเผาถ่าน หลังจากนั้นให้ทำการอุดรอยรั่วให้สนิทและปล่อยทิ้งไว้ 10 ชั่วโมง ให้เอาน้ำโคลนมาลูบไล้เตาให้ทั่วซึ่งได้ประโยชน์หลายประการ เช่น อุดรอยรั่ว รอยร้าว รวมทั้งทำให้เตาเย็นเร็วขึ้น และ ควรทำการอาบน้ำเตาหรือไล้เตา 2-3 ครั้งต่อวัน ก่อนเปิดเตาเพื่อเอาถ่านออก น้ำโคลนที่ใช้ควรมีดินประมาณ 30 % การผลิตถ่านไม้ สำหรับ

ใช้ประโยชน์นั้นควรมีการทำ refining ก่อน กล่าวคือ เมื่อกระบวนการเผาถ่านเสร็จสิ้นแล้ว ให้เปิดปล่องควันออกทุกปล่อง จากนั้นใช้พัดลมเป่าบริเวณช่องใส่ไฟไม่น้อยกว่า 30 นาทีพร้อมกับการใช้แท่งเหล็กเขี่ยถ่านภายในเตาให้ได้รับแก๊สออกซิเจนทั่วถึงกัน (วิธีการนี้แก๊สออกซิเจนจะช่วยปลดปล่อยสารแทรกในเนื้อถ่านออกไปจนหมด) ทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพดี มีความแกร่ง และมีคุณสมบัติในการดูดซับสูงขึ้น

(8) ขั้นตอนของการใส่ฟืนตลอดระยะเวลาการเผา เริ่มจากข้อ (1) (2) และ (3) ให้ทำการเติมเชื้อไฟหรือฟืนในอัตรา 1-3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควันก็จะออกมาอยู่สม่ำเสมอโดยมีสีขาวหนาที่บพร้อมกลิ่นฉุนยังคงมีอยู่ต่อไป (ปฏิกิริยาต่าง ๆ เหมือนข้อ (3) (4) และ (5))

(9) เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ระยะหนึ่งให้ลดขนาดของหน้าเตา ให้เหลือ 10×20 เซนติเมตร เมื่อควันเริ่มกลายเป็นสีเทา ควรเติมไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอในอัตราประมาณ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จนกระทั่งควันสีเทาเริ่มจะหมดไปและปฏิกิริยาหรือปรากฏการณ์จะเหมือนข้อ (6) และ (7)

(10) เมื่อปิดเตาได้ประมาณ 10 ชั่วโมง ก็ให้ทำการอาบน้ำเตาแบบวิธีในข้อ (7) การเอาถ่านออกควรให้มีอุณหภูมิภายในเตาดำกว่า 70°C หรือ ประมาณ 2 วัน หลังจากทีปิดเตาโดยการอาบน้ำเตา หากสัมผัสในตอนเช้าและรู้สึกว่าผนังเตายังคงร้อนอยู่แสดงว่าเตาที่ปิดไปแล้วยังคงมีรอยรั่วอยู่ ต้องค้นหารอยรั่วนั้นให้พบ และอุดให้สนิท เพื่อให้ไฟในเตาดับและเย็นลง

การเก็บกรดควันไม้เริ่มทำการเก็บที่อุณหภูมิปากปล่องควันอยู่ในช่วง $80-150^{\circ}\text{C}$ ซึ่งอุณหภูมิในเตาเผาถ่านจะสูงประมาณ 400°C ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงเกิน 400°C นั้นจะมีสารก่อมะเร็งปะปนออกมาด้วย

2.5 ผลผลิตจากกระบวนการผลิตถ่าน

เมื่อไม้สลายตัวด้วยความร้อนจะให้ผลผลิตดังนี้ คือ ถ่านไม้ ประมาณ 25 % ของเหลวที่กลั่นตัวได้ (distilled liquids) ประมาณ 50 % และแก๊สที่กลั่นตัวไม่ได้ (undistilled gas) ประมาณ 25 %

ถ่านไม้ คือ ผลผลิตที่ได้หลังจากถูกสลายด้วยความร้อน และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด และกระบวนการผลิตถ่าน ถ่านไม้สามารถจำแนกชนิดออกได้ตามวิธีการผลิต ชนิดของวัตถุดิบ และการใช้ประโยชน์ ดังนี้

จำแนกตามวิธีการผลิตได้ 2 ชนิด คือ

1) ถ่านขาวหรือถ่านแข็ง (white or hard charcoal) ผลิตโดยใช้ความร้อนที่ประมาณ $1,000-1,100^{\circ}\text{C}$ แล้วนำถ่านที่กำลังลุกไหม้อยู่ออกมาดับนอกเตาโดยใช้ขี้เถ้าผสมดินและน้ำประมาณ 10-20 % ขี้เถ้าดังกล่าวจะติดแน่นอยู่ที่ผิวถ่านเป็นสีขาวปนเทา จึงเรียกว่า ถ่านขาว มีคุณสมบัติแข็งกว่าถ่านดำ เนื้อถ่านสุกเท่ากัน และมีปริมาณคาร์บอนที่ถูกต้อง (fixed carbon) เท่ากันทั้งแท่ง ดังตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านขาวและถ่านดำ ปัจจุบันมีการผลิตถ่านขายอยู่เพียง 3 ประเทศ คือ จีน เกาหลี และญี่ปุ่น และมีการใช้ประโยชน์พิเศษเฉพาะตัว (unique utilization) แตกต่างจากที่อื่นทั่วโลก

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านขาวและถ่านดำ

ชนิดของถ่าน	คาร์บอนที่ถูกต้อง	สารระเหย	ขี้เถ้า	ความแข็ง	ค่าความร้อน กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ถ่านดำ	68.6%	24.5%	0.9%	ระดับ 8	6,983
ถ่านขาว	77.6%	9.8%	2.4%	ระดับ 10	7,023

ที่มา : (จระพงษ์ กุหากาญจน์, 2548)

2) ถ่านดำหรือถ่านอ่อน (black or soft charcoal) ผลิตโดยใช้ความร้อนที่ประมาณ $400-700^{\circ}\text{C}$ แล้วปิดเตาไม่ให้อากาศเข้าปล่อยถ่านไว้ในเตาจนกว่าจะเย็นเอง ถ่านที่ได้จะมีสีดำ จึงเรียกว่า ถ่านดำ ซึ่งถ่านดำจะมีความแข็งน้อยกว่าถ่านขาวและถ้าไม่เปลี่ยนเป็นถ่านอย่างรวดเร็ว (rapid carbonization) จะได้ถ่านดำที่มีความแข็งน้อยกว่าถ่านดำที่ได้จากการให้ไม้เปลี่ยนเป็นถ่านช้า ๆ (slow carbonization) ถ่านดำจะสุกไม่เท่ากันทั้งแท่ง ปริมาณคาร์บอนที่ถูกต้องของถ่านที่ได้รับความร้อนสูงกว่าจะมีค่ามากกว่าถ่านที่ได้รับความร้อนต่ำกว่า เช่น

ถ่านส่วนบนเตา มีคาร์บอนที่ถูกต้องประมาณ 85 % ถ่านส่วนกลางเตา มีคาร์บอนที่ถูกต้องประมาณ 80 % ถ่านส่วนพื้นเตา มีคาร์บอนที่ถูกต้องประมาณ 75-78 %

ถ่านดำเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับผลิตถ่านกัมมันต์ (activated carbon) โดยนำถ่านดำไปเผาที่อุณหภูมิ $1,000-1,100^{\circ}\text{C}$ จากนั้นกระตุ้นด้วยกรดเข้มข้นหรือด้วยไอน้ำจะทำให้ถ่านที่ได้มีความพรุน

สูงขึ้น เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ สามารถนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในการดูดกลิ่น ดูดความชื้น หรือใช้ในการกรองน้ำ ฯลฯ

จำแนกตามชนิดของวัตถุดิบ เช่น ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้โกงกาง ถ่านไม้ไผ่ แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะแตกต่างกันไป ถ่านที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็ง ก็จะได้ถ่านไม้ที่มีความแข็งมากกว่าถ่านไม้ที่ผลิตจากไม้เนื้ออ่อน ถ่านที่ผลิตจากไม้ไผ่ซึ่งเป็นไม้ยาว ก็จะได้ถ่านที่ทำให้ความร้อนเร็วกว่าถ่านที่ผลิตจากไม้ไผ่สั้นแต่ก็จะมอดเร็วกว่าไม้ไผ่สั้น

จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ เช่น ถ่านเชื้อเพลิง ถ่านกรองน้ำ ถ่านปรับสภาพดิน ถ่านผสมอาหารสัตว์ เป็นต้น

2.5.1 คุณสมบัติของถ่าน

ถ่านไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ มีคาร์บอนที่ถุกตรึง (fixed carbon) ไม่น้อยกว่า 75% มีสารระเหยได้ (volatile) ไม่เกิน 25% มีขี้เถ้า (ash) ไม่เกิน 4 % มีถ่านป่น (fine) ไม่เกิน 10% มีความชื้น (moisture) ไม่เกิน 10% มีค่าความร้อน (heating value) ไม่น้อยกว่า 7,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม มีค่าความแข็ง (hardness) ไม่น้อยกว่า ระดับ 5 ต้องมีความพรุน (porosity) สูง มีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตร/กรัม มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ มีพีเอชประมาณ 8-9 ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปจากไม้พื้นสดไปเป็นถ่านไม้

คุณสมบัติ	ไม้พื้นสด	ถ่านไม้
น้ำหนัก	1 กิโลกรัม	0.25 กิโลกรัม
ปริมาตร	1 ลูกบาศก์เมตร	0.5 ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณความร้อน	100%	50%
ค่าความร้อน	3,600 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม	7,400 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ความสูญเสียขณะเก็บ	สูญเสียจากเชื้อราและแมลง	ไม่มีการสูญเสีย
มลพิษขณะเผาไหม้	สูงมาก	ต่ำมาก
ระยะเวลาการเผาไหม้	เร็วมาก	ช้า
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	15-20 %	15-20 %

ที่มา : (จิระพงษ์ คูหากาญจน์, 2548)

คุณสมบัติของถ่านจะแปรผันตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต การเก็บรักษาและการขนส่งถ่านไม้ ดังนี้ คือถ่านผลิตถ่านไม้ด้วยอุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน (slow carbonization) จะได้ถ่านไม้ที่มีคุณสมบัติ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ที่ดี

คุณสมบัติ	ถ่านไม้ที่ดี
มีคาร์บอนที่ถูกต้อง (fixed carbon)	ไม่น้อยกว่า 75%
มีสารระเหยได้ (volatile)	ไม่เกิน 25%
มีขี้เถ้า (ash)	ไม่เกิน 4%
มีถ่านปน (fine)	ไม่เกิน 10%
มีความชื้น (moisture)	ไม่เกิน 10%
มีค่าความร้อน (heating value)	ไม่น้อยกว่า 7,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
มีค่าความแข็ง (hardness)	ไม่น้อยกว่าระดับ 5
ต้องมีความพรุน (porosity) สูง	มีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตร/กรัม
มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ	มีค่าพีเอช ประมาณ 8-9

ที่มา : (จระพงษ์ กุหากาญจน์, 2548)

ถ่านไม้เมื่อนำออกจากเตาใหม่ ๆ มีความชื้นต่ำมาก (อาจต่ำกว่า 1%) แต่เมื่อสัมผัสกับอากาศภายนอกเตา ถ่านไม้จะมีการดูดซับความชื้นจากอากาศเข้าไปในตัวถ่านเอง อาจทำให้ความชื้นในถ่านไม้เพิ่มสูงถึง 10 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศในขณะนั้นหากผลิตถ่านไม้ด้วยเตาหลุมผิหรือเตาดินกลบและใช้น้ำดับถ่าน ถ่านไม้ที่ได้จะมีความชื้นสูงมาก และไม่เป็นที่ต้องการของผู้ซื้อ เนื่องจากติดไฟได้ยาก มีควันมาก และมีค่าความร้อนต่ำ เนื่องจากต้องสูญเสียความร้อนไปให้ระเหยน้ำในถ่านด้วย ถ่านไม้ที่มีคาร์บอนที่ถูกต้องสูง จะมีความแข็งสูงด้วยแต่จะแตกหักเป็นถ่านปนได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าต้องขนส่งหลายครั้ง

นอกจากนี้ถ่านไม้ที่ได้จากเนื้อไม้และเปลือกไม้ยังมีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วยเช่นกัน ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ จะเลือกใช้ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลูเลนซิส

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัส

คุณสมบัติ	เปอร์เซ็นต์ส่วนในล้านส่วน (ppm)												
	เถ้า	Si	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	S	Cl
เปลือกไม้	9.65	1.768	385	32,150	2,765	4,185	1,060	130	70	415	15	-	2,455
เนื้อไม้	0.356	0.004	169	910	320	1,911	336	28	56	90	9	-	910

ที่มา : (จิระพงษ์ ภูหากาญจน์, 2548)

2.6 ไม้ยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วในวงศ์ *Myrtaceae* ชื่อสามัญคือ gum tree มีจำนวนชนิดมากกว่า 500 ชนิด มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติกระจายอยู่ทั่วไปในประเทศออสเตรเลียและประเทศเพื่อนบ้านทางเหนือได้แก่ ปาปัวนิวกินี เกาะมินดาเนาตอนใต้ของประเทศฟิลิปปินส์ ติมอร์ และ อินโดนีเซีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกตั้งแต่ พ.ศ.2493 แต่เริ่มมีการทำแปลงทดสอบสายพันธุ์ และถิ่นกำเนิดตั้งแต่ปี พ.ศ.2508 ภายใต้โครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อผลิตเยื่อกระดาษ และได้ทำ การทดสอบต่าง ๆ เรื่อยมา โดยพบว่า *Eucalyptus camaldulensis* มีอัตราการรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีที่สุด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำ ฟืน ถ่าน เยื่อกระดาษ ไม้ค้ำยัน เสาเข็ม เฟอร์นิเจอร์ และไม้แปรรูป เป็นต้น ในประเทศไทยมีการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสกันอย่างแพร่หลาย พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากประมาณแสนกว่าไร่ ในปี พ.ศ.2526 (กรมป่าไม้, 2528) เป็นมากกว่าสองล้านห้าแสนไร่ในปัจจุบัน (สถาบันวิจัยและพัฒนา มก., 2542) และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอีกเพื่อสนองตอบต่อความต้องการใช้ไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้งภายใน และส่งออกนอกประเทศ เกษตรกรนิยมปลูกเนื่องจากเป็นไม้ปลูกง่าย โตเร็ว ลงทุนต่ำ เริ่มใช้ประโยชน์หรือได้ทุนคืนภายในระยะเวลาสั้น 4-5 ปี และมีการแตกหน่อได้ดี ปลูกครั้งหนึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างน้อย 3 รอบ (กฤษณา พงษ์พานิช, 2538) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส

ที่มา : <http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/yuka.php>

2.6.1 คุณสมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัส

ถ่านไม้ยูคาลิปตัสใช้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟได้ดีและมีเข้เล็กน้อย จากการทดลองไม้พินยูคาลิปตัส ให้พลังงานความร้อน 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัส ให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง ซึ่งจัดว่าเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด ดังรูปที่ 2.7

เมื่อทำการเผาถ่านด้วยไม้ยูคาลิปตัสด้วยเตาอิวาเตะแล้วจะมีการนำถ่านไม้ยูคาลิปตัสที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามค่ามาตรฐานของถ่าน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ มีปริมาณกำมะถันต่ำ เข้เล็กน้อย มีสิ่งเจือปนที่เป็นอนินทรีย์วัตถุต่ำ มีรูพรุน พื้นที่ผิวมากและสม่ำเสมอ มีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducer) ที่ดี มีปริมาณคาร์บอนที่ถูกตรึง นำไปเป็นเชื้อเพลิงไม่มีควัน ไม่แตกประทุให้ความร้อนสูง โดยถ่านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้วขึ้นไป แท่งถ่านมีขนาดยาวไม่แตกหักง่ายดังตารางที่ 2.5 (เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2549)



รูปที่ 2.7 ถ่านไม้ยูคาลิปตัส

ที่มา : <http://www.pantipmarket.com/view.php?id=O7017989>

โดยปกติผู้ผลิตถ่านต้องแยกถ่านเปลือกไม้ออกจากถ่านไม้ที่อยู่แล้ว ถ่านเปลือกไม้นี้เหมาะสมมากในการเป็นสารปรับปรุงดิน และปุ๋ย โดยเฉพาะพืชที่ไม่ได้ปลูกในดิน เช่น ถั่วเขียว และหน่อไม้ เพราะถ่านเปลือกไม้มีธาตุอาหารสูงและมีแร่ธาตุหลากหลายชนิด

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของถ่านไม้ชนิดต่าง ๆ

ลำดับที่	ชนิดไม้	ความหนาแน่น (density) (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	คาร์บอนที่ถุกตรึง (fixed carbon) (%)	สารระเหย (volatile matter) (%)	ขี้เถ้า (ash content) (%)	ค่าความร้อน (heating value) (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1	กระถินณรงค์ (<i>Acacia auriculiformis</i>)	0.41	71.1	24.0	4.9	7,240
2	สนประดิพัทธ์ (<i>Casuarina junghuniana</i>)	0.70	83.3	13.8	2.9	7,890
3	ยูคาลิปตัส (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	0.42	79.8	16.7	3.5	7,350
4	กระถินยักษ์ (<i>Leuceana leucocephala</i>)	0.44	78.3	18.9	2.7	7,430

ที่มา : (จิระพงษ์ คูหากาญจน์, 2548)

2.7 เตาเผาถ่านด้วยถัง 200 ลิตรแบบนอน

เป็นเตาเผาถ่านที่ดัดแปลงจากการใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร ให้สามารถเก็บกรดควันไม้ได้ เป็นเตาที่กำลังเป็นที่นิยมไปส่งเสริมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำแต่มีประสิทธิภาพในการเผาถ่านดี ให้ผลผลิตสูงถึง 20 % เผาได้ทั้งไม้เล็ก ไม้ใหญ่ หรือผลไม้ต่าง ๆ ใช้เวลาในการเผาไม่นาน และยังได้กรดควันไม้เป็นผลพลอยได้ซึ่งมีประโยชน์อย่างสูงในการเกษตร การปศุสัตว์ ดังรูปที่ 2.8

2.7.1 ข้อดีของเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบนอน

ประสิทธิภาพของเตา 200 ลิตรจะดีกว่าเตาผีหรือเตาหลุมทั่วไป เนื่องจากเตาผีหรือเตาหลุมจะควบคุมอากาศที่เข้าไปในเตายากหรือแทบไม่ได้ ไม้เล็กจะเผาไม่ได้เพราะจะกลายเป็นขี้เถ้า เผาได้เฉพาะไม้ใหญ่ ๆ จะได้เพียง 15 % แต่เตาเผาถ่าน 200 ลิตรจะได้ถ่านออกมาถึง 20-22 % โดยเตาเผาถ่าน 200 ลิตรจะใส่ฟืนประมาณ 70-80 กิโลกรัม และออกมาเป็นถ่าน 15-16 กิโลกรัม อีกทั้งถ่านที่ได้มีคุณภาพสูง ในด้านการลงทุนเรื่องวัสดุอุปกรณ์นั้นการใช้เตาเผาแบบนี้จะใช้เงินลงทุนไม่ถึง 500 บาท อุปกรณ์สามารถหาได้ไม่ยากในท้องถิ่น ในการเผาถ่านด้วยเตาเผาแบบนี้จะใช้เวลาเผาถ่านน้อยเพียง 8 ชั่วโมง กระบวนการเผาถ่านเสร็จสิ้น 16 ชั่วโมงเก็บถ่านได้ ซึ่งเตาเผาทั่วไปจะใช้เวลาเป็นสัปดาห์ขึ้นไป นอกจากนี้กรดควันไม้ที่เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านสามารถนำไปใช้ในการเกษตร การปศุสัตว์ และไม้ที่เผาในเตาจะไม่โดนไฟเลยทำให้ไม่เสี่ยงต่อการกลายเป็นขี้เถ้ามาก (จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี, 2548)

2.7.2 ข้อควรระวังในระหว่างการเผาถ่าน

- 1) ไม่ควรใส่เชื้อเพลิงหน้าเตามากเกินไป จะทำให้ไม้ด้านหน้าเตากลายเป็นขี้เถ้าก่อน
- 2) การควบคุมอากาศ หรือ หรีหน้าเตาเพื่อให้อากาศเข้าไปในเตาในจำนวนที่จำกัด เพราะถ้าอากาศเข้าไปมากจะทำให้ถ่านกลายเป็นขี้เถ้าได้ง่าย
- 3) การสังเกตสีของควันที่ปล่องควรมองในตำแหน่งไม่ย้อนแสง เพราะจะได้มองเห็นสีของควันได้อย่างชัดเจน และถูกต้อง
- 4) อย่าสัมผัสตัวเตา ขณะที่เตากำลังอยู่ในช่วงของไม้เปลี่ยนเป็นถ่าน ซึ่งอุณหภูมิในเตาจะสูงมาก พนักเตาด้านนอกมีความร้อนสูงเช่นกัน
- 5) การเก็บกรดควันไม้ควรเก็บอยู่ในช่วงที่อุณหภูมิปากปล่อง ประมาณ $82-120^{\circ}\text{C}$ ถ้าเก็บในอุณหภูมิต่ำกว่า 82°C จะมีน้ำปนออกมามาก ถ้าเก็บในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 120°C น้ำที่เก็บได้ก็จะมีส่วนผสมของน้ำมันดินมาก



รูปที่ 2.8 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร ชนิดแบบนอน

ที่มา : <http://lopburienenergy.igetweb.com/>

2.8 กรดควันไม้

กรดควันไม้ เป็นผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการเผาถ่าน ปริมาณกรดควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านแต่ละครั้ง ถ้าเป็นไม้สดที่ตัดทิ้งประมาณ 3-4 วันก่อนนำเข้าเตาหนัก 100 กิโลกรัม จะได้ผลผลิตจากการเผาถ่านประมาณ 25 กิโลกรัม และได้กรดควันไม้ดิบประมาณ 8 กิโลกรัม กรดควันไม้ดิบที่ได้สามารถทำให้มีคุณภาพดีได้

กรดควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟ ที่ได้มาจากการควบแน่น (condensed) ควันที่เกิดขึ้นจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง $300-400^{\circ}\text{C}$ สารประกอบต่างๆ ในเนื้อไม้จะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย (pyrolysis) แต่ถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300°C องศาเซลเซียส แม้ว่า เหมิเซลลูโลสจะสลายตัวแล้ว และเซลลูโลสกำลังเริ่มสลายตัว แต่ก็จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิเกิน 425°C องศาเซลเซียส น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งได้แก่ 3,4-benzopyrene และ 1,2,5,6-dibenzanthracene methyl cholinsrene แม้ว่าน้ำมันดินสามารถกำจัดออกไปได้ง่ายเมื่อนำมากลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ $60-70^{\circ}\text{C}$ แต่การนำมากลั่นซ้ำก็จะสูญเสียสารประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตร (พวงชมพู อุณจักร, 2549)

กรดควันไม้สามารถเก็บได้โดยอาศัยเครื่องมือง่าย ๆ โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจากปล่อง
 ดักควันที่มีอุณหภูมิสูงสู่อากาศรอบปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันก็จะควบแน่นเป็น
 หยดน้ำ นำมารวบรวมและทำให้บริสุทธิ์ขึ้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

จุดสำคัญของการเก็บกรดควันไม้ก็คือ ต้องให้ปล่องดักควันอยู่ห่างจากปากปล่องควันของเตา
 ผลิตถ่าน 20–30 เซนติเมตร หากทั้งสองส่วนเชื่อมต่อกันโดยตรงจะเท่ากับเป็นการต่อความยาวให้กับ
 ปล่องควันของเตา ซึ่งจะมีผลกระทบไปถึงการไหลเวียนของอากาศภายในเตา และส่งผลถึงคุณภาพและ
 ผลผลิตของถ่านไม้ด้วย

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บกรดควันไม้ต้องทำจากวัสดุทนกรด เช่น เหล็กไร้สนิม (stainless steel) ซึ่งมี
 ราคาแพง ดังนั้นหากต้องการเก็บกรดควันไม้จากเตาผลิตถ่านที่มีปล่องควันหลายจุด ก็จะต้องลงทุนสูง
 กว่าเตาผลิตถ่านที่มีปล่องควันจุดเดียว เช่น เตาอิวาเตะ ผลผลิตของกรดควันไม้ที่ได้จากการเก็บโดยการ
 ระบายความร้อนด้วยอากาศจะได้ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไม้ฟืน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการ
 ทำให้บริสุทธิ์ก็จะเหลือผลผลิตเพียงประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ หากต้องการเพิ่มผลผลิตของกรดควันไม้
 สามารถทำได้โดยการนำท่อหล่อเย็นติดตั้งในปล่องดักควันก็จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอาจได้ถึง 15
 เปอร์เซ็นต์ และได้รับความร้อนจากสารที่ใช้หล่อเย็นซึ่งอาจใช้น้ำหรืออากาศ ก็ได้น้ำร้อนหรืออากาศ
 ร้อนมาใช้ประโยชน์ อย่างอื่นได้ (คมสัน, 2548)

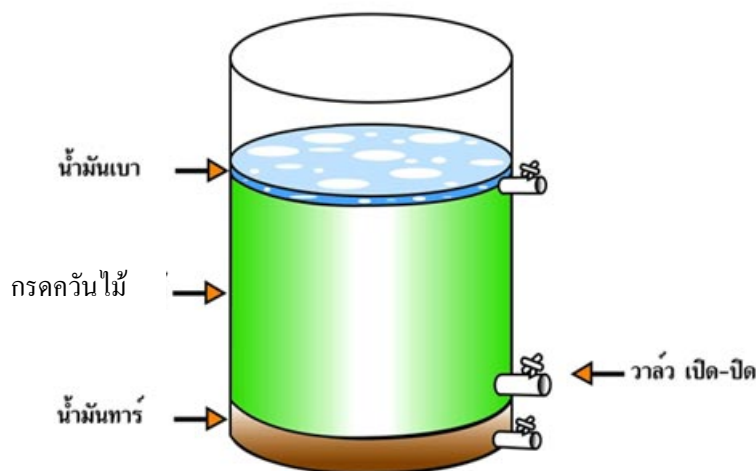
อลงกรณ์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องเก็บกรดควันไม้เพื่อใช้น้ำร้อนที่ชุมชน
 เครือข่ายภาคอีสานที่จังหวัดบุรีรัมย์ โดยเครื่องนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วน cooling tank ส่วนนี้จะ
 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนในน้ำที่ไหลเวียนบริเวณแท่งกรวยเก็บกรดควันไม้ เพื่อให้ น้ำที่
 อุณหภูมิสูงขึ้นเย็นตัวลง cooling tank มีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม กว้าง 80 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร
 โครงสร้างในตัว cooling tank จะมีแผงตัว cooling ซึ่งมีพัดลมขนาด 30 วัตต์ 1 ตัว จะมีท่อพีวีซีต่อจากใน
 cooling tank ไปที่หัวกรวย เป็นท่อพาน้ำไหลเวียน ปริมาณน้ำที่สามารถไปบรรจุใน cooling tank เพื่อ
 ไหลเวียนจะเป็น 20 ลิตร ส่วนที่สอง เป็นแท่งกรวยสแตนเลส น้ำเวียนเพื่อหล่อเย็น ตัวหัวกรวยจะมีขา
 ตั้งเพื่อใช้ครอบปล่อง มีน้ำเย็นจากท่อพีวีซีมาไหลผ่านผิวกรวยด้านบน เส้นผ่าศูนย์กลางปากกรวย 40
 เซนติเมตร กรวยสูง 30 เซนติเมตร ขอบรายน้ำของกรวยขนาดด้านในกว้าง 1 นิ้ว ด้านนอกกว้าง 1 นิ้ว

โดยในช่วงที่อุณหภูมิเตาอยู่ที่ 80-120 °C ช่วงนั้นเป็นช่วงที่ต้องเก็บกรดควันไม้ให้ได้มากที่สุด
 ถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการควบแน่นเองจะช้าและมีส่วนหนึ่งระเหยทิ้งไป ตัวเครื่องเก็บกรดควันไม้นี้จะเอา
 หัวกรวยไปตั้งครอบปล่องควันไว้ เมื่อมีควันขึ้นจากปล่องก็จะปล่อยน้ำเย็นมาหล่อเย็นที่หัวกรวย เมื่อน้ำ
 ผ่านหัวกรวย น้ำที่เริ่มร้อนขึ้นก็จะถูกพามาตามท่อพีวีซีเพื่อเข้าไปใน cooling เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน

ระบายความร้อนออกจากพัดลมที่ cooling tank น้ำเย็นก็จะไหลกลับมาไหลเวียนที่หัวกรวยต่อวนเวียนไปตลอด เมื่อมีการควบแน่นแล้วก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้กรวย กรดควันไม้ก็จะไหลไปตามความเอียงของกรวย ซึ่งข้างในกรวยจะมีร่องน้ำรอบขอบกรวยด้านล่างสำหรับเก็บกรดควันไม้แล้วกรดควันไม้ก็จะไหลผ่านท่ออย่างที่ต่อเชื่อมไว้กับร่องเก็บเพื่อโอนถ่ายไปสู่ภาชนะเก็บ

2.8.1 การทำกรดควันไม้ให้บริสุทธิ์

กรดควันไม้ที่ได้จากการเก็บจากเตาผลิตถ่านยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นถ่านไม้ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตาแต่จะเริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบนแล้วแผ่กระจายมายังหลังเตาด้านล่างดังนั้นควันที่ออกมาจากปล่องควันจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและควันอุณหภูมิสูง และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 310°C ลิกนินก็จะเริ่มสลายตัวโดยจะมีน้ำมันดิน และสารระเหยง่ายปนออกมาด้วยน้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรไม่ได้ เพราะจะไปปิดปากใบพืชและเกาะติดรากพืชทำให้พืชเจริญเติบโตช้าหรือตายได้ดังนั้น การทำให้กรดควันไม้บริสุทธิ์นั้น สามารถทำได้ 3 วิธีการ คือหนึ่ง ปล่องให้ตกตะกอน โดยนำกรดควันไม้มาเก็บในถังทรงสูงซึ่งมีความสูงมากกว่าความกว้าง ประมาณ 3 เท่า ดังรูปที่ 2.9 โดยทิ้งให้ตกตะกอนนาน ประมาณ 90 วัน กรดควันไม้ก็จะตกตะกอนแบ่งเป็น 3 ชั้นโดยชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวสีน้ำตาลคือ กรดควันไม้และชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวข้นสีดำคือน้ำมันดิน หากนำผงถ่านมาผสม ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักผงถ่านก็จะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดินให้ตกตะกอนลงสู่ชั้นล่างสุดในเวลาที่รวดเร็วขึ้นเพียงประมาณ 45 วันเท่านั้น



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของกรดควันไม้ที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่อยควัน
นำมาไว้ในถังตั้งตกตะกอน

ที่มา : (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2548)

ระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอนสารประกอบในกรดควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน เปลี่ยนสารประกอบใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น พอร์มาดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับกินอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดินแล้วตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังของถังเก็บ ดังนั้นหากนำกรดควันไม้มากรองโดยไม่ให้ตกตะกอนเสียก่อนก็จะเกิดน้ำมันดินใหม่ได้ทั้ง ๆ ที่ได้ผ่านการกรองแล้วถึงเก็บควรมีวาล์ว 3 ระดับคือ ระดับบนมีไว้สำหรับแยกน้ำมันในระดับกลางมีไว้สำหรับเก็บกรดควันไม้และกันถังสำหรับถ่ายน้ำมันดินแต่ถ้าใช้ถังช่วยตกตะกอนมีเพียงระดับกลางก็พอเมื่อแยกกรดควันไม้เสร็จแล้วต้องยกถังเพื่อเทผงถ่านผสมน้ำมันดินออกเพราะผงถ่านผสมน้ำมันดินไม่สามารถไหลผ่านวาล์วได้ผงถ่านผสมน้ำมันดิน สามารถนำไปใช้โรยรอบอาคารเพื่อป้องกันสัตว์ต่าง ๆ เช่น มด ปลวก ตะขาบ และจะสลายตัวได้เองภายในเวลาไม่นานนักแต่ห้ามทิ้งลงแหล่งน้ำเด็ดขาด

หลังจากตกตะกอนจนครบกำหนดแล้วนำกรดควันไม้มากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรองแล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ กรดควันไม้ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยการดูความใสหากมีน้ำมันดินเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ กรดควันไม้จะขุ่นและมีสีดำ กรดควันไม้ที่ดีจะมีลักษณะใสสีขาวหรือน้ำตาลแดง แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้

วิธีที่สองในการทำกรดควินไม์ให้บริสุทธิ์โดยวิธีการกรอง โดยใช้ผ้ากรองหรือถังกรองที่ใช้ผง ถ่านกัมมันต์ซึ่งจะได้คุณสมบัติแตกต่างกันไปเพราะถ่านกัมมันต์ จะลดความเป็นกรดของกรดควินไม์ และจะใช้วิธีการนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการทำอุตสาหกรรม

วิธีที่ สามในการทำกรดควินไม์ให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นซึ่งทำได้ทั้งการกลั่นในความดัน บรรยากาศและกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารหนึ่งสารใดในกรด ควินไม์ มาใช้ประโยชน์ มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

2.8.2 คุณสมบัติของกรดควินไม์

กรดควินไม์แตกต่างจากน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้มอื่นๆ ที่ได้จากการหมัก หรือสังเคราะห์อื่นๆ คือมีสารประกอบหลากหลายกว่า โดยเฉพาะฟีนอล (phenol) ซึ่งได้จากการสลายตัวของลิกนิน (lignin) กรดควินไม์ที่ได้จากไม้ต่างชนิดก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย เช่น กรดควินไม์ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส จะมีความเป็นกรดต่ำและมีสีใสแต่มีเมทานอล (methanol) สูงกว่าไม้กระถินยักษ์หรือไม้สะเดา กรดควินไม์มีสารประกอบต่างๆ มากกว่า 200 ชนิด ซึ่งได้จากการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อนเกิดเป็น สารประกอบใหม่หลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้จากการสลายตัวของ เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ส่วนฟีนอลได้จากการสลายตัวของลิกนิน

กรดควินไม์มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์อื่น ๆ อีกประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอช ประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะ ประมาณ 1.012 – 1.024 (คมส้น, 2548) ดังแสดงในตารางที่ 2.6 แสดงถึงคุณสมบัติของกรดควินไม์ที่มี คุณภาพดี

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของกรดคว้นไม้ที่มีคุณภาพดี

คุณสมบัติ	กรดคว้นไม้	กรดคว้นไม้ ที่ผ่านการกลั่น
ค่าพีเอช	1.5-3.7	1.5-3.7
ความถ่วงจำเพาะ	1.005	1.001
ความเป็นกรด	1-18%	1-18%
สี	- เหลือง, น้ำตาลแดงจาง และ น้ำตาลแดง	ไม่มีสี, เหลืองจางและ น้ำตาลแดงจาง
ความใส	ใส	ใส
สารแขวนลอย	ไม่มี	ไม่มี

ที่มา : (สมาคมน้ำส้มคว้นไม้ญี่ปุ่น, 2544)

สารประกอบที่สำคัญในกรดคว้นไม้มีคุณสมบัติต่างกัน ดังนี้

1. กรดน้ำส้ม เป็นตัวกัดกร่อน มีความเปรี้ยวใช้ฆ่าเชื้อโรคได้
2. กรดมด ตัวทำลาย ช่วยในการปรับตัวของดินดีขึ้น
3. เมทานอล แอลกอฮอล์ที่ดื่มกินไม่ได้ เร่งการงอกของเมล็ดและราก ใช้ฆ่าเชื้อโรคได้
4. ฟอรัลดีไฮด์ มีคุณสมบัติเป็นพิษ (ถ้าสูดดมจะทำให้เป็นลมได้) มีพิษสูงในการฆ่าเชื้อโรคและแมลง เป็นตัวควบคุมระยะจับ ยับยั้ง
5. อะซีโตน สารละลายวัตถุ ใช้ทำน้ำยาทาเล็บและเป็นสารเสพติด
6. ฟีนอลสารฆ่าแมลงใช้ล้างแผลทำยาจำพวกแอสไพรินและทำวัตถุหลอมเหลว นอกจากนี้ยังเป็นกลุ่มที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (คมสัน, 2548)

2.8.3 การเก็บรักษากรดคว้นไม้

มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (2547) กรดคว้นไม้ที่ได้จากการดักเก็บจะไม่นำไปใช้ประโยชน์ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านไม้ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา ดังนั้นควันที่เกิดขึ้นจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันที่อุณหภูมิต่ำและสูง ดังนั้นจะมีน้ำมันดิน และสารระเหยง่ายปนออกมาด้วย น้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรไม่ได้เพราะจะไปปิดปากใบของพืช และเกาะติดราก

พืชทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ นอกจากนั้นหากแหล่งพื้นดินจะทำให้ดินแข็งเป็นดาน รากพืชไม่สามารถไปลงดินได้ ดังนั้นเมื่อเก็บกรดคว้นไม้แล้วต้องทิ้งช่วงและมีการทำให้กรดคว้นไม้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์อย่างน้อย 3 เดือน โดยต้องเก็บในที่เย็นร่มหรือเก็บไว้ในภาชนะทึบแสงและไม่มีสิ่งรบกวนหากเก็บไว้ที่โล่งแจ้งกรดคว้นไม้จะทำปฏิกิริยากับอากาศและรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงอาทิตย์กลายเป็นน้ำมันดินซึ่งในน้ำมันดินก็จะมีสารก่อมะเร็งด้วยและหากนำไปใช้กับพืช น้ำมันจะจับกับใบไม้ ทำให้ดินไม้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ดี กรดคว้นไม้ไม่มีสารประกอบต่างๆ มากมายเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจะมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้คือ เป็นสารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารเร่งการเติบโตของพืชบริเวณ ส่วนราก ลำต้น หัว ใบและดอกผลของพืชบางชนิด การใช้กรดคว้นไม้ราดในดินปลูกพืช จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากไส้เดือนฝอย เชื้อรา นอกจากนั้นกรดคว้นไม้ยังมีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนพืชและในบางกรณีเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตส่วนต่างๆ ของพืชเมื่อใช้กรดคว้นไม้ในอัตราส่วนที่มากน้อยต่างกัน ไปกรดคว้นไม้จะมีพืชต่อพืชเมื่อราดลงดินในปริมาณสูงกว่ากำหนด

2.8.4 การใช้ประโยชน์จากกรดคว้นไม้

ชนิชฐ (2546) รายงานว่ากรดคว้นไม้มีสารประกอบต่างๆ มากมายหลายชนิดจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น

1. อุตสาหกรรม

1.1) ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัวโดยเฉพาะในญี่ปุ่นมีการนำกรดคว้นไม้มาผลิตสารดับกลิ่นตัวมากกว่าปีละ 1 ล้านลิตร

1.2) ใช้ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากราและแมลง

1.3) ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันทานอาหารเสริมการทำงานของตับ

2. ใช้ในครัวเรือน

กรดคว้นไม้จัดว่าเป็นสาร สารพัดประโยชน์ที่เหมาะสมจะมีไว้ติดบ้าน สามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ดังนี้

2.1) ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อนและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้า และเชื้อราที่ผิวหนัง

2.2) ผสมน้ำ 50 เท่า ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ แมงป่อง กิ้งกือ

2.3) ผสมน้ำ 200 เท่า ฉีดพ่นใบไม้ เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อรา และโรคโคนต้นเพื่อ
เร่งการเจริญเติบโต

3. ใช้ในการเกษตร

กรดคว้นไม้ที่มีความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรงเนื่องจากมีความเป็นกรดสูงและมีสารประกอบ เช่น เมทานอลและฟีนอล ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ดีเมื่อนำมาเจือจาง 200 เท่า จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial microbe) จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากได้รับสารจากกรดน้ำส้ม (acetic acid) กรดคว้นไม้จึงสามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี เช่น

3.1) ใช้ทำปุ๋ยคุณภาพสูง โดยใช้กรดคว้นไม้เข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ หมักกับหอยเชอรี่บด เศษปลา เศษเนื้อ หรือกากถั่วเหลือง โดยใช้โปรตีนต่าง ๆ 1 กิโลกรัม ต่อกรดคว้นไม้ 2 ลิตร หมักนาน 1 เดือน แล้วกรองกากออก เวลาใช้ผสมน้ำ 200 เท่า ใช้หมักกับสมุนไพร เช่น เมล็ดและใบสะเดา หางไหลแดง ข่าแก่ ตะไคร้หอม ฯลฯ เพื่อเพิ่มฤทธิ์ของกรดคว้นไม้ในการไล่แมลงและป้องกันโรค และสามารถเก็บสารละลายนี้ไว้ได้นานโดยไม่บูดเน่า

4. ใช้ในปศุสัตว์

4.1) ใช้ลดกลิ่นและแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ โดยการใช้ครั้งแรกควรผสมน้ำ 100 เท่าหลังจากนั้นเพิ่มเป็นผสมน้ำ 200 เท่า จะกำจัดกลิ่นและลดจำนวนแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2) ใช้ผสมอาหารสัตว์ เพื่อช่วยการย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย แต่การให้โดยตรงโดยการผสมน้ำสัตว์จะรังเกียจกลิ่นคว้นไฟ ควรนำไปผสมกับผงถ่านเสียก่อน โดยนำกรดคว้นไม้ 2 ลิตร ผสมกับผงถ่าน 8 กิโลกรัม แล้วนำผงถ่านที่ชุ่มด้วยกรดคว้นไม้ไปผสมอาหารสัตว์ 990 กิโลกรัม ก็จะได้อาหารสัตว์ 1 ตันพอดี (คมสัน, 2548)

2.8.5 ข้อควรระวังในการใช้กรดคว้นไม้

1) ก่อนนำกรดคว้นไม้ไปใช้ต้องทิ้งไว้หลังจากดักเก็บอย่างน้อย 3 เดือนเพื่อให้เกิดการตกตะกอนแยกเฉพาะส่วนที่เป็นกรดคว้นไม้สำหรับนำไปใช้

2) เนื่องจากกรดคว้นไม้มีความเป็นกรดสูง ควรระวังอย่าให้เข้าตา

3) กรดควันไม้ไม่ใช่ปุ๋ยแต่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นการนำไปใช้ด้านเกษตรจะเป็นตัวเสริมประสิทธิภาพให้กับพืชแต่ไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยได้

4) การใช้กรดควันไม้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดินที่เป็นโทษกับพืช ควรทำก่อนการเพาะปลูกพืชอย่างน้อย 10 วัน

5) การนำกรดควันไม้ไปใช้ต้องผสมน้ำให้เจือจางตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด หากใช้กับพืชกินใบควรฉีดพ่นได้ใบเนื่องจากจะช่วยขับไล่แมลงได้ใบ

6) การฉีดกรดควันไม้เพื่อช่วยให้ดอกติดผล ควรฉีดก่อนที่ดอกจะบาน เนื่องจากหากฉีดหลังจากดอกบานจะทำให้แมลงไม่เข้ามาผสมเกสรเพราะกลิ่นของกรดควันไม้และดอกจะหลุดร่วงง่าย (คมสัน, 2548)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชญาณิชฐ์ รวมตะคุ และคณะ (2547) ได้ศึกษาผลของการใช้กรดควันไม้ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยทำการทดลองโดยปลูกข้าวในบ่อซีเมนต์ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2546 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ การทดลองมี 11 กรรมวิธี ดังนี้; 1) ไม้พ่นกรดควันไม้ (กรรมวิธีควบคุม); 2) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 200; 3) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 250; 4) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 300; 5) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 350 ; 6) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 400 ; 7) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 500 ; 8) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 600; 9) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 800; 10) กรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 1,000 และกรรมวิธีที่ 11 ฉีดพ่นกรดควันไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 1,000 ทุกๆ 7 วัน โดยกรรมวิธีที่ 2 ถึง กรรมวิธีที่ 10 ฉีดพ่นกรดควันไม้ทุกๆ 15 วันจนถึง 15 วันก่อนเก็บเกี่ยว โดยเป็นการฉีดพ่นทางใบ โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 14 วันหลังปักดำ และใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก (30 วันก่อนข้าวออกดอก) จากผลการทดลองพบว่าการใช้กรดควันไม้ไม่มีผลทำให้ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน องค์ประกอบผลผลิต และ ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้กรดควันไม้ในอัตราส่วน กรดควันไม้ต่อน้ำ 1:300-350 มีแนวโน้มทำข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อกอดีขึ้น

ศิริวรรณ ทิพรักษ์ และคณะ (2550) ได้ศึกษาผลของการใช้กรดควินไม้ร่วมกับปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตข้าวอินทรีย์ ในการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ RCBD 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ไม่ใช้กรดควินไม้ และไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม); 2) กรดควินไม้ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ 300 กิโลกรัมต่อไร่; 3) กรดควินไม้ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ 600 กิโลกรัมต่อไร่; 4) กรดควินไม้ร่วมกับปุ๋ยมูลวัว 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5) กรดควินไม้ร่วมกับปุ๋ยมูลวัว 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ โดยในกรรมวิธีที่ 2 ถึง 5 ทำการฉีดพ่นกรดควินไม้ต่อน้ำ อัตรา 1 ต่อ 300 ที่ใบข้าวทุก 15 วัน หลังปักดำ ใส่ปุ๋ยคอกที่ 10 วัน ก่อนปักดำ และใส่แต่งหน้าในระยะกำเนิดช่อดอก 100 กิโลกรัมต่อไร่ ในกรรมวิธีที่ใส่มูลไก่ และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ในกรรมวิธีที่ใส่มูลวัว ผลการทดลองพบว่า ที่ระยะแตกกอสูงสุด การฉีดพ่นกรดควินไม้ให้แก่ข้าวร่วมกับใส่มูลไก่ 300 และ 600 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในระยะที่ข้าวออกดอก 75 เปอร์เซ็นต์ กรดควินไม้และปุ๋ยคอกไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็มีแนวโน้มสูงกว่าการไม่ฉีดพ่นกรดควินไม้และไม่ใส่ปุ๋ย การฉีดพ่นใบข้าวด้วยกรดควินไม้ร่วมกับการใส่มูลไก่ 300 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 821 กิโลกรัมต่อไร่ในขณะที่ข้าวจากกรรมวิธีควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ย 415 กิโลกรัมต่อไร่

ดร.ณิ โชติขจร และ คณะ (2549) ได้ศึกษาผลของกรดควินไม้ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์เมล็ดโต โดยทำการทดลองทั้งในสภาพการผลิตฤดูแล้ง และในสภาพการผลิตฤดูฝน ณ หอดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองในฤดูแล้ง ระหว่างเดือน มกราคม-มิถุนายน 2548 โดยใช้แผนการทดลองแบบ split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดย main plot ประกอบด้วย 1. การปลูกเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในแปลงปลูกถั่วลิสง และ 2. ไม่มีการปลูกเชื้อรา ในแปลง ส่วน sub plot เป็นระดับความเข้มข้นของกรดควินไม้ที่ใช้ (กรดควินไม้: น้ำ, โดยปริมาตร) ฉีดพ่นทางใบ 4 ระดับ ได้แก่ 1) ไม่ใช้กรดควินไม้ (วิธีควบคุม); 2) 1:500; 3) 1:300; และ 4) 1:200 โดยในทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีที่ 1 ทำการราดกรดควินไม้ทางดิน ในอัตรา 1:20 (450 ลิตร/ไร่) 3 วันก่อนปลูก และการฉีดพ่นกรดควินไม้ทางใบทุก 15 วัน ตั้งแต่ 20 วันหลังออกจนถึง 15 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (100-170 ลิตร/ไร่ ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต) ผลการทดลองพบว่า การใช้กรดควินไม้ในอัตรา 1:200 ฉีดพ่นทางใบมีผลทำให้ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวม (กรัม/ต้น) ที่ระยะเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การฉีดพ่นกรดควินไม้ไม่มีผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ การฉีดพ่นกรดควินไม้ที่อัตรา 1:300 มีแนวโน้มที่ทำให้ จำนวนฝัก/ต้น เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และผลผลิตถั่วลิสงพันธุ์

ขอนแก่น 60-3 สูงขึ้น โดยถั่วลิสงมีผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ย 143 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดคว้นไม่มีผลผลิตเฉลี่ย 117 กิโลกรัม/ไร่ อย่างไรก็ตาม การฉีดพ่นกรดคว้นไม่ในความเข้มข้นที่สูงขึ้นเป็น 1:200 แม้จะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่ดี แต่กลับทำให้ผลผลิตมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดคว้นไม่ที่ 1:300 โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 124 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนถั่วลิสงจากแปลงที่มีการปลูกเชื้อราและไม่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* มีผลผลิตไม่แตกต่างกัน ทำการทดลองซ้ำในฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2548 โดยมีแผนการทดลองและวิธีการทดลอง เช่นเดิมยกเว้น main plot ประกอบด้วยพันธุ์ถั่วลิสงชนิดเมล็ดโต 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ขอนแก่น 60-3 และพันธุ์ มข.60 และปลูกเชื้อ *A. flavus* ในทุกแปลงในช่วงเตรียมดิน ราวกรดคว้นไม่ทางดิน ในอัตรา 1:20 (450ลิตร/ไร่) ตามกรรมวิธีหลังการปลูกเชื้อ 3 วัน ปลูกถั่วลิสงในวันที่ 25 กรกฎาคม 2548 ซึ่งเป็นระยะ 7 วัน หลังการราวกรดคว้นไม่ ผลการทดลองพบว่า การใช้กรดคว้นไม่ในอัตราส่วนต่างๆ ไม่มีผลทำให้การสะสมน้ำหนักรวม (กรัม/ต้น) ของถั่วลิสงที่อายุ 60 วัน และที่ระยะเก็บเกี่ยวภายใต้สภาพการผลิตฤดูฝน แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า การใช้กรดคว้นไม่มีผลทำให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดีขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 มีการสะสมน้ำหนักรวมสูงกว่าพันธุ์ มข.60 การใช้กรดคว้นไม่ไม่มีผลทำให้จำนวน ฝัก/ต้น ผลผลิตฝักแห้ง เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และน้ำหนัก 100 เมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในพันธุ์ขอนแก่น 60-3 และ พันธุ์ มข.60 แต่อย่างไรก็ตาม การใช้กรดคว้นไม่ในอัตรา 1:300 มีแนวโน้มที่ทำให้จำนวนฝักทั้งหมดของถั่วลิสงผลผลิตฝักแห้ง เปอร์เซ็นต์กะเทาะเพิ่มขึ้น การใช้กรดคว้นไม่ในอัตรา 1:300 ทำให้ถั่วลิสงมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสงทั้งสองพันธุ์ที่ได้รับการฉีดพ่นกรดคว้นไม่ในอัตรา 1: 200 และไม่ฉีดพ่นกรดคว้นไม่มีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า พันธุ์ มข. 60 มี ผลผลิตฝักแห้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยว สูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองทั้ง 2 การทดลองสรุปได้ว่า การฉีดพ่นกรดคว้นไม่ทำให้ถั่วลิสง มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่ดีขึ้นการใช้ในอัตรา 1:200 ทำให้ถั่วลิสงสะสมน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้ในอัตรา 1:300 ทำให้ถั่วลิสงมีแนวโน้มที่มีผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตที่ดีขึ้น และทำให้ถั่วลิสงมีดัชนีการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดร.ณิ โชติษฐยางกูรและคณะ (2550) ได้ศึกษาผลของกรดคว้นไม่ต่อการทำลายของเชื้อราดินเพื้อื้อไฟ และปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงเมล็ดโต โดยทำการทดลองทั้งในสภาพการผลิตฤดูแล้ง และในสภาพการผลิตฤดูฝน การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองในฤดูแล้ง ณ หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นระหว่างเดือน มกราคม-มิถุนายน 2548 โดยใช้แผนการทดลองแบบ split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดย main plot ประกอบด้วย 1. การปลูก

เชื้อรา *Aspergillus flavus* ในแปลงปลูกถั่วลิสง และ 2. ไม่มีการปลูกเชื้อราในแปลง ส่วน sub plot เป็นระดับความเข้มข้นของกรดควินไม์ที่ใช้ (กรดควินไม์: น้ำ, โดยปริมาตร) นีดพ่นทางใบ 4 ระดับ ได้แก่ 1) ไม่ใช้กรดควินไม์วิธีควบคุม, 2) 1:500; 3) 1:300; และ 4) 1:200 โดยในทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีที่ 1 ทำการราดกรดควินไม์ในอัตรา 1:20 ทางดิน (450 ลิตร/ไร่) 3 วันก่อนปลูก และการนีดพ่นกรดควินไม์ทางใบทุก 15 วันตั้งแต่ 20 วันหลังออกจนถึง 15 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (100-170 ลิตร/ไร่ ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต) ผลการทดลองพบว่า การใช้กรดควินไม์นีดพ่นทางใบไม่มีผลทำให้จำนวนประชากรของเพลี้ยไฟ เมื่อสุ่มตรวจสอบที่ 60 วันหลังปลูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยประชากรของเพลี้ยไฟมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีการนีดพ่นกรดควินไม์ในอัตรา 1:300 แต่ในทางตรงกันข้าม การนีดพ่นกรดควินไม์ในความเข้มข้นสูงคือ 1:200 กลับพบว่าประชากรของเพลี้ยไฟเพิ่มขึ้น และการใช้กรดควินไม์ในความเข้มข้น 1:300 ทำให้ผลผลิตฝักเสียหายเนื่องจากการเข้าทำลายของเสี้ยนดินมีแนวโน้มลดลง การใช้กรดควินไม์ไม่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* ในเมล็ดที่ระยะเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งที่ระยะเก็บเกี่ยว เมล็ดจากแปลงที่มีการนีดพ่นกรดควินไม์หรือไม่ก็ตาม มีปริมาณการปนเปื้อนค่อนข้างสูงแต่อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงจากแปลงที่มีการนีดพ่นกรดควินไม์ในอัตรา 1:300 มีแนวโน้มมีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินต่ำสุด และสูงสุดในถั่วลิสงจากแปลงที่ได้รับการนีดพ่นกรดควินไม์ 1:200 ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 จากแปลงที่มีการปลูกเชื้อ และ ไม่มีการปลูกเชื้อ มีการตอบสนองต่อการใช้กรดควินไม์ที่คล้ายคลึงกันทำการทดลองซ้ำในฤดูฝนต่อมา ระหว่างเดือน กรกฎาคม-ธันวาคม 2548 โดยมีแผนการทดลองและวิธีการทดลองเช่นเดิมยกเว้น main plot ประกอบด้วยพันธุ์ถั่วลิสงชนิดเมล็ดโต 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ขอนแก่น 60-3 และพันธุ์ มข.60 และปลูกเชื้อ *A. flavus* ในทุกแปลงในช่วงเตรียมดิน ผลการทดลองพบว่า การใช้กรดควินไม์ ไม่มีผลต่อปริมาณเพลี้ยไฟ และปริมาณผลผลิตที่ทำลายโดยเสี้ยนดิน แต่อย่างไรก็ตามประชากรของเพลี้ยไฟพบในปริมาณค่อนข้างน้อย การราดกรดควินไม์ทางดินก่อนปลูก และการนีดพ่นกรดควินไม์ทางใบไม่มีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* ในดิน แต่การปนเปื้อนในดินหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณที่ลดลง ส่วนการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* ในเมล็ดถั่วลิสงพบว่าเมล็ดถั่วลิสงจากแปลงที่ไม่มีการนีดพ่นกรดควินไม์มีการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งสองชนิดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้กรดควินไม์ไม่มีผลต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินโดยเมล็ดถั่วลิสงจากทุกกรรมวิธีมีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินในปริมาณค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus*, *A. parasiticus* และ สารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 มากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปนเปื้อนจะเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 1 เดือน ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง

จูไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และ คณะ (2548) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดวันไม้จาก จี๊เลื่อยไม้ ยางพารา โดยจี๊เลื่อยไม้ยางพาราจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะถูกนำไปผ่านการร่อนตะแกรงเพื่อคัดขนาด และถูกนำไปทดสอบหาความชื้นและองค์ประกอบโดยวิธี proximate analysis จากนั้นนำจี๊เลื่อยเข้าสู่ เครื่องปฏิกรณ์เพื่อทำการกลั่นสลายไม้ที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียสภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน น้ำมันดินและแก๊สต่างๆที่ได้จากการกลั่นสลายไม้ จะถูกนำไปเข้าสู่เครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็น กรดวันไม้ดิบที่เก็บได้จะถูกนำไปหา yield พีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะ รวมทั้งการหาองค์ประกอบที่สำคัญในกรดวันไม้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อ yield ที่ได้ แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปแล้ว คุณภาพของกรดวันไม้จะลดลง เพราะมีการปนเปื้อนของทาร์ในกรดวันไม้สูงมาก นอกจากนี้ ค่าพี เอชมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะของกรดวันไม้ที่เก็บจาก เตาเผาโดยตรงมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับกรดวันไม้ดิบที่ผ่านการแยกเบื่องต้นจะถูกนำมา วิเคราะห์เพื่อหาช่วงอุณหภูมิเดือดโดยใช้ ASTM D-86 พบว่าช่วงอุณหภูมิเดือดเป็น 98–118 องศา เซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อหาชนิดและองค์ประกอบทางเคมีจะใช้เครื่อง GC-MS และ GC โดยผลจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บกรดวันไม้จาก จี๊เลื่อยไม้ยางพาราควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 350-400 °C โดยมีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิติก 93.847–126.471 กรัมต่อลิตร เมทานอล 0.412–1.769 กรัมต่อลิตร อะซิโตน 0.013-0.024 กรัมต่อลิตร และ ฟีนอล 0.097–0.100 กรัมต่อลิตร

Akio Yasuhara and Ginji Sugiura (1987) ได้ศึกษาสารประกอบที่ระเหยได้ใน กรดไพโรลิกเนียส ที่ได้จากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการเผาไม้ Karamatsu และ ไม้ Chishima-sasa เพื่อทำการตรวจสอบหา องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS ซึ่งในการสกัดส่วน basic fraction นั้นพบ สารประกอบ 118 ชนิดโดยจะเป็นพวก Cyclic ketones , acyclic ketones, pyridine, pyrazine และ furan ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบเป็นส่วนใหญ่ และพบ สารประกอบอีก 69 ชนิดในการสกัดส่วน acidic fraction โดยมากจะเป็นสารประกอบกลุ่ม carboxylic acids และ phenol compounds ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างไม้ทั้งสองชนิดนี้พบว่ามีความเข้มข้นไม่แตกต่างกันในส่วน ของสารประกอบกลุ่ม alkyl phenols แต่ จะมีความเข้มข้นของ 2-methoxyphenol และ 2,6 dimethoxyphenol แตกต่างกัน

พวงชมพู ลุนจักร (2549) ได้ศึกษาการใช้กรดวันไม้ควบคุมไข่ ตัวอ่อน และดักแด้แมลงวัน บ้าง พบว่า กรดวันไม้ที่อัตราความเข้มข้น 10 : 200 เป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถควบคุม ไข่แมลงวันได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือความเข้มข้น 5 : 200 , 1 : 200 และ 0 : 200 มีอัตราการตาย เท่ากับ 96.66 , 68.33 และ 8.33 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p < 0.05$) ในระยะตัวอ่อน กรดคว้นไม้ไม่สามารถฆ่าตัวอ่อนแมลงวันได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม ซึ่งมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในระยะดักแด้ กรดคว้นไม้ อัตราความเข้มข้น 30 : 200 มีผลทำให้ดักแด้ฝ่อ และไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้ดีที่สุด อัตราการตายคือ 4.66 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือความเข้มข้น 25:200, 20:200, 15:200, 10:200, 5:200, 1:200 และ 0:200 ซึ่งมีอัตราการตายเท่ากับ 3.33, 2.66, 2.33, 1.66, 1.33, 0.66 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งอัตราการตายมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

พิมพ์ภัตรา ทัพพะวาสน์ และ สุชินันท์ พุกฤษพัฒนรักษ์ (2549) ได้ศึกษาการนำกรดคว้นไม้มาประยุกต์ใช้กับยางแผ่นซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของภาคใต้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มคุณภาพของยางแผ่นทั้งในด้านการยับยั้งเชื้อรา รวมถึงผลกระทบของกรดคว้นไม้ต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นของยางแผ่น โดยทำการทดลองเพื่อศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดคว้นไม้ต่อการจับตัวของน้ำยางพาราและผลกระทบต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นของยางแผ่น โดยมีสัดส่วนของกรดฟอร์มิคเจือจางต่อกรดคว้นไม้ในการจับตัวน้ำยางพาราดังนี้ 15:0, 15:1, 15:3, 15:5, 15:10 ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณกรดคว้นไม้เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ยางแผ่นที่สามารถรับแรงกระทำและมีระยะยืดมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้กรดฟอร์มิคเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การใช้กรดคว้นไม้ร่วมกับกรดฟอร์มิคมีแนวโน้มเพิ่มค่าความเค้น (tensile stress) และเพิ่มค่าความเครียด (strain or elongation) ของยางแผ่น

จุฑารัตน์ อาจหาญ (2550) ได้ศึกษาผลของกรดคว้นไม้ต่อการงอกของเมล็ดโดยนำเมล็ดคะน้าเงินมาแช่ในน้ำเปล่าและสารละลายกรดคว้นไม้เจือจาง 500, 400, 300, 200 และ 100 เท่า ตามลำดับเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้แห้งแล้วนำเมล็ดไปเพาะด้วยวิธี top of paper พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่แช่ในน้ำเปล่า และในกรดคว้นไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์ การงอกเฉลี่ยของเมล็ดที่แช่ในกรดคว้นไม้เจือจาง 1:200 เท่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 91.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลต่อการเจริญเติบโตพบว่าความสูง ความกว้างของลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของใบ และพื้นที่ใบของลำต้นคะน้าเงินที่ฉีดพ่นด้วยกรดคว้นไม้เจือจาง 500, 400, 300, 200 และ 100 เท่า เปรียบเทียบกับฉีดพ่นน้ำเปล่า พบว่าที่อายุ 20-45 วัน หลังปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 30 วัน พบว่าน้ำหนักแห้งของก้าน น้ำหนักสดของใบและน้ำหนักแห้งของใบ รวมทั้งพื้นที่ใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน หลังปลูก พบว่าคะน้าเงินที่ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่าและฉีดพ่นด้วยกรดคว้นไม้ความเข้มข้นต่าง ๆ ให้ผลผลิตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พุทธร วิวาจารย์ (2550) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของกรดคว้นไม้และระยะเวลาการแช่เมล็ดต่อการงอกของเมล็ดพืช 4 ชนิด คือ คენำ ถั่วฝักยาว ข้าวเหนียว และข้าวโพด พบว่า ความเข้มข้นของกรดคว้นไม้และระยะเวลาการแช่เมล็ดมีผลต่อการงอกของเมล็ดค่นำและเมล็ดข้าวโพด โดยแช่เมล็ดในสารละลายที่มีอัตราส่วนของกรดคว้นไม้ต่อน้ำเท่ากับ 1 : 400 นาน 1 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นอัตราการงอกเฉลี่ยของเมล็ดพืชทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด ส่วนเมล็ดข้าวเหนียว ความเข้มข้นของสารละลายกรดคว้นไม้เท่า่นั้นที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวเหนียวแต่ระยะเวลาการแช่เมล็ดไม่มีผลสำหรับถั่วฝักยาว ปัจจัยทั้งสองไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

ไม้พินยูคาลิปตัส จาก ตำบลพญาวัน อำเภอเมืองสามพันธ์ จังหวัดเพชรบูรณ์
หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata* L.) จากบริเวณพื้นที่พัฒนา-ทดลอง-สาธิต กรมทหารราบที่ 4
กรมพัฒนาคุณภาพชีวิตทหาร อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.2.1 เครื่องมือ

1. เทอร์มอมิเตอร์
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 และ 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดค่าพีเอช
4. ไฮโดรมิเตอร์
5. เวอร์เนีย คาร์ลิปเปอร์
6. ตู้อบ (oven)
7. กล้องถ่ายรูป

3.2.2 อุปกรณ์

1. ถังน้ำมัน 200 ลิตร และฝาถัง
2. ข้องอป่องคว้น
3. ปล่องคว้น
4. อีฐบลีอก
5. อีฐแดง
6. เสาค้ำยัน
7. กองดินหรือทราย
8. ดินเหนียวผสมขี้เถ้าเคลือบ

9. สังกะสี
10. ไม้ไฟทะลุปล้อง ขนาด 3-5 เมตร
11. กระสอบชุบน้ำ
12. ขวดพลาสติกใช้สำหรับรองรับกรดควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่าน
13. สายยางขนาดเล็ก
14. อ่างดินสำหรับทดลอง
15. อ่างพลาสติก
16. มุ้งปิดปากภาชนะดินเผา และลวด
17. อาหารเลี้ยงหอย ได้แก่ ต้นข้าวอ่อน ผักบุ้ง ผักกระเฉด
18. กระบอกตวง ขนาด 25, 50, 100 และ 250 cm³
19. ปีกเกอร์ ขนาด 100, 500 และ 1,000 cm³
20. ขวดรูปหม้อ
21. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25, 50, 100, 500 และ 1,000 cm³
22. ช้อนตักสาร
23. แท่งแก้วคน (glass rod)
24. กระดาษกรอง (วอตแมน เบอร์ 1)
25. โถดูดความชื้น
26. ขวดก้นกลม ขนาด 100, 250, และ 500 cm³
27. ปีเปต ขนาด 0.01, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, และ 10 cm³
28. ขาดั่งและวงแหวน
29. คอลัมน์กลั่นลำดับส่วน
30. เตาหลุมให้ความร้อน
31. ตะเกียงแอลกอฮอล์
32. ค่าย
33. Clamp holder
34. กระจกนาฬิกา
35. ขวดเก็บสารสีชา
36. จุกยางที่มีรูเสียบเทอร์มอมิเตอร์
37. ขวดแก้วเก็บสารขนาด 10 cm³
38. กระดาษฟอยล์
39. หลอดรูเล็ก (capillary tube)

40. เตาให้ความร้อน (hot plate)
41. water bath ที่ใส่ทรายละเอียด
42. wire gauze
43. เครื่องควบแน่น
44. บิวเรตต์
45. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50, 100, 250 และ 500 cm³
46. หลอดหยด
47. กรวยกรอง
48. สายยาง
49. adaptor 3 ทาง
50. ขวดบีโอดี ขนาด 300 มล. พร้อมจุกแก้ว

3.2.3 สารเคมี

1. พาราฟินเหลว
2. น้ำกลั่น
3. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
4. สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-เฮไลด์
5. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
6. น้ำแป้ง
7. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล
8. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0250 นอร์มัล
9. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล
10. สารละลาย H₂SO₄ 10 % โดยปริมาตร 10 นอร์มัล
11. สารละลายโพแทสเซียมไบทาลด์, โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1 นอร์มัล
12. สารละลาย NaOH 0.02 นอร์มัล
13. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การก่อสร้างเตาเผาถ่านเพื่อเก็บกรดควันไม้

ก. ส่วนประกอบที่ใช้ในการติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

- 1) ถังน้ำมัน 200 ลิตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 58 ซม. สูง 89 ซม. จำนวน 1 ถัง
- 2) ข้องอป่องควัน ใช้ท่อซีเมนต์ใยหิน จำนวน 1 ท่อ ขนาดข้องอ 90 องศา สูง 30 ซม.

และเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว

- 3) ปล่องควันใช้ท่อซีเมนต์ใยหิน จำนวน 1 ท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร
- 4) อิฐบล็อก ขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 40 ซม. × 19 ซม. × 7 ซม. จำนวน 5 ก้อน
- 5) อิฐแดง 1 ก้อน
- 6) ดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบ ใช้อัตราส่วนขี้เถ้าแกลบต่อดินเหนียว 1 : 1
- 7) กองดินหรือทรายประมาณครึ่งลูกบาศก์เมตร
- 8) เสาค้ำยัน ใช้ไม้ที่มีขนาด 3 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร สำหรับประคองผนังจนวนเตาด้านนอกโดย

ตอกเสาให้มียะห่าง 80×80 เซนติเมตร วัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาค้ำยัน

- 9) ผนังตัวเตาด้านนอกใช้สังกะสี ขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ 1.2×1.2 เมตร

10) ท่อเก็บกรดควันไม้ ใช้ไม้ไผ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว ยาว 5 เมตร จำนวน 1 ลำ ก่อนใช้ต้องเจาะทะลุปล่องด้านในสำหรับให้ควันออก แล้วก็เจาะรูด้านล่างไม้ไผ่ 2 ตารางเซนติเมตร ห่างจากปลายท่อที่ติดกับปากท่อใยหินประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วต่อสายยางเข้าช่องที่เจาะสำหรับให้กรดควันไม้ไหลออกไปยังภาชนะที่ใช้เก็บกรดควันไม้ หรือนำลวดมามัดติดกับขวดเก็บกรดควันไม้ แล้วแขวนไว้บริเวณที่เจาะรูไว้ให้กรดควันไม้ไหลออก

11) กระสอบชุบน้ำ ที่ใช้สำหรับช่วยให้ความเย็นกับกระบอกไม้ไผ่ ซึ่งจะช่วยให้การควบแน่นของควันเกิดได้เร็วขึ้น โดยเราจะชุบน้ำ แล้วนำกระสอบมาพันบริเวณท่อไม้ไผ่บริเวณเหนือรูที่ใช้เก็บกรดควันไม้

3.3.2 ขั้นตอนการเผาถ่านเพื่อเก็บกรดควันไม้

- 1) นำตัวเตาที่เจาะทั้งด้านหน้าและด้านท้ายของเตาเสร็จแล้วมาวางไว้ตรงกลางระหว่างเสาค้ำยัน โดยให้รูกลมที่เจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้วอยู่ด้านล่าง

2) นำผนังฉนวนเตาด้านนอกมาวางแนบกับเสาข้างในให้ตั้งฉากด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยมีระยะห่างประมาณ 10 เซนติเมตรวัดจากขอบตัวเตาที่ยื่นออกมาจนสุดถึงผนังฉนวนเตาด้านใน ด้านหลังยังไม่ต้องปิด แล้วเทดินประคองด้านข้างตัวเตาพอประมาณเพื่อไม่ให้ตัวเตาเคลื่อนไหว

3) ประกอบท่อข้ออโลหะ 90 องศา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว โดยให้ด้านที่ใหญ่ที่สุด สวมเข้าไปในช่องที่เจาะไว้ในด้านท้ายของตัวเตา ปิดผนังเตาด้านหลัง โดยให้ผนังฉนวนเตาด้านหลังห่างจากข้ออประมาณ 10-15 เซนติเมตร

4) ประกอบท่อตรงโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 100 เซนติเมตร สวมเข้ากับข้ออฉาก ที่ประกอบไว้ท้ายเตา

5) ประสานรอยต่อระหว่างตัวเตากับข้ออ และปล่องควันให้สนิทเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยรั่วขณะเผาถ่านด้วยดินเหนียวผสมขี้เถ้าเคลือบ



A



B



C



D



E



F



G

รูปที่ 3.1 การเจาะตัวถังน้ำมัน และฝาถัง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างเตาเผาถ่านถังน้ำมัน

A = ถังน้ำมัน 200 ลิตร B = วัดขนาดเพื่อเจาะฝาถัง C = เจาะฝาถังตามขนาดที่วัดไว้เพื่อทำเป็นช่องก่อกองไฟหน้าเตา D = ข้ออโลหะ และตำแหน่งที่เจาะรูเพื่อให้ระบายน้ำในถังที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการเผาถ่าน E = การวัดขนาดเพื่อเจาะรูขนาดเท่ากับข้ออโลหะ F = ปล่องควันที่ต่อจากข้ออโลหะ G = สังกะสีที่ใช้เป็นตัวกันความร้อนให้กับเตา

6) ตักดินหรือทรายที่เตรียมไว้ เทลงในช่องระหว่างตัวเตาและผนังฉนวนเตาทั้ง 3 ด้าน พอประมาณ เพื่อประคองช่องอ่อกับปล่องควันท้ายเตา และเพื่อเป็นฉนวนให้กับตัวเตาและนำผนังฉนวนเตาด้านหน้าประกบหน้าเตา เพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนดินหรือทรายหน้าเตาพังลงมา โดยเว้นช่องฝาหน้าเตาไว้เพื่อปิด/เปิดฝาได้สะดวก โดยไม่ต้องรื้อเตาใหม่อีกครั้ง

7) ตัดไม้เพื่อนำมาทำเป็นหมอนหนุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 นิ้ว ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน วางขวางด้านล่างของตัวเตา โดยมีระยะที่ห่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้มีการไหลเวียนของลมร้อนภายในเตาได้



A



B



C



D

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประกอบตัวเตาเผาถ่าน

A = ลักษณะการตั้งของตัวเตา B = การใส่ช่องอ่อก C = การต่อปล่องควัน D = การต่อช่องอ่อกอีกครั้งเพื่อเป็นตัวเชื่อมกับปล่องไม้ไผ่ที่จะนำมาต่อเมื่ออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 80-120 °C

3.3.3 ขั้นตอนการบรรจุไม้เข้าเตา

1. นำไม้ที่ต้องการจะเผาถ่านมาจัดแยกกลุ่มตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ เป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะไม่เท่ากันดังนั้นจึงต้องเรียงไม้จากเล็กไปใหญ่

2. เรียงไม้ที่มีขนาดเล็กไว้ด้านล่างของเตาโดยวางทับไม้หมอนหนุนโดยใส่ปลายไม้ด้านเล็กเข้าไปข้างในเตา ปลายไม้ด้านโตกว่าจะอยู่ด้านหน้าเตา ซึ่งการเรียงไม้นี้มีความสำคัญมากเพื่อให้ไม้ทุกขนาดกลายเป็นถ่านพร้อม ๆ กันเนื่องจากอุณหภูมิในเตาขณะเผาถ่านไม้เท่ากัน โดยอุณหภูมิด้านล่างสุดของเตาจะต่ำ ส่วนอุณหภูมิด้านบนจะสูงกว่าอุณหภูมิด้านล่างสุดและท้ายเตา



A



B



C

รูปที่ 3.3 การบรรจุไม้ในเตา

A = การนำไม้มาวางทำเป็นหมอนหนุนเพื่อให้มีการไหลเวียนของลมร้อนภายในเตา

B = การเรียงไม้ในเตาโดยไม้ที่มีขนาดเล็กไว้ด้านล่างของเตาและปลายไม้ด้านเล็กเข้าไปข้างในเตา ปลายไม้ด้านโตกว่าจะอยู่ด้านหน้าเตา

C = การนำดินเหนียวผสมขี้เถ้าเคลือบที่เตรียมไว้ประสานรอยต่อระหว่างตัวเตากับฝาหน้าเตา ให้สนิท ป้องกันการเกิดรอยรั่ว และนำดินมากลบหลังเตาและรอบตัวเตาให้มิด

3.3.4 ขั้นตอนการประกอบหน้าเตา

1. เมื่อบรรจุไม้เข้าไปในเตาจนเต็มแล้วปิดฝาหน้าเตาที่เจาะรูไว้ขนาด 20×20 เซนติเมตร โดยให้ด้านที่เจาะช่องเปิดไว้อยู่ด้านล่าง
2. นำดินเหนียวผสมจี๊เจ้าเกลบที่เตรียมไว้ประสานรอยต่อระหว่างตัวเตากับฝาหน้าเตาให้สนิท ป้องกันการเกิดรอยร้าว เพราะถ้าอากาศเข้าไปในเตาจะทำให้ถ่านไหม้จนหมด
3. นำฉนวนดินหรือทรายมากลบหลังเตา และรอบตัวเตาให้มิด
4. การประกอบช่องใส่ไฟหน้าเตา
 - 4.1 นำอิฐบล็อก วางตั้งตามแนวยาวบนพื้นหน้าเตาขนานสองข้างข้างละก้อนเว้นระยะให้พอดีกับขอบช่องที่เจาะเอาไว้บนฝาหน้าเตา
 - 4.2 นำอิฐบล็อกอีก 2 ก้อนวางทับด้านบนของอิฐที่ตั้งไว้ โดยวางต่อกันในแนวราบ
5. นำดินเหนียวผสมจี๊เจ้าเกลบที่เตรียมไว้มาประสานรอยต่อระหว่างฝาหน้าเตากับอิฐบล็อก และรอยต่อระหว่างอิฐบล็อกทั้ง 4 ก้อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยร้าว



รูปที่ 3.4 แสดงการทำช่องหน้าเตาเพื่อใช้ในการก่อไฟบริเวณช่องหน้าเตา

3.3.5 ขั้นตอนการเผาถ่าน

1. เริ่มจุดไฟหน้าเตาเพื่อให้ความร้อนแก่เตา โดยจุดไฟบริเวณช่องจุดไฟ บริเวณอิฐก้อนแรกสุด
2. ใส่เชื้อเพลิงทีละน้อยในช่องจุดไฟ ช่วงนี้จะเป็นช่วงของการให้ความร้อนในเตา เพื่อไล่ความชื้นในเนื้อไม้ความชื้นภายในเตา รวมทั้งที่ถนนวนหุ้มเตา ช่วงนี้กินเวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ขึ้นกับความชื้นของปัจจัยที่กล่าวมา

3. เมื่อไล่ความชื้นภายในเตา (ประมาณ 2-4 ชั่วโมง) แล้วอุณหภูมิขณะนี้จะสูงขึ้นจนทำให้เนื้อไม้ในเตารักษาระดับอุณหภูมิภายในเองได้ โดยไม่ต้องใส่เชื้อเพลิงหน้าเตาเข้าไปอีก สังเกตได้โดยควันที่ออกมาจากปล่องด้านหลังจะพุ่งแรงกว่าปกติและมีสีขาวขุ่น

4. หลังจากหยุดป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง หรือสังเกตสีของควันที่ปากปล่อง ถ้าเป็นสีขาวอมเหลืองและมีกลิ่นฉุนแสบจมูก ให้หรีไฟหน้าเตาลงเหลือพื้นที่ช่องว่างหน้าเตาประมาณ 20-30 ตารางเซนติเมตร ช่วงนี้ให้เริ่มเก็บกรดควันไม้ โดยใช้ท่อไม้ไผ่ทะลุตลอดทั้งลำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 4 เมตร ปลายด้านที่โตกว่าสวมต่อกับปลายปล่องควันและให้เจาะรูสำหรับให้กรดควันไม้ไหลออกโดยรูมีขนาดประมาณ 2 ตารางเซนติเมตร ห่างจากปลายท่อด้านโตประมาณ 30 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 แสดงการจุดไฟหน้าเตาเพื่อให้ความร้อนแก่เตา

5. เมื่อควันร้อนในกระบอกไม้ไผ่ได้รับความเย็นจากอากาศภายนอก ควันก็จะควบแน่นจับกันเป็นหยดน้ำไหลลงมาตามท่อ แล้วกรดควันไม้จะไหลหยดออกมาจากรูที่เจาะไว้ที่ท่อไม้ไผ่ โดยช่วงเก็บกรดควันไม้นี้จะใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิปากปล่อง จะอยู่ในช่วง 80-150 °C และเพื่อให้การควบแน่นเป็นหยดน้ำเร็วขึ้นก็นำกระสอบที่ชุบน้ำแล้วมาพันบริเวณท่อไม้ไผ่ที่อยู่เหนือบริเวณรูที่กรดควันไม้จะไหลออก

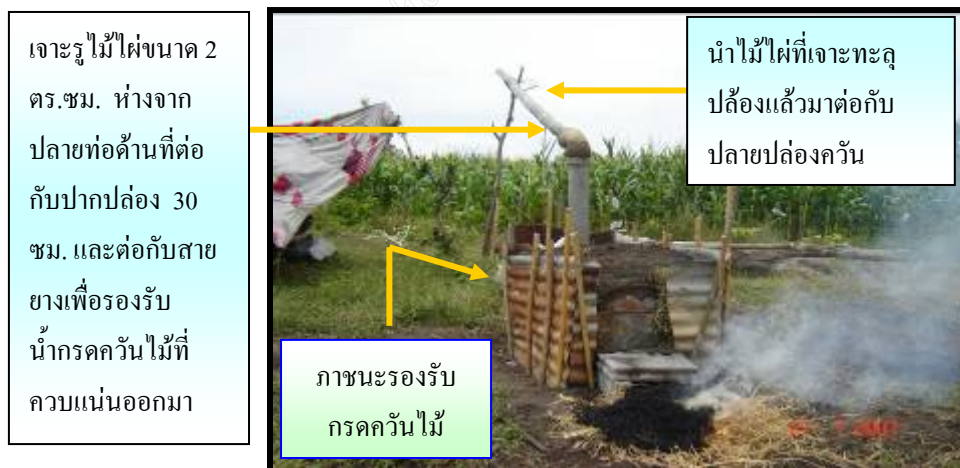
6. เมื่อเก็บกรดควันไม้แล้ว สังเกตต่อจนกระทั่งควันที่ปากปล่องกลายเป็นสีฟ้าให้เริ่มเปิดหน้าเตา โดยเปิดหน้าเตาออกประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของหน้าเตาทั้งหมด ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงของการทำถ่านให้บริสุทธิ์

7. สังเกตสีของควันที่ปล่องควัน ถ้ามีสีฟ้าใส ๆ แสดงว่าไม้ทั้งหมดจะกลายเป็นถ่านทั้งหมด ให้ปิดหน้าเตาให้สนิท ระวังรอยรั่ว หลังจากนั้นปิดปากปล่องควันซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงของการทำถ่านให้เย็น

8. หลังจากนั้นให้ใช้จอบเกลี่ยถ่านบนดินหรือทรายที่หุ้มอยู่เพื่อเป็นการระบายความร้อนในเตาออก ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงทำเตาให้เย็น ใช้เวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมงแล้วจึงเปิดเตาเพื่อเอาถ่านออก วางเรียงในที่โล่งแจ้งก่อนประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้ถ่านกลับติดลูกเป็นไฟ แล้วจึงบรรจุใส่ภาชนะหรือกระสอบต่อไป



รูปที่ 3.6 แสดงท่อเก็บกรดควันไม้และภาชนะที่ใช้รองรับกรดควันไม้



รูปที่ 3.7 การเก็บกรดควันไม้ในขณะที่ทำการเผาถ่าน

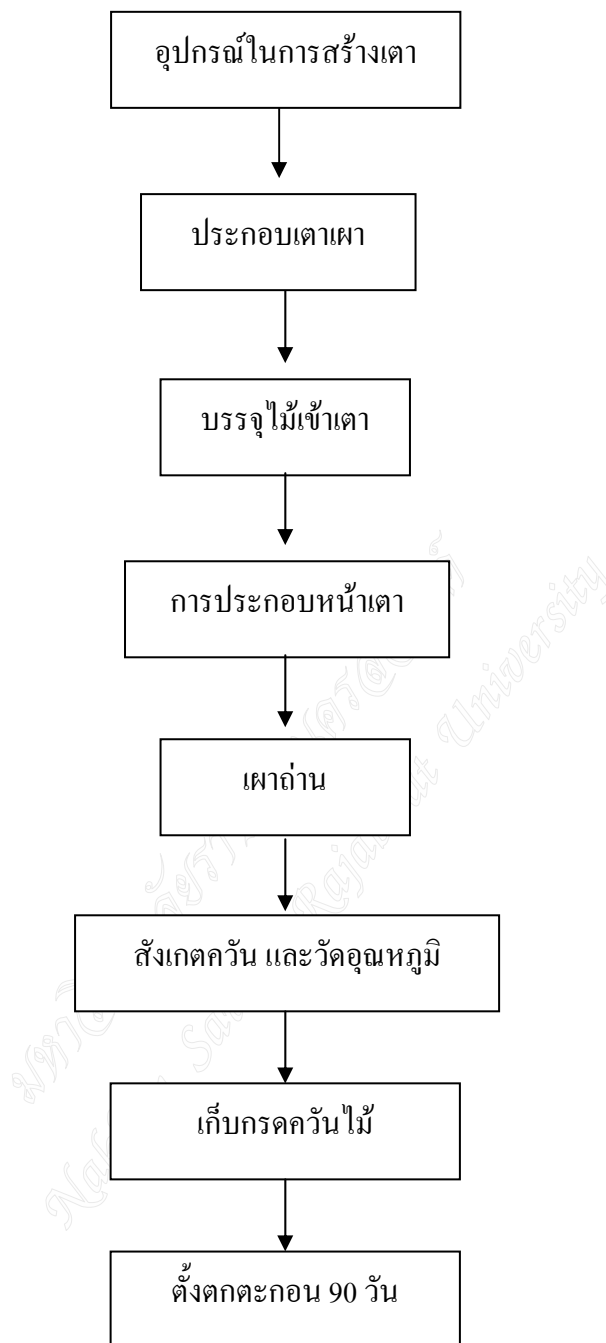
ดังนั้นขณะที่เก็บกรดควันไม้ โดยจะวัดอุณหภูมิบริเวณปากปล่องอยู่ที่ 80-150 องศาเซลเซียส และสังเกตสีของควันจนกระทั่งอุณหภูมิบริเวณปากปล่องเกิน 150 องศาเซลเซียสและควันที่ปากปล่อง กลายเป็นสีฟ้าให้เริ่มเปิดหน้าต่างเพื่อทำให้ถ่านบริสุทธิ์และหยุดเก็บกรดควันไม้ได้ สังเกตดู ถ้าควันมีสี ฟ้าใส ๆ แสดงว่าไม้ทั้งหมดกลายเป็นถ่านหมดแล้วให้ปิดหน้าต่าง และปากปล่องไม่ให้มีรอยรั่วเพื่อทำให้ ถ่านดับและปล่อยทิ้งไว้ ประมาณ 8 ชั่วโมง ก็จะสามารณำถ่านออกมาใช้ได้

3.4 การตั้งตกตะกอนกรดควันไม้

นำกรดควันไม้ไปตั้งตกตะกอนในถัง เป็นเวลา 90 วัน หรือ ใส่ผงถ่าน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก กรดควันไม้ที่ได้ลงไปจะช่วยให้การตกตะกอนเร็วขึ้น คือใช้เวลา 45 วัน เพื่อเราจะได้กรดควันไม้ที่ บริสุทธิ์ปราศจากน้ำมันใสและน้ำมันดินซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย



รูปที่ 3.8 กรดควันไม้ที่ผ่านการตั้งตกตะกอนแล้ว 3 เดือน



รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร เพื่อเก็บกรดควันไม้

3.5 แยกเฉพาะส่วนที่เป็นกรดวันไม้้ออกจากถังตกตะกอน แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง เก็บใส่ภาชนะที่ทำด้วยพลาสติก

3.5.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของกรดวันไม้โดยใช้เครื่องวัดพีเอช

3.5.2 วัดค่าความถ่วงจำเพาะของกรดวันไม้โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

3.6 หาจุดเดือดของกรดวันไม้โดยใช้วิธีไมโคร (determination of a boiling point, micro method)

3.6.1 นำกรดวันไม้้มากลั่นลำดับส่วน

ก) วิธีการกลั่นลำดับส่วน

ตวง กรดวันไม้ 100 cm³ ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 cm³ เติมเศษกระเบื้อง 1-2 ชิ้นนำไปต่อกับชุดกลั่นลำดับส่วนที่ได้จัดเตรียมไว้ ใช้กระบอกตวงในการรองรับสารที่กลั่นตัวออกมา โดยเริ่มอ่านอุณหภูมินับตั้งแต่สารกลั่นตัวหยดแรก พร้อมทั้งเก็บสารละลายแยกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ เหมือนการกลั่นอย่างง่าย บันทึกผลการทดลอง พร้อมทั้งนำค่าปริมาตร และอุณหภูมิที่วัดได้ไปเขียนกราฟ ในรายงานผลการทดลอง

หมายเหตุ

- 1.1) ต้องหยุดกลั่นเมื่อเหลือสารในขวดกลั่นประมาณ 5 cm³ ห้ามกลั่นจนแห้ง
- 1.2) ปล่อยให้ขวดกลั่นเย็นลงซักครู่ และวัดปริมาตรของส่วนที่เหลือในขวดกลั่น
- 1.3) นำสารที่กลั่นได้และเก็บในหลอดทดลอง

ข้อควรระวัง

1.1) เมื่อกลั่นเสร็จให้รอเครื่องแก้วเย็นลงก่อนถอดไปล้าง โดยเฉพาะเทอร์มอมิเตอร์ ห้ามล้างน้ำ ขณะร้อนเพราะจะแตกได้ง่าย

1.2) ก่อนให้ความร้อนแก่ขวดกลั่นต้องใส่เศษกระเบื้อง เพื่อป้องกันการเดือดพุ่งรุนแรง (bumping) ของของเหลว

3.6.2 นำกรดวันไม้้มากลั่นได้ บรรจุในของเหลว 1 cm³

3.6.3 นำหลอดครูเล็ก ที่ปลายด้านหนึ่งปิดตันคว่ำอยู่ในกรดวันไม้้ม โดยมีปลายที่เปิดจมอยู่ในกรดวันไม้้นั้น

3.6.4 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ผูกติดกับหลอดทดลอง แล้วจุ่มลงไปในบีกเกอร์ที่มีพาราฟินเหลวบรรจุอยู่

3.6.5 ค่อย ๆ อุ่นน้ำมันทีละน้อยและคน พาราฟินอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอ

3.6.6 สังเกตดูฟองอากาศที่ปุดออกมาจากปลายหลอดรูเล็กช้า ๆ เมื่อใกล้ถึงจุดเดือดของของเหลวนั้นจะเห็นฟองอากาศ ปุดอย่างรวดเร็วและติดต่อกัน ซึ่งอุณหภูมิขณะที่เริ่มเกิดฟองอากาศอย่างรวดเร็วและเป็นสายติดต่อกันจาก หลอดรูเล็กนี้ ก็คือ จุดเดือดของของเหลวนั่นเอง

3.6.7 เมื่อเกิดฟองอากาศเป็นสายนั้น ให้เอาตะเกียงออกทันที แล้วอัตราเร็วของฟองอากาศช้าลง ๆ จนถึงฟองสุดท้าย ของเหลวจะถูกดูดเข้าไปในหลอดรูเล็ก อ่านอุณหภูมิตอนนี้ทันที ซึ่งจะเป็นจุดเดือดของของเหลวนั้น เพราะว่าเป็นอุณหภูมิที่ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันของบรรยากาศ

3.6.8 ตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้นี้โดยปล่อยให้ พาราฟินเหลวในบีกเกอร์เย็นลงเล็กน้อย แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ แล้วอ่านอุณหภูมิตอนที่ปรากฏฟองอากาศเป็นสายครั้งแรก ซึ่งอุณหภูมิตั้งสองที่บันทึกนี้ คือ ช่วงของจุดเดือดของของเหลว และการอ่านอุณหภูมิตั้งสองครั้งนี้ไม่ควรแตกต่างกันมากกว่า 1 องศา



รูปที่ 3.11 การกลั่นลำดับส่วนของกรดควินไม



รูปที่ 3.12 การหาจุดเดือดของกรดควินไมที่ได้จากการกลั่น

3.7 การวิเคราะห์ สภาพกรด (acidity) ของกรดควินไม้

วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ วิธีอินดิเคเตอร์ (indicator method)

ก. หลักการ

ไฮโดรเจนไอออนที่มีในตัวอย่างจะถูกสะเทินโดยการไทเทรตกับสารละลายค่ามาตรฐานโดยใช้อินดิเคเตอร์เป็นตัวบอกจุดสิ้นสุดของการไทเทรต โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลินเป็นอินดิเคเตอร์ไทเทรตจากไม่มีสีจนเป็นสีชมพูอ่อน

ข. สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

เนื่องจากตัวอย่างที่เราวิเคราะห์นั้นคือ “กรดควินไม้” ซึ่งมีสีน้ำตาลดำนั่นสีและความขุ่นจะรบกวนการไทเทรต ทำให้เห็นสีของอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติไม่ชัดเจน วิธีแก้ไขคือ ต้องนำตัวอย่างมาเจือจางกับน้ำ DI ก่อนนำมาไทเทรต

วิธีทำ

1. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

นำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตกับสารละลาย KHP 25 ml และใช้ฟีนอล์ฟทาลินเป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนถึงจุดยุติจะได้สารละลายจากสีใส เป็นสีชมพู แล้วจดปริมาตรของ NaOH ที่ใช้

2. การเตรียม 0.02 N NaOH จาก 0.1 N

นำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลาย KHP จำนวน 2 ml และใช้ฟีนอล์ฟทาลินเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตจนได้จุดยุติโดยสารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูและจดปริมาตร NaOH ที่ใช้ไป เพื่อนำมาคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน

3. เตรียมสารละลายฟีนอล์ฟทาลิน อินดิเคเตอร์

วิธีการเตรียม ละลายฟีนอล์ฟทาลิน 5 กรัม ในเอทานอล 95% จำนวน 500 ml แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 500 ml

วิธีการวิเคราะห์

- 1) การเตรียมตัวอย่าง

นำกรดควินไม้ มา 250 ml ใส่บีกเกอร์แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองวอตแมนเบอร์ 2

2) ขั้นตอนการทำ

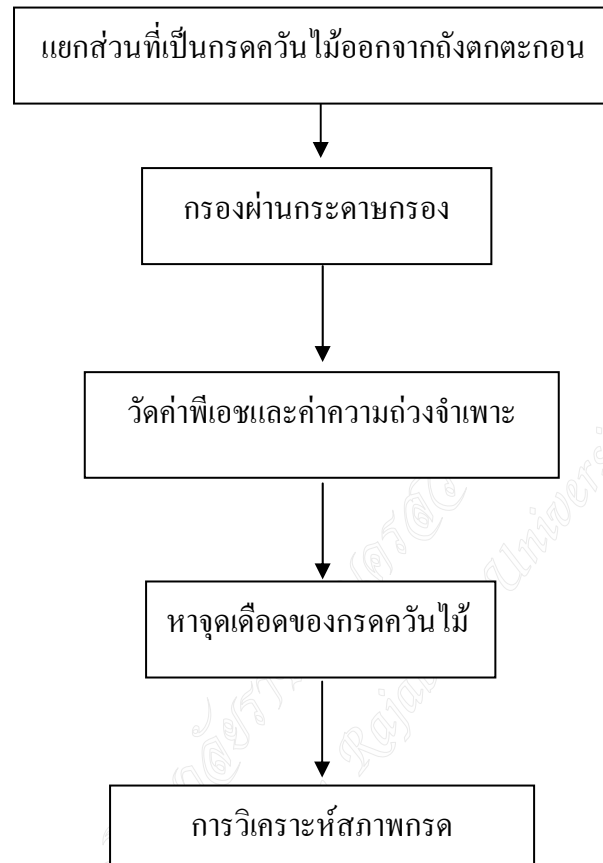
2.1) ปิ่ป่นน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองแล้วในแต่ละวิธีมา 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย น้ำกลั่น เป็น 25 ml โดยทำแต่ละตัวอย่างอย่างละ 3 ข้ว

2.2) เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด แล้วไทเทรต ด้วย 0.02 N NaOH จนถึงจุดยุติ

2.3) จดปริมาตรของ 0.02 N NaOH ที่ใช้ไป เพื่อนำไปคำนวณสภาพความเป็นกรดของกรดควันไม้



รูปที่ 3.13 การหาค่าความเป็นกรดของกรดควันไม้โดยวิธีการไทเทรต



รูปที่ 3.14 การวิเคราะห์คุณภาพของกรดควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านไม้ยูคาลิปตัส

3.8 วิธีการเลี้ยงหอยเชอรี่

เป็นการเตรียมตัวอย่างสัตว์ทดลองเพื่อให้ได้หอยที่มาจากพ่อแม่เดียวกัน โดยนำไข่หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata* L.) จากตำบลกลางแดด อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ มาฟักที่อุณหภูมิห้องจนได้ลูกหอยขนาดเล็ก จากนั้นนำไปเลี้ยงที่สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ในสภาพที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด โดยให้พืชน้ำและผักเป็นอาหารจนเจริญเติบโตได้ขนาดตามที่ต้องการ ก่อนจะทดลองจะคัดเลือกขนาดและวัยให้ใกล้เคียงกันใส่ลงภาชนะที่มีสภาพของน้ำเหมือนกับที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้หอยปรับตัวประมาณ 1-2 ชั่วโมง และเพื่อให้หอยปล่อยของเสียและเศษอาหารออกมา

3.8.1 การทดสอบเปรียบเทียบผลของน้ำส้มควันไม้ต่อหอยเชอรี่

เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่ม (completely randomized design ; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มทำการทดลอง 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว โดยดำเนินการทดลอง ดังนี้

3.8.1.1 เตรียมสารละลายน้ำส้มควันไม้ ความเข้มข้น 1 : 200, 5 : 200 , 10 : 200 และน้ำ โดยแบ่งกลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ความเข้มข้น 1 : 200 ใช้น้ำส้มควันไม้ 1 ml : น้ำกลั่น 200 ml

กลุ่มที่ 2 ความเข้มข้น 5 : 200 ใช้น้ำส้มควันไม้ 5 ml : น้ำกลั่น 200 ml

กลุ่มที่ 3 ความเข้มข้น 10 : 200 ใช้น้ำส้มควันไม้ 10 ml : น้ำกลั่น 200 ml

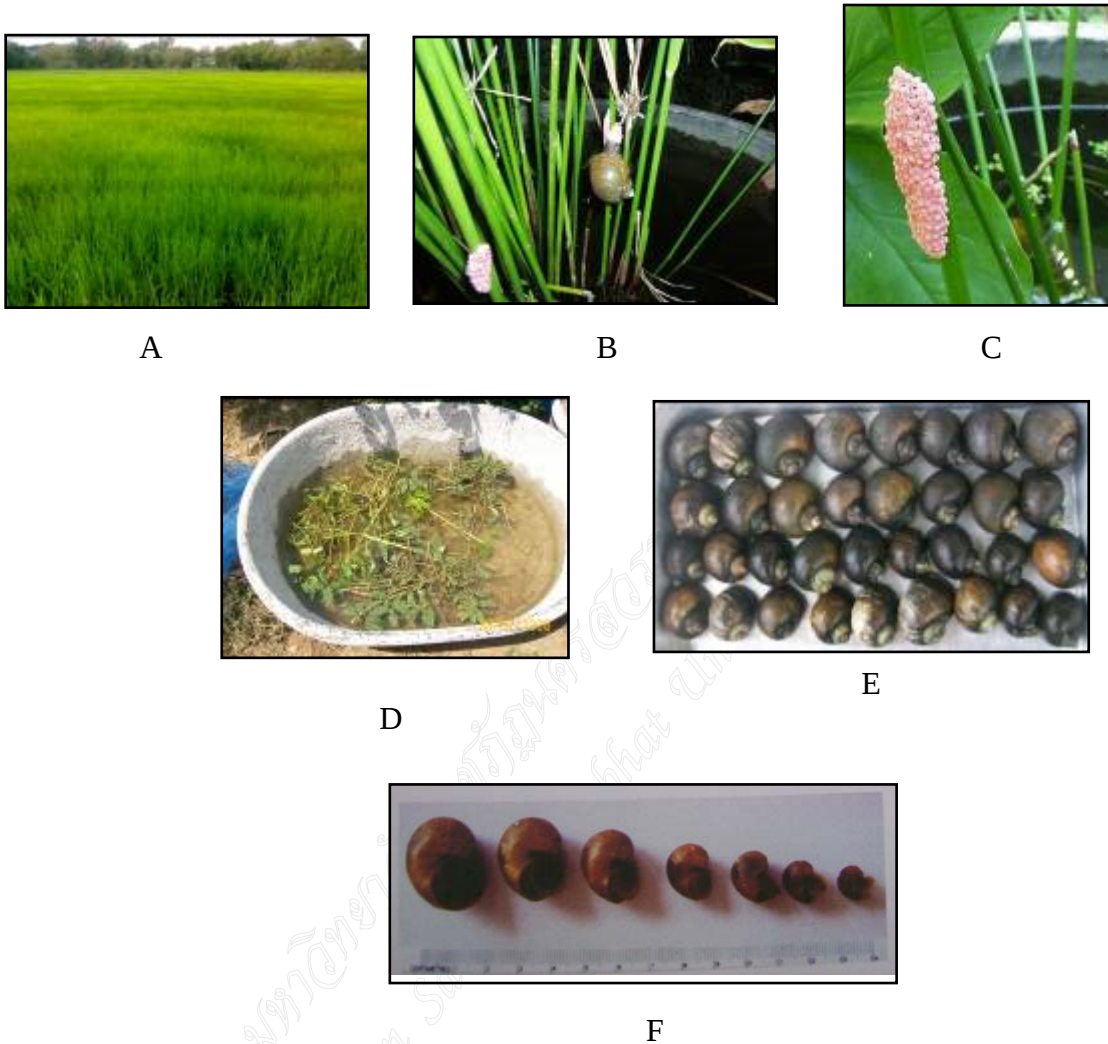
กลุ่มที่ 4 ใช้น้ำอย่างเดียว

3.8.1.2 นำน้ำใส่ภาชนะดินเผาอ่างละ 1 ลิตร จากนั้นนำสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นละลายลงในน้ำอ่างละ 1 ความเข้มข้น โดยแต่ละความเข้มข้นทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.8.1.3 นำหอยเชอรี่ที่คัดขนาดแล้วใส่ลงในแต่ละอ่าง โดยใส่อ่างละ 10 ตัว และใช้มุ้งปิดปากอ่างเพื่อป้องกันไม่ให้หอยปีนหนี

3.8.1.4 สังเกตพฤติกรรมของหอยเชอรี่และตรวจนับจำนวนการตายของหอยเชอรี่ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

3.8.1.5 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ



รูปที่ 3.15 การเก็บและเลี้ยงหอยเชอรี่

A = พื้นที่บริเวณทุ่งนาของเกษตรกร ในเขต พัฒนา-ทดลอง-สาธิต กรมทหารราบที่ 4 อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

B = ลักษณะการวางไข่ของหอยเชอรี่

C = ไข่ของหอยเชอรี่บริเวณต้นพืช

D = การเลี้ยงหอยเชอรี่ในกะละมัง

E = คัดแยกขนาดของหอยเชอรี่ที่จะใช้ในการทดลอง

F = การเจริญเติบโตของหอยเชอรี่



A



B



C



D

รูปที่ 3.16 การเตรียมตัวอย่างของกรดควันไม้ และตัวอย่างหอยเชอร์รี่ในการทดลอง

A = กรดควันไม้ที่อัตราความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ใช้

B = หอยเชอร์รี่ที่เลี้ยงในอ่างดินก่อนนำไปทดลองโดยหอยมีกรวมกันเป็นกลุ่ม และใช้แผ่นเท้าเกาะและสืบคลานภายในอ่างดินที่เลี้ยง

C = การทดสอบประสิทธิภาพของกรดควันไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

D = ใช้ผ้ามุ้งปิดปากอ่างดินไว้ป้องกันการออกของหอยเชอร์รี่ ซึ่งจะตรวจนับการตายของหอยที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง



A



B



C

รูปที่ 3.17 พฤติกรรมและลักษณะของหอยเชอรี่ หลังจากได้รับกรดควันไม์

A = หอยที่ตายจะลอยขึ้นมาอยู่เหนือน้ำ

B และ C = ลักษณะของหอยที่ตาย ส่วนของกล้ามเนื้อเท้าจะยืดออกมานอกฝาโอเพอร์คิวลัมและไม่มีปฏิกิริยาตอบรับ เมื่อใช้ปากสืบเชื้อที่บริเวณกล้ามเนื้อเท้า

3.9 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เพื่อทดสอบว่าน้ำส้มควันไม้มีผลทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำหรือไม่ โดยนำตัวอย่างน้ำที่มีน้ำส้มควันไม้ละลายอยู่ในแต่ละระดับความเข้มข้นมาวิเคราะห์ดังนี้

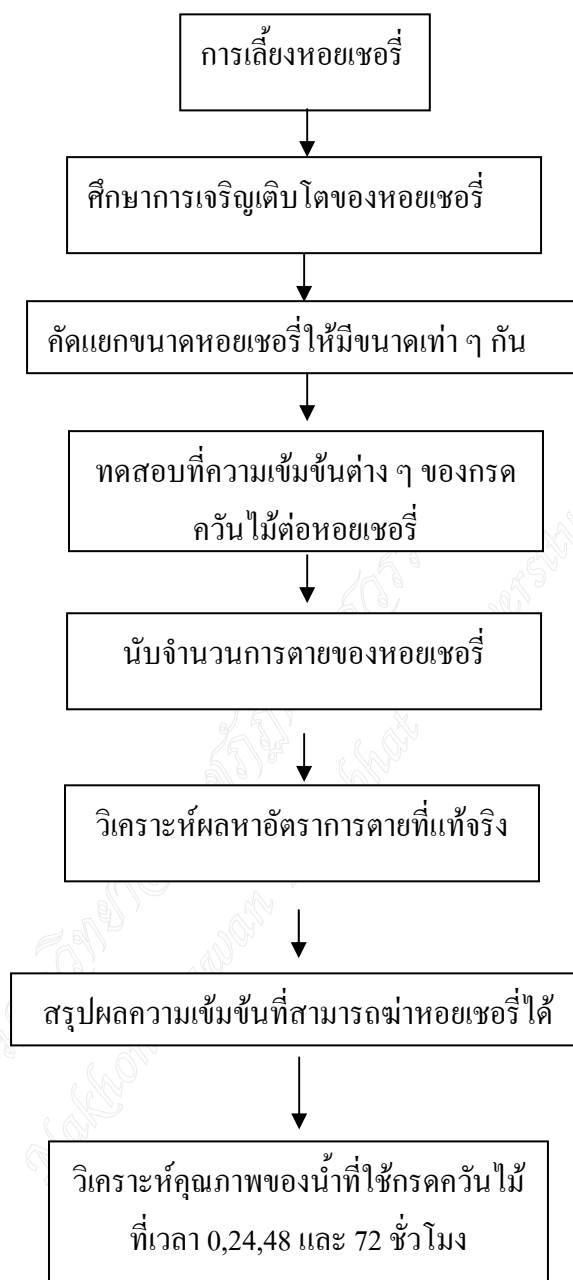
3.9.1 วัดหาปริมาณออกซิเจน , ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ

ที่เวลา 0, 24 ชั่วโมง 48 และที่ 72 ชั่วโมง วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำโดยใช้ เครื่องวัดพีเอช และวัดอุณหภูมิของน้ำโดยใช้เทอร์มอมิเตอร์

3.9.2 วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยวิธี Modified winkler (Swingle,1969)

ตามขั้นตอนดังนี้

- 1) เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวด BOD ที่มีความจุประมาณ 300 มิลลิลิตร ขณะเก็บพยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ และปิดจุกแก้วให้สนิท
- 2) เติมน้ำละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และสารละลายอัลคาไลโพแทสเซียมไฮโอไดด์ 3 มิลลิลิตร ปิดจุกเอียงคว่ำไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกัน ทิ้งไว้จนตกตะกอน
- 3) เติมน้ำกรดกำมะถันเข้มข้น 1 มิลลิลิตร และปิดจุกเอียงคว่ำไปมาจนตะกอนละลายหมด
- 4) ตวงสารละลายจากขวด BOD 100 มิลลิลิตร ใส่ในพลาสติก
- 5)ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตจนได้สีเหลืองอ่อน หยคน้ำแป้งลงไป 2-3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหมดไป บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต
- 6) คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ



รูปที่ 3.18 แสดงขั้นตอนการทดลองในการวิเคราะห์ผลของกรดควินไมต์ต่อการปราบหอยเชอรี่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร

ตารางที่ 4.1 แสดงผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร

น้ำหนักฟืนสด 50 กิโลกรัม	ปริมาณที่เก็บได้ ณ อุณหภูมิ ปากปล่องควัน 85-120 °C (กิโลกรัม)		ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนักของฟืนสด	
	กรดควันไม้ดิบ	ถ่าน	กรดควันไม้ดิบ	ถ่าน
เผาครั้งที่ 1	3.384	13.5	6.15	24.55
เผาครั้งที่ 2	3.256	12.7	5.92	23.09
เผาครั้งที่ 3	3.355	13.2	6.10	24.00
รวม	9.995	39.4	18.17	71.64
เฉลี่ย	3.331	13.13	6.06	23.88

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร พบว่า ในการเผาถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส 50 กิโลกรัม ได้กรดควันไม้ดิบ คิดเป็น ผลได้เป็น เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย เท่ากับ 6.06 ของน้ำหนักฟืนสด และ ได้ถ่านคิดเป็น 23.88 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ฟืนสดที่ใช้

4.2 ปริมาณน้ำมันดินที่พบในกรดควันไม้หลังจากตั้งตกตะกอนเป็นเวลา 90 วัน

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันดินที่พบในกรดควันไม้หลังจากตั้งตกตะกอนเป็นเวลา 90 วัน

ครั้งที่เผา	ปริมาณน้ำมันดิน (กรัม)	ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันดิน	ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ของกรดควันไม้
1	32.62	0.96	6.09
2	30.19	0.93	5.87
3	35.86	1.07	6.03
รวม	98.67	2.96	17.99
ค่าเฉลี่ย	32.89	0.987	5.996

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันดินที่พบ หลังจากตั้งตกตะกอนกรดควันไม้ดิบไว้เป็นเวลา 90 วัน พบว่า มีผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.987 และได้ผลได้เป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของกรดควันไม้ เท่ากับ 5.996

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลในการเผาถ่าน จากเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

เมื่อวันที่ 2-5 สิงหาคม 2550 ณ หมู่บ้านทรัพย์สมบูรณ์ ต.พญาวัน อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์

ลำดับ ที่	รายละเอียด	การเผาในแต่ละครั้ง			เฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
	ลักษณะเตาที่ใช้ในการเผาถ่าน				
1	เส้นผ่านศูนย์กลางของเตา	59 ซม.	59 ซม.	59 ซม.	59 ซม.
2.	ความยาวเตา	86 ซม.	86 ซม.	86 ซม.	86 ซม.
3.	ความสูงของหลังคา	59 ซม.	59 ซม.	59 ซม.	59 ซม.
4.	ความสูง / จำนวนปล่องควัน	120/1 ปล่อง	120/1 ปล่อง	120/1 ปล่อง	120/1 ปล่อง
5	วัสดุที่ใช้ก่อสร้างจนวนผนังเตา	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน
6	น้ำหนักไม้ฟืนในเตา	50 กก.	50 กก.	50 กก.	50 กก.
	วัตถุดิบและถ่านที่ได้				
7	ประเภท/ชนิดไม้ในเตา (แห้ง/หมาด/สด)	หมาด	หมาด	หมาด	หมาด
8	เส้นผ่านศูนย์กลางไม้ฟืน / ความยาว	4-7 / 80 ซม.	4-7 / 80 ซม.	4-7 / 80 ซม.	4-7 / 80 ซม.
9.	การเรียงในเตา	วางไม้ใน แนวนอน	วางไม้ใน แนวนอน	วางไม้ใน แนวนอน	วางไม้ใน แนวนอน
10.	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิงที่ใช้เผาถ่าน (ฟืนหน้าเตา)	5 กก.	5 กก.	5 กก.	5 กก.
11.	ประเภท/ชนิดเชื้อเพลิงที่เผาถ่าน	ไม้ยูคา ลิปดัส	ไม้ยูคา ลิปดัส	ไม้ยูคา ลิปดัส	ไม้ยูคาลิปดัส
12.	เวลาในการเผาตอนเริ่มจนไม้ป้อน เชื้อเพลิง	2 ชม. 21 นาที	2 ชม. 35 นาที	2 ชม. 18 นาที	2 ชม. 41 นาที
13.	เวลาในการเผาถึงปิดเตาสนิท	5 ชม. 10 นาที	5 ชม. 15 นาที	5 ชม. 14 นาที	5 ชม. 22 นาที
	น้ำหนักถ่านที่ได้ในเตาทั้งหมด	13.5	12.7	13.2	13.13
	น้ำหนักสนไม้ในเตา	0	0	0	0
	น้ำหนักไม้เข้าในเตา + เศษไม้	0.075 กรัม	0.062 กรัม	0.045 กรัม	0.060 กรัม
16.	การเก็บกรดควันไม้	3.384	3.256	3.355	3.331

ตารางที่ 4.4 บันทึกผลอุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ ในการเก็บกรดควันไม้
เมื่อวันที่ 2-5 สิงหาคม 2550

เวลา	ข้อสังเกตปล่องควัน	อุณหภูมิปล่อง ($^{\circ}\text{C}$)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
8.00 น.	บรรจุไม้เข้า	-	-	-	-
9.00 น.	เริ่มจุดเตา	28	28	29	28.33
10.00 น.	ควันขาวขุ่น	49	50	47	48.66
10.30 น.	ควันขาวขุ่น	64	66	65	66
10.50 น.	ควันขาวเทา	70	74	72	73.67
10.55 น.	ควันขาวพุ่งออกมาอย่างแรง	75	76	75	77.33
11.00 น.	ควันขาวอมเหลือง	78	78	79	81.33
11.10 น.	ควันขาวอมเหลือง	80	82	80	84.33
11.20 น.	ควันขาวอมเหลือง (เริ่มเก็บกรดควันไม้)	82	86	84	84
12.40 น.	ควันเหลืองอมขาว	82	86	84	84
12.55 น.	ควันเหลืองอมขาว	82	86	84	84
13.15 น.	ควันน้ำตาลเทา	82	86	84	84
13.30 น.	ควันขาวเทา	95	95	94	94.67
13.40 น.	ควันขาวเทา	107	108	105	106.67
14.00 น.	ควันน้ำตาลขาว	120	122	124	122
14.30 น.	ควันเทาขาว (หยุดเก็บกรดควันไม้)	130	135	133	132.67
14.45 น.	ควันน้ำตาลขาว	144	142	140	142
15.00 น.	ควันน้ำตาลขาว	165	160	164	163
15.20 น.	ควันน้ำตาลขาว	198	195	190	194.33
15.30 น.	ควันน้ำตาลขาว	220	224	228	222.67
15.40 น.	ควันน้ำเงินใส	255	257	259	257
15.50 น.	ควันน้ำเงินใส	257	258	269	261.33
16.00 น.	ควันน้ำเงินใส	255	270	278	267.67

จากตารางที่ 4.4 มีช่วงอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของไม้เมื่อได้รับความร้อนจนกลายเป็นถ่านได้ดังนี้

1. เมื่อไม้ได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงหน้าเตารวมตัวกับอากาศเข้าไป ทำปฏิกิริยาแล้วได้ความชื้นออกจากในเนื้อไม้ และความชื้นของอากาศที่อยู่ในเตาระเหยออกมาทางปากปล่องควันของเตาเผาถ่าน สังเกตจากสีของควันที่ออกมาจะเป็นสีขาวอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในเตาจะประมาณ 50-120 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิในปากปล่องเฉลี่ย 28.33 ($^{\circ}\text{C}$)

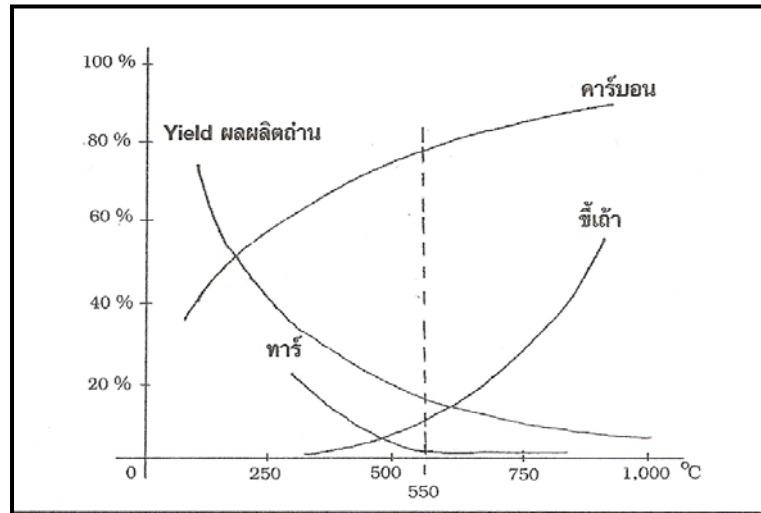
2. เมื่อให้ความร้อนและอากาศต่อไปอีกไม้จะเริ่มสะสมความร้อน ความชื้นในเนื้อไม้ระเหยใกล้จะหมด สังเกตได้จากสีของควันที่ปากปล่องควัน เริ่มจะมีสีขาวยปนสีเหลืองออกมา อุณหภูมิเฉลี่ยในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิในปากปล่องเฉลี่ย 48.66 ($^{\circ}\text{C}$)

3. ไม้ที่อยู่ในเตาได้สะสมความร้อนเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องในเตาโดยไม่ต้องให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องในเตาโดยไม่ต้องให้ความร้อนจากเชื้อเพลิงหน้าและลดปริมาณอากาศหน้าเตาให้เข้าไปในเตาปริมาณน้อย ช่วงนี้ ความชื้นในเตาหมดไป เสมิเซลลูโลส สารแทรก ในเนื้อไม้ เริ่มระเหยออกมาทางปากปล่อง สังเกตจากสีของควันจะเป็นสีขาวยปนสีเหลืองอย่างรุนแรง มีกลิ่นฉุนอุณหภูมิเฉลี่ยในเตาประมาณ 150-180 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิในปากปล่องเฉลี่ย 66.0 ($^{\circ}\text{C}$)

4. เมื่อลดปริมาณอากาศบริเวณหน้าเตาอุณหภูมิในเตายังสูงขึ้นช่วงนี้ เสมิเซลลูโลส ระเหยออกใกล้จะหมดส่วน เซลลูโลส ลิกนิน เริ่มระเหยออกมาโครงสร้างของไม้บริเวณผิวด้านนอกของไม้เริ่มกลายเป็นถ่าน อุณหภูมิเฉลี่ยในเตาประมาณ 280-350 องศาเซลเซียส กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงอุณหภูมิเฉลี่ยในเตาประมาณ 350-400 องศาเซลเซียส สังเกตได้จากสีของควันที่ปากปล่องควัน เป็นสีเทาปนน้ำเงินมีอุณหภูมิในปากปล่องเฉลี่ย 84.0 ($^{\circ}\text{C}$)

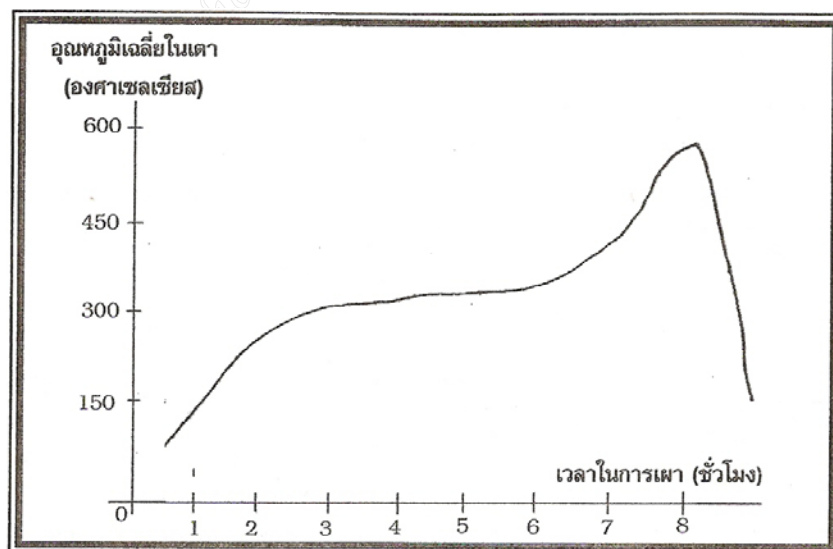
5. อุณหภูมิในเตาเฉลี่ยจะสูงขึ้นจนถึง 450-500 องศาเซลเซียสสารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในโครงสร้างไม้ระเหยออกไปหมด เหลือแต่โครงสร้างของไม้ที่เป็นคาร์บอนที่เรียกว่า ถ่าน นั่นเอง ช่วงนี้จะเป็นช่วงของการหยุดการเกิดปฏิกิริยาในเตาทำได้โดยปิดไม่ให้ออกซิเจนในอากาศเข้าไปในเตามีอุณหภูมิในปากปล่องเฉลี่ย 144.0 ($^{\circ}\text{C}$)

6. ถ้าปล่อยให้ ออกซิเจนเข้าไปในเตาจะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปอีกจะทำให้คาร์บอนที่อยู่ในถ่านถูกเผาไหม้จนกลายเป็นเถ้าในที่สุด อุณหภูมิปากปล่องเฉลี่ย 267.0 ($^{\circ}\text{C}$)



รูปที่ 4.1 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในการเผาถ่านทั่วไป

จากแผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตถ่าน ชีวแก๊ส คาร์บอน (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549) จากแผนภูมิเส้นจะเห็นได้ว่าถ้าเราเผาถ่านไปแล้วในช่วงปิดเตาโดยมีอุณหภูมิในเตา เฉลี่ย 500-550 องศาเซลเซียส ผลที่เกิดขึ้นในเตาเผาถ่าน คือ จะได้ประมาณผลผลิตถ่านปานกลาง มีการเกิดถ่านในปริมาณน้อย, มีปริมาณคาร์บอนในถ่านสูง น้ำมันดินมีน้อยช่วงอุณหภูมินี้เป็นช่วงที่ถ่านสุกอย่างสมบูรณ์และมีคุณภาพ เมื่อนำถ่านที่ไปใช้งานในการปิ้งย่าง จะไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะมีน้ำมันดินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่ปนมากับถ่านน้อย



รูปที่ 4.2 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการเผาถ่าน

เป็นแผนภูมิแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเผาถ่านกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเฉลี่ยในเตาเผาถ่าน ดูจากแผนภูมิเส้นแล้วสามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วง 1-2 ชั่วโมงแรก เส้นจะชัน นั่นคือ การการจุดไฟเผาไล่ความชื้นในเตา

ช่วง 2-3 ชั่วโมงต่อไป จะเป็นช่วงไม้ในเตาคายความร้อน ก็จะไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาอีกต่อไป

ช่วง 3-4 ชั่วโมง จะเป็นช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์คือ การเปิดหน้าเตาเล็กน้อยเพื่อให้อากาศเข้าไปในเตาเพื่อจะทำให้ถ่านสุกบริสุทธิ์ขึ้นและช่วงสุดท้ายคือช่วงเวลา 8-9 ชั่วโมงจะเป็นการปิดเตา

4.3 วัดค่าพีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะของกรดคว้นไม้ที่เผาได้และตั้งตกตะกอนเป็นเวลา 90 วัน

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กรดคว้นไม้ดิบ (มพข.659/2547) พบว่า คุณลักษณะที่ต้องการคือ มีค่าพีเอชอยู่ที่ 2.8-3.7 และมีค่าความถ่วงจำเพาะต้องไม่น้อย 1.005 ที่อุณหภูมิ 25 °C จากผลการทดลองเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านถ่านน้ำมัน 200 ลิตร ได้ผลตามตารางที่ 4.5 โดยกรดคว้นไม้ที่ได้มีค่าพีเอชเฉลี่ย 2.98 และค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 1.026 เมื่อเปรียบเทียบกับกรดคว้นไม้ตามมาตรฐานชุมชนแล้ว พบว่ากรดคว้นไม้ที่ได้มีคุณสมบัติที่ดีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพีเอชและค่าความถ่วงจำเพาะของกรดคว้นไม้หลังจากตั้งตกตะกอนแล้ว

ครั้งที่เผา	ค่า pH	ความถ่วงจำเพาะ
1	2.99	1.03
2	2.96	1.02
3	2.98	1.03
ค่าเฉลี่ย	2.98	1.026

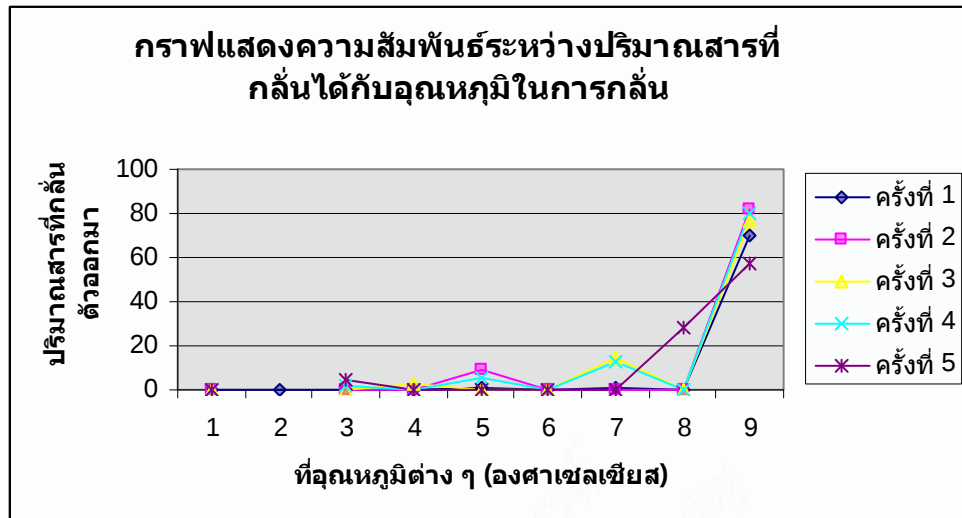
4.4 การกลั่นลำดับส่วนและการหาจุดเดือดของกรดคว้นไม้

จากการนำกรดคว้นไม้มากลั่นซ้ำด้วยการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารใดสารหนึ่งออกมาเพื่อสามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์และนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้ ดังนั้น เนื่องจากกรดคว้นไม้มีสภาพที่เป็นกรด และพบว่า มีปริมาณของกรดอะซิติกมาก ดังนั้น จึงทำการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกกรดอะซิติกออกมาและคำนวณหาความเข้มข้นที่มีในกรดคว้นไม้

จากตารางที่ 4.6 และ กราฟที่ 4.1 เป็นกราฟเส้นแสดงอุณหภูมิที่มีผลต่อการกลั่นออกมาของสารจากกรดควันไม้พบว่า ช่วงอุณหภูมิในการกลั่นตัวออกของกรดอะซีติกนั้น อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 70-100^oC และพบว่าอุณหภูมิ 98-100 ^oC นี้เป็นช่วงที่สารกลั่นตัวออกมากที่สุด ซึ่งเมื่อดูจากเส้นกราฟจะพบว่าภายในกรดควันไม้ นั้นประกอบไปด้วยสารมากกว่า 1 ชนิด ดังนั้นในการที่แยกสารแต่ละชนิดออกมาจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น และเมื่อนำมาหาจุดเดือดของสารที่กลั่นตัวออกมาได้พบว่า มีจุดเดือดเฉลี่ย เท่ากับ 117.72 ^oC ซึ่งเป็นจุดเดือดของกรดอะซีติก

ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงอุณหภูมิ ปริมาตรที่กลั่นได้และจุดเดือดของสารที่กลั่นออกมาได้

ช่วงอุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ปริมาณที่กลั่นได้ของแต่ละส่วน						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	รวม	เฉลี่ย
74	0.25	-	-	-	-	0.25	0.25
76	0.25	-	-	-	0.25	0.5	0.25
84	-	-	1.5	-	4.5	6	3
86	-	-	3	3	-	6	3
90	1	9	-	5.6	-	15.6	5.2
94	0.25	-	-	-	-	0.25	0.25
97.5	1.25	-	15	13	-	29.25	9.75
98	-	-	-	-	28.5	28.5	28.5
100	70	82	76	80	57	365	73.0
รวม	73	91	95.5	98.6	90	448.1	89.62
จุดเดือดของสารที่กลั่นได้	117.5	118.2	117	117.4	118.5	เฉลี่ย	117.72



กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิที่มีผลต่อการกลั่นออกมาของสารในกรดควันไม้

1 = ที่อุณหภูมิ 74 °C 2 = ที่อุณหภูมิ 76 °C 3 = ที่อุณหภูมิ 84 °C
 4 = ที่อุณหภูมิ 86 °C 5 = ที่อุณหภูมิ 90 °C 6 = ที่อุณหภูมิ 94 °C
 7 = ที่อุณหภูมิ 97.5 °C 8 = ที่อุณหภูมิ 98 °C 9 = ที่อุณหภูมิ 100 °C

4.5 การหาสภาพกรดของกรดควันไม้

ตารางที่ 4.7 ผลการหาสภาพกรดของกรดควันไม้

ปริมาณ ของ กรดควัน ไม้ ที่ใช้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)				คำนวณ สภาพกรด ตามสูตร (กรัม/ลิตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	114.3	116.8	114.5	115.2	92.16
5	116.8	115	114.5	115.43	92.34
5	117.8	114.8	115.2	115.93	92.74
5	115.5	116.6	114.	118.2	94.56
5	114.8	117.2	117.5	116.5	93.20
เฉลี่ย					93.0

จากตารางที่ 4.7 พบว่า กรดคว้นไม้ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสนี้ มีสภาพความเป็นกรดหรือมีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิดิก เท่ากับ 93.0 กรัมต่อ ลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิดิก ในกรดคว้นไม้ที่ได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา (จุไรวัธย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ, 2548) โดยพบว่า กรดคว้นไม้มีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิดิก 93.847-126.471 กรัมต่อลิตร

4.9 การเลี้ยงหอยเชอรี่เพื่อใช้ในการทดลอง

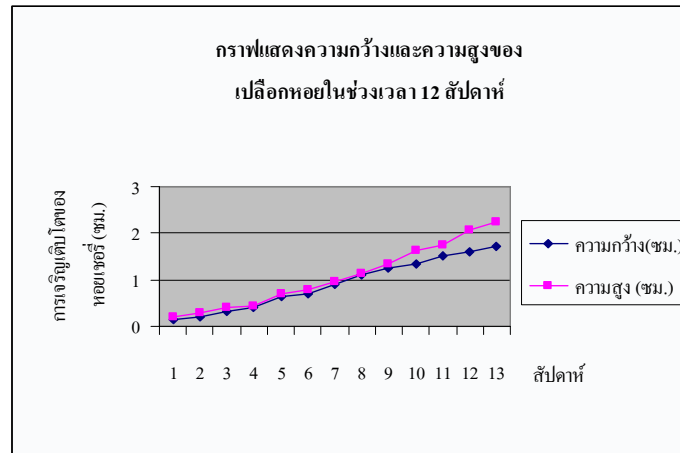
4.9.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่

เมื่อทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักหอยทุก ๆ สัปดาห์ พบว่าหอยมีน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากออกจากเปลือกไข่ โดยมีความกว้าง 0.15 เซนติเมตร ความสูง 0.20 เซนติเมตร ขนาด 0.001 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.002 กรัมจากการเจริญเติบโตของลูกหอยจนครบ 12 สัปดาห์ มีความกว้าง ความสูง ขนาด และน้ำหนัก เปลี่ยนแปลงเพิ่มเป็น จาก 0.15 เป็น 1.71 เซนติเมตร, จาก 0.20 เป็น 2.23 เซนติเมตร, จาก 0.001 เป็น 1.708 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.002 เป็น 2.95 กรัม ดังตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 4.2.1, 4.2.2 และ 4.23

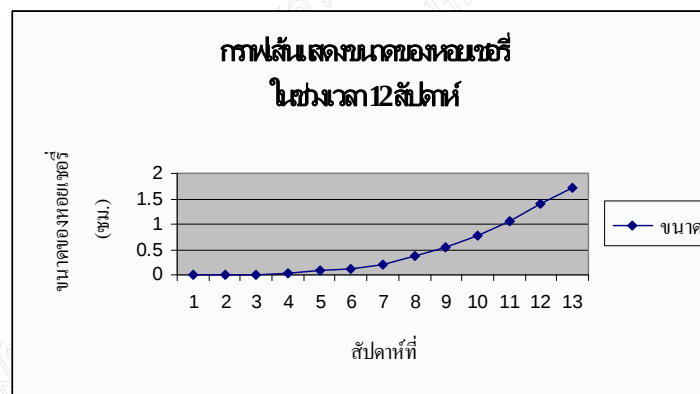
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยความกว้าง,ความสูง,ขนาดและน้ำหนัก ของหอยเชอรี่

อายุ 12 สัปดาห์

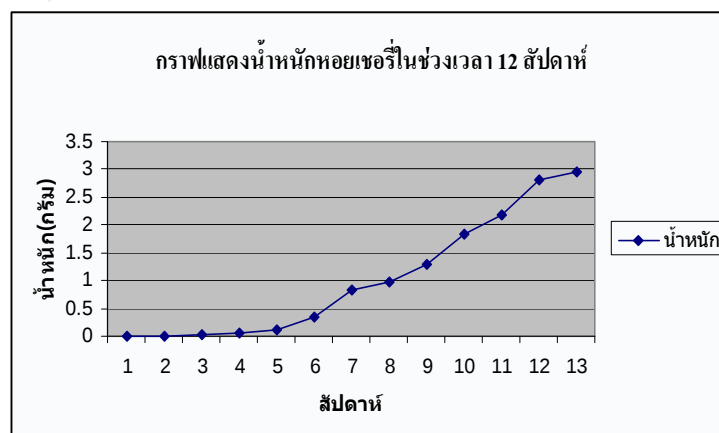
สัปดาห์ที่	ความกว้าง (ซ.ม.)	ความสูง (ซ.ม.)	ขนาด*	น้ำหนัก (g)
0	0.15	0.20	0.001	0.002
1	0.20	0.28	0.003	0.008
2	0.32	0.41	0.011	0.02
3	0.40	0.45	0.019	0.05
4	0.63	0.70	0.073	0.12
5	0.7	0.80	0.103	0.34
6	0.9	0.95	0.202	0.83
7	1.10	1.15	0.364	0.98
8	1.25	1.35	0.552	1.28
9	1.35	1.63	0.778	1.85
10	1.52	1.75	1.059	2.19
11	1.61	2.08	1.412	2.82
12	1.71	2.23	1.708	2.95



กราฟที่ 4.2.1 แสดงความกว้างและความสูงของเปลือกหอยในช่วงเวลา 12 สัปดาห์



กราฟที่ 4.2.2 แสดงขนาดของหอยเชอรี่ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์



กราฟที่ 4.2.3 แสดงน้ำหนักหอยเชอรี่ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์

4.10 ผลของการทดสอบกรดควันไม้ต่อการปราบหอยเชอรี่

จากการทดสอบประสิทธิภาพของกรดควันไม้ 4 ระดับความเข้มข้น คือ 0:200, 1:200, 5:200 และ 10:200 ในห้องปฏิบัติการ ต่อหอยเชอรี่ตัวเต็มวัยขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย 35.20 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 13.5 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อถัง จำนวน 5 ซ้ำ มีผลการศึกษาดังนี้

จากตารางที่ 4.10.1- 4.10.4 นั้น เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ทราบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.515 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation) ของการทดลอง เท่ากับ 49.49 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1: 200 ในช่วงเวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยการตายของหอยเชอรี่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่เวลา 72 ชั่วโมง กับ 48 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมงนั้นมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.1 ผลของการทดสอบผลของกรดควันไม้ต่อการปราบหอยเชอรี่

ความเข้มข้น ของกรด ควันไม้ อัตราส่วน กรดควัน ไม้ : น้ำ	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนการตายของหอยเชอรี่ (ตัว)					รวม จำนวน การตาย ของ หอยเชอรี่ ทั้งหมด (ตัว)	เฉลี่ย
		ซ้ำ ที่ 1	ซ้ำ ที่ 2	ซ้ำ ที่ 3	ซ้ำ ที่ 4	ซ้ำ ที่ 5		
0 : 200 (กลุ่ม ควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0	0.0
	48	0	0	0	0	0	0	0.0
	72	0	0	0	0	0	0	0
1:200	24	0	0	0	0	0	0	0.0
	48	1	2	1	1	0	5	1.0
	72	8	6	5	6	5	30	6.0
5:200	24	1	1	1	0	0	3	0.6
	48	2	3	2	4	2	13	2.75
	72	8	8	7	7	8	38	7.6
10:200	24	1	2	2	3	2	10	2.0
	48	5	4	3	4	2	18	3.6
	72	10	10	10	10	10	50	10.0
รวม	รวมหอยเชอรี่ ทั้งหมด 200 ตัว	36	36	31	35	29	167	
เฉลี่ย		12.0	3.0	2.58	2.92	2.42	4.58	

ตารางที่ 4.10.2 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

ที่เวลา	จำนวนการตายในกลุ่มควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							เปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
48	0	0	1	2	1	1	0	5	10.00
72	0	8	6	5	6	5	30	6	60.00

จากตารางที่ 4.10.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้นกรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.00, 10.00 และ 60.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ เนื่องจากผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1: 200 ในช่วงเวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV (%)
ทรีทเมนต์	2	103.33	51.67	38.85	0.515	49.49
ความคลาดเคลื่อน	12	9.0	1.33			
รวม	14	112.33				

ตารางที่ 4.10.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ โดยวิธีของฟิชเชอร์

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
72	6.0		
48	1.0	5*	
24	0.0	6*	1 ^{ns}

$$LSD_{.05} = 1.589$$

* = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.10.5 – 4.10.7 นั้น เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 5:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ทราบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.267 และ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation) ของการทดลอง เท่ากับ 16.59 % ค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 5: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.5 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 5:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

ที่เวลา	จำนวนการตายในกลุ่มควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							ร้อยละเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
24	0	1	1	1	0	0	3	0.6	6.00
48	0	2	3	2	4	2	13	2.6	26.0
72	0	8	8	7	7	8	38	7.6	76.0

จากตารางที่ 4.10.5 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้นกรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 5:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 6.00, 26.00 และ 76.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ เนื่องจากผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 5: 200 ในช่วงเวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV
ทรีทเมนต์	2	130	65.0	182.07	0.267	16.59 %
ความคลาดเคลื่อน	12	5.6	0.357			
รวม	14	135.6				

ตารางที่ 4.10.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 5: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ โดยวิธีของฟิชเชอร์

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
72	7.6		
48	2.6	5.0*	
24	0.6	7.0*	2.0 *

$$LSD_{.05} = 0.8234$$

* = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.10.8 – 4.10.10 นั้น เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้: น้ำ เท่ากับ 10:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.578 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation) ของการทดลอง เท่ากับ 24.85 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 10: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อ หอยเชอรี่ นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10:200 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่เวลา 72 ชั่วโมงกับ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมงกับ 48 ชั่วโมงนั้น มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.8 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 10:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

ที่เวลา	จำนวนการตายในกลุ่มควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							เปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
24	0	1	2	2	3	2	10	2.0	20
48	0	5	4	3	4	2	18	3.6	36
72	0	10	10	10	10	10	50	10.0	100

จากตารางที่ 4.10.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้นของกรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 10:200 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 20.00, 36.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ เนื่องจากผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 10: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV
ทรีทเมนต์	2	179.2	89.6	53.65	0.578	24.85 %
ความคลาดเคลื่อน	12	7.2	1.67			
รวม	14	186.4				

ตารางที่ 4.10.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 10: 200 ในช่วงเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อหอยเชอรี่ โดยวิธีของฟิชเชอร์

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
72	10.0		
48	3.6	6.4*	
24	2.0	8.0*	1.6 ^{ns}

$$LSD_{.05} = 1.781$$

* = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.10.11 – 4.10.13 นั้น เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ทราบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.86 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation) ของการทดลอง เท่ากับ 233.35 % และค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.11 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น ของกรดควัน ไม้	จำนวนการ ตายในกลุ่ม ควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							เปอร์เซ็นต์ การตายที่ แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
1:200	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
5:200	0	1	1	1	0	0	3	0.6	6.0
10:200	0	1	2	2	3	2	10	2.0	20.0

จากตารางที่ 4.10.11 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.00 ,10.00 และ 60.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควัน ไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

แหล่งของความ แปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV
ทรีทเมนต์	2	10.53	5.265	1.404	0.866	223.35%
ความคลาดเคลื่อน	12	3.2	3.75			
รวม	14	13.73				

ตารางที่ 4.10. 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
1:200	2.0		
5:200	0.6	0.14 ^{ns}	
10: 200	0.0	2.0 ^{ns}	0.6 ^{ns}

$$LSD_{.05} = 2.66$$

ns = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.10.14-4.110.16 นั้น เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอร์รี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้: น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.48 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation) ของการทดลอง เท่ากับ 43.85% และค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 และ 5:200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 กับ 10 :200 และ 10: 200 กับ 5 : 200 นั้นมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.14 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น ของกรดควัน ไม้	จำนวนการ ตายในกลุ่ม ควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							เปอร์เซ็นต์ การตายที่ แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
1:200	0	1	2	1	1	0	5	1.0	10
5:200	0	2	3	2	4	2	13	2.6	26
10:200	0	5	4	3	4	2	18	3.6	36

จากตารางที่ 4.10.14 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมงเท่ากับ 10.00 ,26.00 และ 36.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควัน ไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง

แหล่งของความ แปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV
ทรีทเมนต์	2	17.2	8.6	7.45	0.48	43.85%
ความคลาดเคลื่อน	12	10.4	1.154			
รวม	14	27.6				

ตารางที่ 4.10.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 48 ชั่วโมง

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
1:200	3.6		
5:200	2.75	0.85 ^{ns}	
10: 200	1.00	2.6 *	1.75 *

$$LSD_{.05} = 1.48$$

ns = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.10.17-4.10.19 เป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์คือใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference, LSD) ทำให้ทราบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean) มีค่าเท่ากับ 0.334 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (coefficient of variation)ของการทดลองเท่ากับ 16.43% และค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1:200 กับ 5 : 200 และ 1:200 กับ 10 :200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ระดับความเข้มข้น และ 10: 200 กับ 5 : 200 นั้นมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 4.10.17 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตายของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง

ความเข้มข้น ของกรดควัน ไม้	จำนวนการ ตายในกลุ่ม ควบคุม (ตัว)	จำนวนการตายในกลุ่มทดลอง (ตัว)							เปอร์เซ็นต์ การตายที่ แท้จริง
		1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
1:200	0	8	6	5	6	5	30	6.0	60
5:200	0	8	8	7	7	8	38	7.6	76
10:200	0	10	10	10	10	10	10	10.0	100

จากตารางที่ 4.10.13 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเชอรี่ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 เวลา 72 ชั่วโมง เท่ากับ 60.00 ,76.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหอยเชอรี่ที่ถูกควบคุมด้วยกรดควันไม้ ที่ความเข้มข้น กรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง

แหล่งของความ แปรปรวน	df	SS	MS	F	Standard error of treatment mean	CV
ทรีทเมนต์	2	40.533	20.267	12.136	0.334	16.43%
ความคลาดเคลื่อน	12	7.2	1.67			
รวม	14	47.733				

ตารางที่ 4.10.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ของการทดลองผลของกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:200, 5:200 และ 10 : 200 ที่เวลา 72 ชั่วโมง

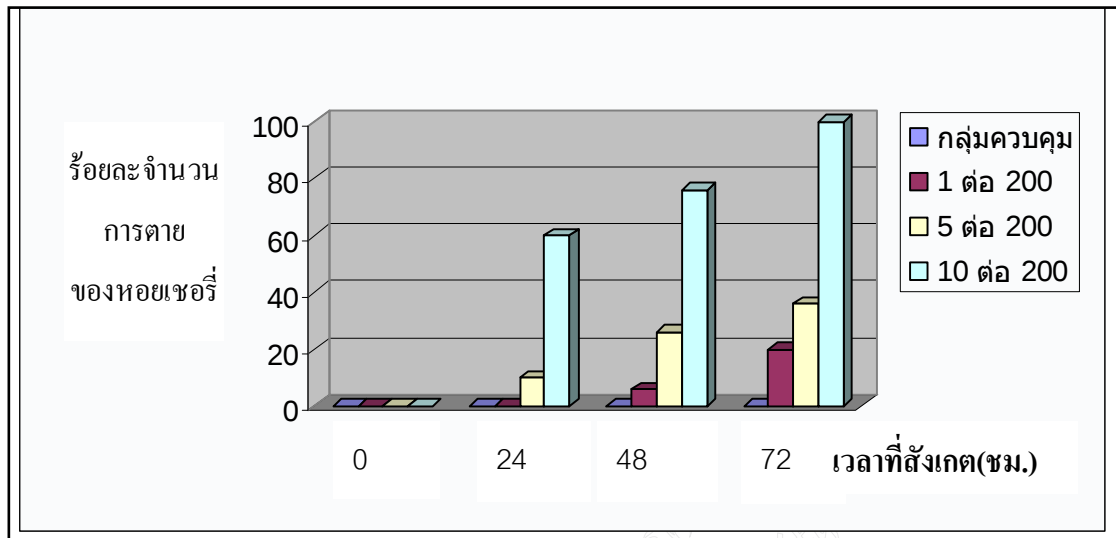
ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย	ความแตกต่าง	
		$Y_A - Y_i$	$Y_B - Y_i$
1:200	10.0		
5:200	7.6	2.4 *	
10: 200	6.0	4.0*	1.6 ^{ns}

$$LSD_{.05} = 1.78$$

ns = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงการตายของหอยเชอรี่ภายหลังได้รับกรดควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นและช่วงเวลาต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการเคมีโดยความเข้มข้นของกรดควันไม้มีผลต่ออัตราการตายของหอยเชอรี่หลังจากได้รับสารละลายกรดควันไม้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ และระยะเวลาที่หอยสัมผัสสารละลายกรดควันไม้จะแปรผันโดยตรงกับอัตราการตายของหอยเชอรี่ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ที่อัตราความเข้มข้นกรดควันไม้ต่อน้ำ คือ 10 : 200 สามารถฆ่าหอยเชอรี่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และ รองลงมาเป็นที่ความเข้มข้น 5:200 และ 1: 200 สามารถฆ่าหอยเชอรี่ได้ 76% และ 60 % ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิรูปที่ 4.3



กราฟที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงการตายของหอยเชอรี่ภายหลังได้รับกรดวันไม้ที่ระดับความเข้มข้นและช่วงเวลาต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการเคมี

4.11 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเมื่อผสมกรดวันไม้ลงในน้ำ

4.11.1 วัดค่าพีเอชของน้ำ

ระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ทดสอบคือ 0 (น้ำก่อนเลี้ยง), อัตราส่วนของกรดวันไม้ : น้ำ คือ 1:200, 5:200 และ 10:200 โดยวัดที่ช่วงเวลา 0, 24, 48 และที่ 72 ชั่วโมง พบว่าทุกระดับความเข้มข้นมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.78-3.15 (ตารางที่ 4.10.20)

4.11.2. การวัดอุณหภูมิของน้ำ

จากผลการทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของกรดวันไม้ที่ ช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิของน้ำที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ช่วงเวลาต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 28-24 °C (ตารางที่ 4.10.20)

4.11.3. การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

จากผลการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยการไทเทรตด้วยวิธี Modified winkler (Swingle, 1969) พบว่า ที่ความเข้มข้นกรดวันไม้เท่ากับ 0:200 (น้ำก่อนเลี้ยง) ปริมาณออกซิเจนไม่เปลี่ยนแปลงมากในแต่ละช่วงเวลา แต่ที่ความเข้มข้น 1:200, 5:200, 10:200 นั้นพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่าในน้ำก่อนเลี้ยง (ตารางที่ 4.10.20)

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของแต่ละช่วงเวลาเมื่อผสมกรดวันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของกรดวันไม้ ในน้ำ (อัตราส่วน กรดวันไม้ : น้ำ)	ค่าพีเอช ช่วงระยะเวลา(ชั่วโมง)				อุณหภูมิของน้ำ ช่วงระยะเวลา(ชั่วโมง)				ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (ppm) ช่วงระยะเวลา(ชั่วโมง)			
	0	24	48	72	0	24	48	72	0	24	48	72
0:200	6.77	6.78	6.74	6.71	28.0	28.5	27.9	28.0	7.36	7.25	7.38	7.38
1:200	5.78	3.26	3.68	3.72	26.3	26.0	26.1	26.2	5.22	5.19	5.32	5.52
5:200	3.91	3.24	3.55	3.29	26.8	25.2	25.8	26.0	4.79	3.51	3.54	3.82
10:200	3.21	3.33	3.24	3.15	26.5	26.8	26.9	26.8	2.89	2.15	2.77	2.95

จากตารางที่ 4.11

- ค่าพีเอชของน้ำลดน้อยลง จาก 6.78 -3.15
- ค่าของอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 28.5-26.2 องศาเซลเซียส
- ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)
มีค่าลดน้อยลง จาก 7.38-3.15 ppm

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตกรดควันไม้ ทำให้ทราบว่าถ้าเราเผาถ่านไปแล้วในช่วงปิดเตา โดยมีอุณหภูมิในเตา เฉลี่ย 500-550 องศาเซลเซียส ผลที่เกิดขึ้นในเตาเผาถ่าน คือ จะได้ประมาณ ผลผลิตถ่านปานกลาง การเกิดถ่านน้อย,คาร์บอนในถ่านสูง น้ำมันดินต่ำ ช่วงอุณหภูมินี้เป็นช่วงที่ถ่านสุกอย่างสมบูรณ์และมีคุณภาพ เมื่อนำถ่านที่ไปใช้งานในการปิ้งย่าง จะไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะมีน้ำมันดินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่ปนมากับถ่านน้อยโดยมีช่วงเวลาในการเผาดังนี้คือ ช่วง 1-2 ชั่วโมงแรก ถ่านจะชัน นั่นคือ การจุดไฟเผาไล่ความชื้นในเตาช่วง 2-3 ชั่วโมงต่อไป จะเป็นช่วงไม้ในเตาคายความร้อน คือจะไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาอีกต่อไป ช่วง 3-4 ชั่วโมง จะเป็นช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์ คือ การเปิดหน้าเตาเล็กน้อยเพื่อให้อากาศเข้าไปในเตาเพื่อจะทำให้ถ่านสุกบริสุทธิ์ขึ้นและช่วงสุดท้ายคือช่วงเวลา 8-9 ชั่วโมงจะเป็นการปิดเตา

จากการศึกษาการเผาถ่าน โคนใช้เตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร พบว่าได้ถ่านที่มีคุณภาพดี ประหยัด และใช้เวลาเพียง 1 วันในการเผาถ่าน ซึ่งเป็นเตาเผาที่มีคุณภาพโดยสามารถผลิตถ่านได้ 23.88 เปอร์เซ็นต์จากฟืน 50 กิโลกรัม และได้กรดควันไม้ดิบ 6.06 เปอร์เซ็นต์ กรดควันไม้ดิบนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จึงต้องนำไปตั้งตกตะกอนไว้ เป็นเวลา 3 เดือนเพื่อตกตะกอนน้ำมันดินออก โดยกรดควันไม้ที่มีคุณภาพดีนั้น จะมีน้ำมันดินปนเปื้อนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในกรดควันไม้ที่ใช้ในการทดลองนี้มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.987 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณกรดควันไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 5.996 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาจะนำกรดควันไม้ที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมาตรวจสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่ากรดควันไม้ที่ได้จากการเผาแบบนี้ก็มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนี้ คือมีลักษณะเป็นของเหลวใส มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน ไม่มีสิ่งแปลกปลอมหรือสารแขวนลอย มีกลิ่นเหมือนควันไฟ มีค่าพีเอช เท่ากับ 2.98 และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.026 ในด้านการตรวจสอบคุณสมบัติของกรดควันไม้ โดยการกลั่นลำดับส่วนจากการนำกรดควันไม้มากลั่นซ้ำด้วยการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารใดสารหนึ่งออกมาเพื่อสามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์และนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้ ดังนั้นเนื่องจากกรดควันไม้มีสภาพที่เป็นกรด พบว่าอุณหภูมิ 98-100°C นี้เป็นช่วงที่สารกลั่นตัวออกมากที่สุดซึ่งเมื่อดูจากเส้นกราฟ สารที่ออกมาได้จะมีมากในช่วง

อุณหภูมิ 90-100 °C ดังนั้น จึงทำการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกกรดอะซิติกออกมาและคำนวณหาความเข้มข้นที่มีในกรดควันไม้ และกรดควันไม้ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสนี้ มีสภาพความเป็นกรดหรือมีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิติก เท่ากับ 93.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิติก ในกรดควันไม้ที่ได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา (จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ, 2548) โดยพบว่า กรดควัน ไม้มีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิติกเท่ากับ 93.847-126.471 กรัมต่อลิตร

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ พบว่าหอยมีน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากออกจากเปลือกไข่ โดยมีความกว้าง 0.15 เซนติเมตร ความสูง 0.20 เซนติเมตร ขนาด 0.001 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.002 กรัมจากการเจริญเติบโตของลูกหอยจนครบ 12 สัปดาห์ มีความกว้าง ความสูง ขนาด และน้ำหนัก เปลี่ยนแปลงเพิ่มเป็น จาก 0.15 เป็น 1.71 เซนติเมตร, จาก 0.20 เป็น 2.23 เซนติเมตร, จาก 0.001 เป็น 1.708 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.002 เป็น 2.95 กรัม ดังตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 4.2.1, 4.2.2 และ 4.23

จากการทดสอบประสิทธิภาพของกรดควันไม้ 4 ระดับความเข้มข้น คือ 0:200, 1:200, 5:200 และ 10:200 ในห้องปฏิบัติการ ต่อหอยเชอรี่ตัวเต็มวัยขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย 35.20 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 13.5 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อถัง จำนวน 5 ซ้ำ

จากผลการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0:200, 1:200, 5:200 และ 10:200 ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเท่ากับ 0.0, 0.0, 6.0 และ 20.00 ตามลำดับ ที่เวลา 48 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงเท่ากับ 0.0, 10.0, 26.0, และ 36.0 ตามลำดับ และที่เวลา 72 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การตายของหอยเท่ากับ 0.0, 60.0, 76.0 และ 100.00 ตามลำดับ และผลการทดลองที่เวลา 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นของกรดควันไม้ 1:200 พบเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเท่ากับ 0.00, 10.00 และ 60.00 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 5:200 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเท่ากับ 0.00, 6.0, 26.0 และ 76.0 ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 10:200 พบเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงของหอยเท่ากับ 20.0, 36.0 และ 100

ดังนั้นพบว่าเมื่อใช้กรดควันไม้ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของหอยเชอรี่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของกรดควันไม้ : น้ำ เท่ากับ 10:200 เป็นระดับที่สามารถฆ่าหอยเชอรี่ได้ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ที่เวลา 72 ชั่วโมง รองลงมาเป็นที่ ความเข้มข้นเท่ากับ 5:200 และ 1: 200 โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายที่ถูกต้องเท่ากับ 76 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มุลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (2547) กล่าวว่ากรดควันไม้มีสารประกอบประเภท เมทานอล ฟอร์มัลดีไฮด์ อะซีโตน ฟีนอล ซึ่งคุณสมบัติของสารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษสูง คมสัน (2547) กล่าวว่า กรดควัน ไม้มีผลช่วยยับยั้งการฟักไข่ของแมลงวันบ้านในมูลสัตว์ กำจัดเพลี้ย หนอนได้ ดังนั้นการตายของหอยเชอรี่น่าจะเกิดจากได้รับสารดังกล่าวในกรดควันไม้

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในด้านอุณหภูมิ ค่าพีเอช และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ พบว่า ค่าพีเอชของน้ำลดน้อยลง จาก 6.78 ถึง 3.15 ค่าของอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 28.5-26.2

ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) มีค่าลดน้อยลง จาก 7.38 ถึง 3.15 ppm

จากมาตรฐานของน้ำที่ดี ค่าพีเอชของน้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดี ของปลานั้นอยู่ในช่วงพีเอชระหว่าง 5.3-7.8 ซึ่งในการทดลองนั้น ค่าพีเอชของน้ำค่อย ๆ ลดลง จาก พีเอช 6.78 ถึง 3.15 ซึ่งค่าพีเอชของน้ำที่ใช้เลี้ยงมีแนวโน้มมีสภาพเป็นกรด ถ้าไม่มีการถ่ายเทของน้ำ

จากมาตรฐานน้ำที่ดี อุณหภูมิของน้ำควรอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ซึ่งในน้ำที่ใช้กรด ควันไม มีอุณหภูมิของน้ำในช่วง 28.6-26 องศาเซลเซียส และจากมาตรฐานน้ำที่ดีในด้านปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่า ไม่ต่ำกว่า 3 ppm ซึ่งผลการทดลองพบว่า มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ ละลายในน้ำลดลง จาก 7.38- 3.15 ppm แต่ยังไม่ต่ำกว่า 3 ppm ดังนั้นกรดควันไมจึงไม่ทำให้น้ำเสีย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการประยุด์นำกรดควันไมที่ได้ไปทดสอบในพื้นที่จริง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ของสารให้ได้อย่างแท้จริง เนื่องจากมีปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่จะส่งผลทำให้การทดสอบใน ห้องปฏิบัติการแตกต่างจากพื้นที่จริงได้ นอกจากนี้ในการประยุด์ใช้ในพื้นที่จริงแล้วควรที่จะมีการ คำนึงถึงการลงทุน และผลที่ได้รับร่วมด้วย เพื่อดูความคุ้มค่า เพราะในการนำมาใช้ ต้องใช้ในปริมาณ มาก โดยปกติแล้วกรดควันไมเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านของชาวบ้านแต่ทั้งนี้การนำกรดควันไม มาใช้ต้องใช้ในปริมาณมาก ควรมีการคิดอุปกรณ์ที่จะช่วยให้วันเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำได้เร็วก็ จะทำให้การเผาถ่านแต่ละครั้งจะได้ กรดควันไมในปริมาณมากด้วยเช่นกัน

2. กรดควันไมที่ผสมน้ำเปล่าที่ใช้ในการทดลองไม่ควรทิ้งไว้นานเกินไป (ควรไม่เกิน 1-2 สัปดาห์) หากจะนำมาทดลองอีกครั้งควรผสมใหม่ มิเช่นนั้นประสิทธิภาพอาจลดลง

3. หลังจากเก็บข้อมูลตามวันที่กำหนดแล้ว ถ้าหากตัวเต็มวัยของหอยเชอรี่ยังไม่ตายให้สังเกต ผลต่อไป จนกว่าตัวเต็มวัยจะตาย

4. ควรมีการทดสอบด้านพิษวิทยาของกรดควันไมด้วย

5. ควรมีการศึกษาด้านสรีระพิษวิทยา เพื่อศึกษาความผิดปกติของเนื้อเยื่อ หลังจากให้หอยเชอรี่ ได้รับกรดควันไม

6. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของกรดควันไมชนิดอื่น ๆ เพื่อนำไปประยุด์ใช้ทดแทน สารเคมีในอนาคตได้

7. ในการแยกสารแต่ละชนิดออกจากกรดควันไมนั้น ควรใช้การกลั่นลำดับส่วน ซึ่งควรมีการออกแบบประดิษฐ์เครื่องมือ และสถานะในการใช้ให้เหมาะสมจึงจะสามารถได้ปริมาณกรดควันไมน์ที่บริสุทธิ์และผลิตเป็นอุตสาหกรรมผลิตยาได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

บรรณานุกรม

- เกียรติศักดิ์ สุตะพรหม. (2548). อุปสงค์น้ำส้มควันไม้ในฟาร์มเกษตรอินทรีย์ของจังหวัด
ยโสธร. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรมป่าไม้.(2528).REX Newsletter : โครงการส่งเสริมการปลูกป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ระยะที่ 1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร.
กรมส่งเสริมการเกษตร. (2538). โครงการรณรงค์ป้องกันกำจัดหอยเชอรี่. กรมส่งเสริมการเกษตร,
กรุงเทพฯ. 28 น.
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. กระทรวงอุตสาหกรรม.
ขนิษฐ ทวีการ. (2546). ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. กรุงเทพฯ. 48 น.
คมสัน หุตะแพทย์. (2548). น้ำส้มควันไม้. เกษตรกรรมธรรมชาติ. (6): 19-53
จิระพงษ์ คูหากาญจน์. (2550). คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:
เกษตรกรรมธรรมชาติ.
———— (2548). เทคนิคการผลิตถ่าน.วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ. 8,(6). 21-34.
จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี. (2548). การทำเตาเผาถ่านด้วยถัง 200 ลิตร และการเก็บน้ำส้มควันไม้.
วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ. 8,(6). 35-39.
จุฑารัตน์ อาจหาญ. (2550). งานวิจัยเรื่อง ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อการงอก, การเจริญเติบโต
และผลผลิตของคะน้าจีน. สกลนคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ.
จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และ สุชินันท์ พฤษย์พัฒนรักษ์. (2548). งานวิจัยเรื่อง การศึกษา
เบื้องต้นเพื่อประเมินคุณลักษณะน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา. สงขลา.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
ชญาณัฐ รวมตะกู, ดรุณี โชติษฐียงกูร และ อนันต์ พลธานี. (2547). งานวิจัยเรื่องผลของ
น้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวหอมมะลิ 105, 246-256 น. ในการ
สัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
ชมพูนุช จรรยาเพชรและทักษิณ อาชวาคม. (2542). หอยเชอรี่. น. 1-13. ในเอกสารประกอบการ
ประชุมสัมมนา เรื่องหอยเชอรี่ โดยกองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร และสมาคมกัญ
และสัตววิทยาแห่งประเทศไทย,ขอนแก่น.

- ครุณี โชติษฐยางกูร, สนั่น จอกลอย, และโสภณ วงศ์แก้ว. (2550). งานวิจัยเรื่องอิทธิพลของ
น้ำส้มควันไม้ต่อ: II. การทำลายเห็บดิน เพลี้ยไฟ และปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราและ
สารอะฟลาทิกซินในถั่วลิสงเมล็ดโต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทวีศักดิ์ ศิริพรไพบุลย์. (2547). การวิเคราะห์ความแปรปรวน. ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร.
- นารณ พรหมรังสรรค์. (2548). การใช้สารเคมีกำจัดหอยเชอรี่. โครงการเคมี.
- ปัทมา แซ่กิม. (2543). ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ทำลายพืชใน
หอยเชอรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. คู่มือปฏิบัติการ
เคมี 2. นครสวรรค์ : ผู้แต่ง
- เพชร ชิดสิน. (2549). การวิเคราะห์ระบบธุรกิจเกษตรและผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนผลิต
ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
(ธุรกิจการเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์ภัตรา ทัพพะวาสน์และ สุชินันท์ พฤษย์พัฒนรักษ์. (2549). งานวิจัยเรื่อง การศึกษาการใช้ น้ำส้ม
ควันไม้เพื่อเพิ่มคุณภาพยางแผ่น. สงขลา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. (2549). การเผาถ่านคุณภาพสูงปลอดสารก่อมะเร็ง. วารสารเกษตรกรรม
ธรรมชาติ. 9, (8). 23-27.
- พุทธพร วิวิจารณ์. (2550). ปัญหาพิเศษ เรื่อง อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้และ
ระยะเวลาการแช่เมล็ดต่อการงอกของเมล็ดคั่ว, ถั่วฝักยาว, ข้าวเหนียวและข้าวโพด. สกลนคร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ.
- พวงชมพู ลุนจักร. (2549). การวิจัยเรื่องผลของการใช้สารน้ำส้มควันไม้ต่อการควบคุมไข่ ตัวอ่อน
และดักแด้หนอนแมลงวัน. สาขาวิชาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ. สกลนคร:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. เอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการเคมี
อินทรีย์. พิษณุโลก : ผู้แต่ง.
- มันสิน ตันจุลเวศม์. (2540). คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ. 352 น.

- มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย). (2548). **ประสบการณ์ของเกษตรกรในการใช้น้ำส้มควันไม้ และข้อควรระวังในการใช้น้ำส้มควันไม้** (online). แหล่งที่มา. www.sathai.org.
- มงคล ติ่งอ่อน. (2549). การประยุกต์ใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อการผลิตพืช. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 14, (3). 6-9.
- ลือพงษ์ ลือนาม. (2549). การใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้ในการเกษตร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 24, (3). 106-115.
- วัชรภรณ์ รวมธรรม. (2545) ผลของสารสกัดหัวแห้งเหี่ยว ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ เอสเทอร์เอสและกลูตาไทโอน เอส- ทรานสเฟอเรส ในระบบทางเดินอาหารของหอยเชอรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศิริวรรณ ทิพรักษ์, ตรีณี โชติษฐียงกูร และ อนันต์ พลธานี. (2550). งานวิจัยเรื่องผลของ น้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. (2549). **คู่มือการเผาถ่าน 200 ลิตร**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : พิมพ์ศรีพรินติ้ง เซ็นเตอร์ จำกัด.
- อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. (2549). **วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อลงกรณ์และคณะ. (2549). งานวิจัย เรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องเก็บกรดควันไม้ออกมาเพื่อใช้นำ ร่องที่ชุมชนเครือข่ายภาคอีสาน. บุรีรัมย์: วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์.
- อัญชลีกร โสมเกษตริน. (2542). **ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาที่มีผลต่อหอยเชอรี่**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Adio Yasuhara and Ginji Sugiura. (1987). **Volatile Compounds in Pyroligneous Liquids from Karamatsu and Chishima- sasa**. National Institute for Environmental Studies. Japan Forest Development Technological Institute : 3049-3060.
- Ghesquiere, S. (2000). **Apple snails**. Anatomy. Available <http://www.dds.nl/~snc/anatomy.htm>, July 15, 2000.
- Matsumura, F. (1976). **Toxicology or Insecticide**. 2nd ed., Plenum press, New York. 503 p.

ภาคผนวก ก.

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์

1. การหาความถ่วงจำเพาะ

ตามทฤษฎี ที่กล่าวว่า ความถ่วงจำเพาะ เป็นอัตราส่วน เปรียบเทียบ ระหว่างค่าความหนาแน่นของวัตถุ กับค่าความหนาแน่น ของของไหลมาตรฐาน การทดสอบวัสดุในงานเซรามิกส่วนมาก วัสดุจะอยู่ในรูปของแข็ง ได้แก่ ดิน หิน แร่ ออกไซด์ และสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งของไหลมาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ น้ำ โดยที่น้ำ มีความหนาแน่นประมาณ 1 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุใด ๆ ที่ใช้ค่าความหนาแน่นของน้ำ เป็นของไหลมาตรฐานในการเปรียบเทียบ จึงมีค่าใกล้เคียงที่สุด หรือถือได้ว่าเท่ากับค่าความหนาแน่นของวัตถุนั้น ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ} &= \text{ความหนาแน่นของวัตถุ} / \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \\ &= \text{ความหนาแน่นของวัตถุ} / 1\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ} = \text{ความหนาแน่นของวัตถุ}$$

ค่าความหนาแน่น ที่ได้จากการทดสอบ จึงหมายถึง ค่าความถ่วงจำเพาะ ของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งการทดสอบ หาค่าความหนาแน่น ในทางเซรามิก มีหลายวิธี จำแนกตามลักษณะของวัสดุที่ต้องการทดสอบ เช่น วัสดุอยู่ในรูปผงจะหาความหนาแน่นโดยใช้ขวดพิคโนมิเตอร์ (Pycnometer) หากเป็นก้อนวัสดุ ใช้การชั่งน้ำหนักวัสดุ นำมาเปรียบเทียบกับมวลของน้ำ ถ้าเป็นของผสม เช่น น้ำดิน น้ำเคลือบ ใช้การหาค่าความหนาแน่น โดยการชั่งน้ำหนัก หรือใช้ไฮโดรมิเตอร์ แต่หากของผสมอยู่ในรูปผงแห้ง สามารถหาค่าความหนาแน่น โดยการคำนวณ

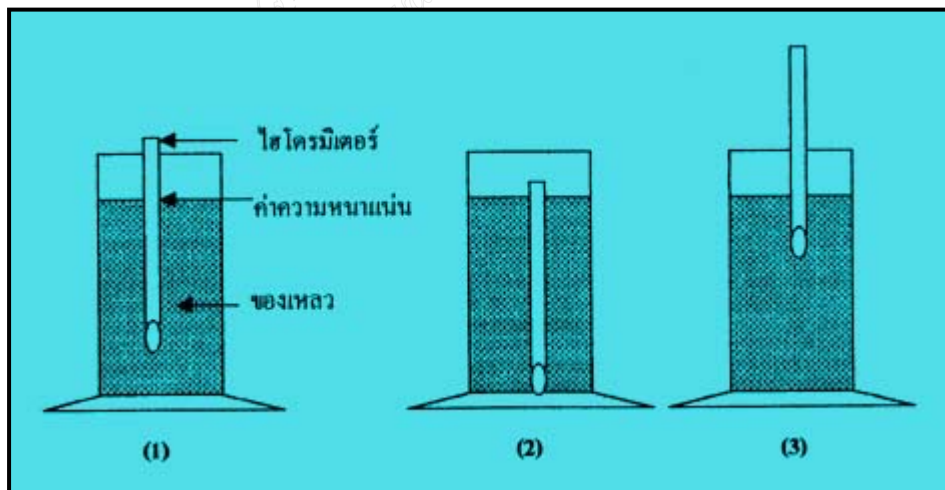
2. การหาค่าความหนาแน่นโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

ไฮโดรมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดความหนาแน่น ของตัวอย่างที่อยู่ในรูปของเหลว อาจเป็นสารเดี่ยว เช่น น้ำ กลีเซอริน และน้ำมัน เป็นต้น หรืออยู่ในรูปของผสม หรือสารแขวนลอย เช่น น้ำดิน น้ำเคลือบ ซึ่งของเหลวต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีความหนาแน่น ต่างกัน และไฮโดรมิเตอร์แต่ละอัน ก็จะใช้สำหรับ การวัดค่าความหนาแน่นของ ของเหลวที่ความหนาแน่นช่วงหนึ่งเท่านั้น โดยที่ช่วงของความหนาแน่น ที่จะใช้ไฮโดรมิเตอร์ มาวัดนี้ จะแตกต่างกันตาม การผลิตของผู้ผลิต ไฮโดรมิเตอร์บางอัน สามารถวัดความหนาแน่นของ ของเหลวในช่วงแคบ เช่น ระหว่าง 1.6–1.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่บางอัน สามารถวัดความหนาแน่นช่วงกว้าง เช่น ระหว่าง 1–2

กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นต้น ดังนั้นการนำไฮโดรมิเตอร์มาใช้งาน ผู้ใช้ควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับของเหลว ที่ต้องการวัดความหนาแน่นเป็นเบื้องต้นว่าจะมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงใดหรือประมาณเท่าใด เพื่อให้สามารถจัดหา และเลือกใช้ไฮโดรมิเตอร์ได้ถูกต้อง

การใช้งานไฮโดรมิเตอร์ โดยจุ่มไฮโดรมิเตอร์ ลงในของเหลว ที่ต้องการวัดค่าความหนาแน่น ปลอยให้ไฮโดรมิเตอร์ จมลงในของเหลว จนกระทั่งหยุดนิ่ง จึงอ่านค่าความหนาแน่นจากระดับตัวเลข บนแท่งไฮโดรมิเตอร์ บริเวณผิวของของเหลว (ภาพที่ 5.1 (1)) กรณีที่แท่งไฮโดรมิเตอร์จมน้ำหมด (ภาพที่ 5.1 (2)) แสดงว่า ต้องใช้ไฮโดรมิเตอร์ใหม่ ที่มีระดับค่าการวัดความหนาแน่น ต่ำกว่าเดิม เนื่องจาก ของเหลวมีความหนาแน่นต่ำกว่า ระดับความหนาแน่นของไฮโดรมิเตอร์ ที่ใช้อยู่ ในทางตรงข้าม กรณีที่ ไฮโดรมิเตอร์ลอยอยู่บนผิวของเหลว หรือ จมเพียงเล็กน้อยไม่อยู่ในระดับ ที่จะอ่านค่าความหนาแน่นได้ (ภาพที่ 5.1 (3)) หมายถึง ค่าความหนาแน่นของ ของเหลวสูงกว่าที่จะใช้ไฮโดรมิเตอร์ อันดังกล่าววัด หรือหมายถึง ของเหลวมีความหนืดสูงแรงตึงผิวสูง

ไฮโดรมิเตอร์ จึงไม่สามารถจมน้ำลงได้ สิ่งที่ต้องระวัง สำหรับการใช้ไฮโดรมิเตอร์คือ การไม่ทราบค่าความหนาแน่น ของของเหลว และใช้ไฮโดรมิเตอร์ ที่มีระดับความหนาแน่นสูงกว่า ระดับความหนาแน่นที่ต้องการทราบ เมื่อนำมาใช้งาน หลังปล่อยมือ ไฮโดรมิเตอร์จะจมลง สู้กับภาชนะอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งกระเปาะของไฮโดรมิเตอร์ กระแทกกับก้นภาชนะ และแตกได้



รูปที่ 5.1 การใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดค่าความหนาแน่น

3. การกลั่น

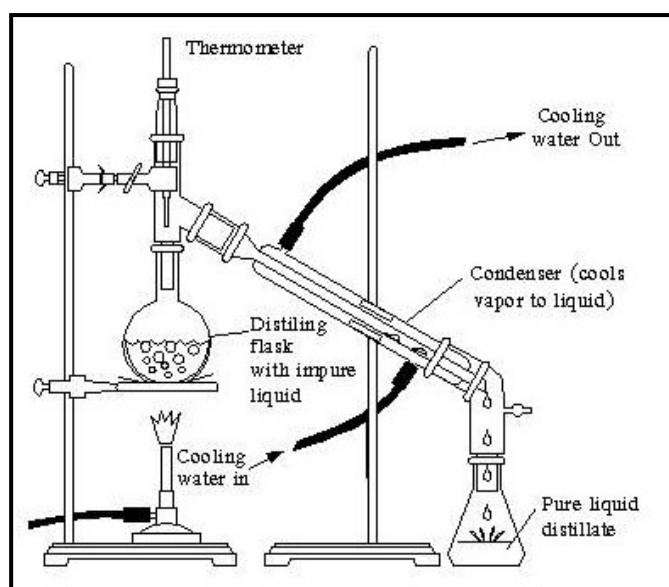
การกลั่นเป็นวิธีการทำน้ำให้บริสุทธิ์ทางกายภาพวิธีหนึ่งซึ่งใช้กันมานาน ทำโดยการต้มน้ำจนเดือด แล้วให้น้ำกลั่นตัวที่คอนเดนเซอร์ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำมาก ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำซึ่งเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ วิธีนี้สามารถกำจัดเชื้อต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส สำหรับในห้องปฏิบัติการ น้ำกลั่นเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำปฏิกิริยา โดยมีเครื่องกลั่นน้ำ (distillation equipment) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้สำหรับผลิตน้ำกลั่น ซึ่งเครื่องมือนี้นอกจากจะใช้สำหรับกลั่นน้ำแล้วยังสามารถใช้ร่วมในปฏิกิริยาการวิเคราะห์หลายอย่าง

การกลั่นเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในการทำของเหลวให้บริสุทธิ์ ใช้สำหรับแยกของเหลวที่ผสมรวมกับของแข็ง หรือแยกของเหลว 2 ชนิดขึ้นไปที่ผสมจนกลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกันออกจากกัน โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือดเป็นปัจจัยในการแยกการกลั่นเป็นกระบวนการที่ทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้อไอน้ำควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ในขณะที่กลั่นของเหลวผสม ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอแยกออกมา ก่อน แล้วของเหลวที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะแยกออกมาภายหลัง

3.1 ประเภทของการกลั่น

การกลั่นมีหลายประเภท ได้แก่ การกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นลำดับส่วน และการกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่นแบบธรรมดา (simple distillation) การกลั่นแบบธรรมดาเหมาะสำหรับการแยกสารละลายที่ตัวถูกละลายเป็นสารที่ระเหยยาก มีจุดเดือดสูงกว่าตัวทำละลายมาก (ต่างกันมากกว่า 80°C) เช่น น้ำเชื่อม น้ำเกลือ นอกจากนี้ ยังใช้แยกของเหลว 2 ชนิด ที่มีจุดเดือดต่างกันมากๆ ออกจากกันได้ โดยในขณะที่กลั่น ตัวทำละลายจะถูกแยกออกมาแต่ตัวถูกละลายจะยังคงอยู่ในขวดกลั่น จึงทำให้สามารถแยกตัวทำละลายบริสุทธิ์ออกจากสารละลายได้ ตัวอย่างของการกลั่นแบบธรรมดา ได้แก่ การกลั่นน้ำเกลือ ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำ (จุดเดือด 100°C) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (จุดเดือด $1,413^{\circ}\text{C}$) เมื่อสารละลายได้รับความร้อน จะมีแต่น้ำเท่านั้นที่กลายเป็นไอน้ำออกมา เมื่อไอน้ำผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์ ซึ่งมีน้ำเย็นไหลเวียนตลอดเวลาไอน้ำจะควบแน่นกลายเป็นน้ำบริสุทธิ์ออกมา ในขณะที่เกลียวยังคงอยู่ในสารละลายในขวดกลั่น ถ้ายังคงกลั่นต่อไปจนแห้งจะเหลือแต่เกลียวยังอยู่ในขวดกลั่น จึงทำให้สามารถแยกน้ำกับเกลียวยออกจากกันได้ เครื่องมือสำหรับกลั่นแบบธรรมดา (ดังรูปที่ 5.2) ประกอบด้วยขวดกลั่น มีแขนด้านข้างเสียบหลอดอร์ค ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำหล่อ (water-cooled condenser) ที่มีปลายเฉียงลงเล็กน้อย การให้น้ำเข้าเครื่องควบแน่นต้องใช้อย่างอ่อนเท่านั้น การให้น้ำแรงทำให้เสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ให้น้ำเข้าทางปลายล่าง ที่ปากขวดกลั่นมีเทอร์มอมิเตอร์เสียบอยู่ กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ต้องให้อยู่ต่ำกว่าระดับ

แขนขดกลั่นประมาณ 5-10 มิลลิเมตร ยึดขดกลั่นและเครื่องควบแน่นด้วย ตัวหนีบยึด(clamp) และขาตั้งใช้แผ่นยาง (หรือกระดาษหรือเชือก) พันรอบคอขวด และเครื่องควบแน่น แล้วจึงยึดด้วย ตัวหนีบยึด อย่ายึดให้คับจนเกินไปเพราะจะทำให้แก้วแตก



รูปที่ 5.2 เครื่องมือสำหรับการกลั่นแบบธรรมดา

ขดกลั่นวางอยู่บนตะแกรงลวด อยู่ตรงกลางซึ่งวางอยู่บนเหล็กวงกลมหรือสามขาเหล็ก การที่ต้องใช้ตะแกรงลวดก็เพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอและไม่ให้ของเหลวในขดกลั่นได้รับความร้อนสูงเกินไป ซึ่งอาจทำให้ของเหลวและไอของมันสลายตัว

ปลายแขนด้านข้างของขดกลั่นที่เลียบทะลุจุกคอorkเข้าไปในเครื่องควบแน่น ควรให้ห่างจากจุกคอorkอย่างน้อย 2.5 เซนติเมตร และปลายเครื่องควบแน่นที่เลียบทะลุจุกคอorkเข้าไปในตัวปรับ (adapter) ก็เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวที่ได้ออก (distillate) ถูกกับจุกคอorkซึ่งจะทำให้ไม่บริสุทธิ์ และมีสีเปลี่ยนไป

ขวดที่ใช้กลั่นควรพอดีสำหรับใส่สารไม่เกิน $\frac{2}{3}$ ถ้าใส่ของเหลวมากเกินไปนี้ของเหลวอาจเดือดล้นออกมาทางแขนขดกลั่น ของเหลวไม่ควรน้อยกว่าครึ่งขวด ถ้าใช้ขวดใหญ่เกินไปสารที่กลั่นจะสูญเสียไปบ้าง เพราะไอของสารต้องกระจายให้เต็มขดกลั่น เมื่อหยุดกลั่นสารจะเย็นตัวลงและตกลงไปในขดกลั่น

ของเหลวเกือบทุกชนิดเมื่อทำให้ร้อนมักจะร้อนขวยยิ่ง (superheated) เสมอ อันทำให้ของเหลวนั้นเดือดพลุ่งขึ้นข้างบนอย่างรุนแรงเป็นระยะ ๆ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเดือดพลุ่ง

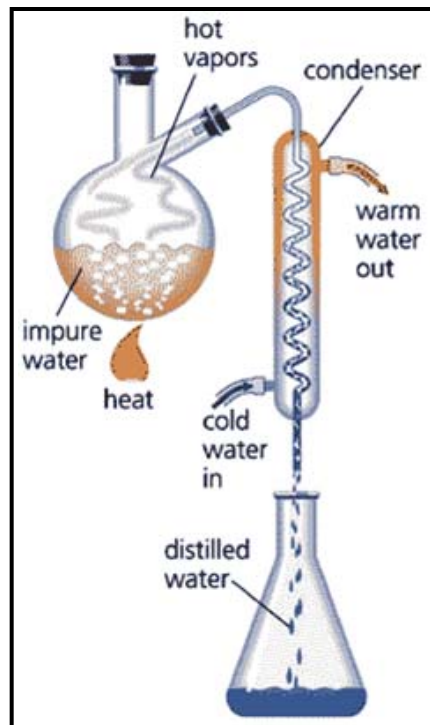
(bumping) ไอลงของสารก็มีอุณหภูมิสูงเกินจุดเดือดไปด้วย ทำให้จุดเดือดที่อ่านได้สูงเกินไป ปรากฏการณ์เช่นนี้จะแก้ไขได้โดยการใส่ชิ้นกันเดือดพลุ่ง (boiling chip) ลงในขวดที่มีของเหลวสัก 2-3 ชิ้น ซึ่งอาจเป็น คาร์บอร์รันดัม (carborundum) เศษกระเบื้องแตก หรือเศษกระเบื้องขาว (porcelain) อากาศที่อยู่ในรูเล็กๆ ที่มีอยู่ในชิ้นกันเดือดพลุ่งเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดฟอง จึงชักนำให้ของเหลวเดือดอยู่เสมอ ถ้าของเหลวที่กำลังเดือดอยู่นี้มีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าจุดเดือดของเหลวจะเข้าไปอุดตามรูทำให้ชิ้นกันเดือดพลุ่งเหล่านี้หมดประสิทธิภาพทันที ต้องรอให้ของเหลวมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดมาก ๆ ก่อนจึงจะใส่ชิ้นใหม่เข้าไปได้ อย่าใส่ชิ้นกันเดือดพลุ่งลงไปในของเหลวที่กำลังเดือด เพราะจะทำให้ของเหลวเดือดรุนแรงยิ่งขึ้นจนล้นออกมาจากขวดกลั่น

3.11 การกลั่นลำดับส่วน

การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการแยกสารสำหรับสารที่มีจุดเดือดแตกต่างกันน้อยกว่า 80°C เครื่องมือการกลั่นจะมีการเพิ่มคอลัมน์ลำดับส่วน (fractionating column) ไว้เหนือขวดกลั่น เมื่อของเหลวที่เราต้องการแยกระเหยกลายเป็นไอ ไอจะผ่านคอลัมน์ซึ่งภายในบรรจุลูกแก้วเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับไอ ลูกแก้วจะช่วยดูดความร้อนเอาไว้บางส่วนเพื่อให้คอลัมน์ด้านล่างมีอุณหภูมิสูงกว่าคอลัมน์ ด้านบนไอของสารที่มีจุดเดือดต่ำจะกลั่นตัวผ่านเครื่องควบแน่นออกมาเป็นของเหลวได้ก่อน ส่วนไอของสารที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะเมื่อถูกลูกแก้วอุณหภูมิจะลดต่ำลงและควบแน่นกลายเป็นของเหลวกลั่นลงสู่ขวดกลั่นหลาย ๆ ครั้ง

คอลัมน์ที่ใช้ในการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีหลายแบบด้วยกัน (รูปที่ 5.3) ตัวอย่างเช่นเป็น simple packed column บรรจุด้วยลูกปิดแก้ว เศษแก้วแตก แ่งแก้วสั้น เศษกระเบื้องเคลือบ หรือคาร์บอร์รันดัม เป็นต้น เป็น vigreux column ทำผนังคอลัมน์ให้เป็นซิกแซก ซึ่งเลื้อยเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นเป็น bubble plate column มีที่กักของเหลวเป็นชั้น ๆ ระยะห่างเท่า ๆ กัน

ในคอลัมน์จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวที่ควบแน่นที่ตกลงข้างล่างซึ่งเย็นกว่า กับไอของของเหลวที่ร้อนกว่าที่ลอยขึ้นข้างบน เมื่อของเหลวในคอลัมน์ได้รับความร้อนจากไอ ของเหลวบางส่วนที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอ ไอของของเหลวที่ลอยขึ้นเมื่อให้ความร้อนแก่ไอส่วนอื่นไปแล้วตัวเองก็เย็นลง บางส่วนซึ่งมีจุดเดือดสูงจะควบแน่นเป็นของเหลวตกลงมาวนเวียนกันแบบนี้เรื่อยไป จึงจะเห็นได้ว่าส่วนที่เป็นไอจะประกอบด้วยสารที่มีจุดเดือดต่ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะแยกลอยขึ้นไปถึงคอลัมน์ออกมาทางเครื่องควบแน่น ส่วนของเหลวที่ควบแน่นอยู่ในคอลัมน์จะประกอบด้วยสารที่มีจุดเดือดสูงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะตกลงมาเป็นส่วนที่เหลือ (residue) อยู่ในขวดกลั่น



รูปที่ 5.3 เครื่องมือกลั่นแยกลำดับส่วน

มาตรฐานของน้ำที่ดี

1. ค่าพีเอชน้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3 ค่า pH ของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เช่น กลุ่มปลา Tetra พวกปลานีออน, คาร์ดินัล, ปลาชีวหางกรรไกร และปลาชีวข้างขวาน จะเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีในช่วง pH ระหว่าง 5.3 – 7.8 ส่วนปลาหางไหม้, ปลาทรงเครื่อง, ปลาเล็บมือนาง, ปลาน้ำผึ้ง, ปลาสวาย, ปลากระทิง, ปลาเสือตอ และปลาของไทย ส่วนใหญ่มักจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

น้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8 ppm หรือปริมาณ O_2 ละลายอยู่ประมาณ 5-8 มิลลิกรัม / ลิตร หรือ 5-8 ppm. น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 ppm.

3. อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิของน้ำมีผลในด้านการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยปกติปลาในเขตร้อนชอบอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส

ประวัติผู้ทำโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศุภลักษณ์ แป้นเพชร
วัน เดือน ปีเกิด	2 สิงหาคม 2528
ภูมิลำเนา	765/4 หมู่ 6 ตำบลท่าตะโก อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2544 จากโรงเรียนท่าตะโกพิทยาคม จังหวัดนครสวรรค์ - สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2547 จากโรงเรียนท่าตะโกพิทยาคม จังหวัดนครสวรรค์
ชื่อ-สกุล	นางสาวสมพิศ เดชทอง
วัน เดือน ปีเกิด	21 ตุลาคม 2528
ภูมิลำเนา	18 หมู่ 7 ตำบลหนองกระโดน อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2544 จากโรงเรียนวัดหนองกระโดน จังหวัดนครสวรรค์ - สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2547 จากโรงเรียนพระบางวิทยา จังหวัดนครสวรรค์