



การสกัดสารแทนนินจากวัชตุดรรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์

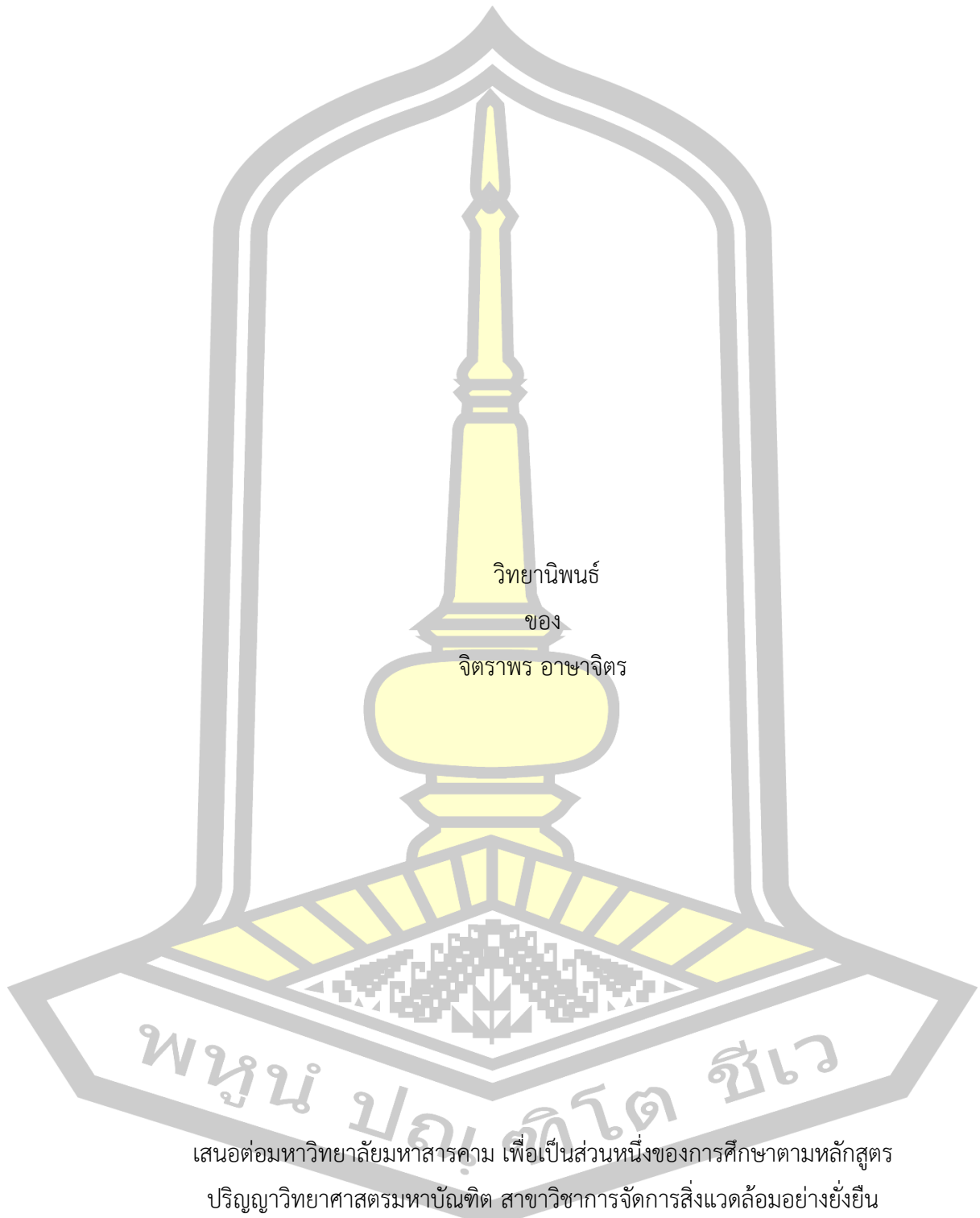
วิทยานิพนธ์
ของ
จิตรพร อาษาจิตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การสกัดสารแทนนินจากวัชตุดรรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์

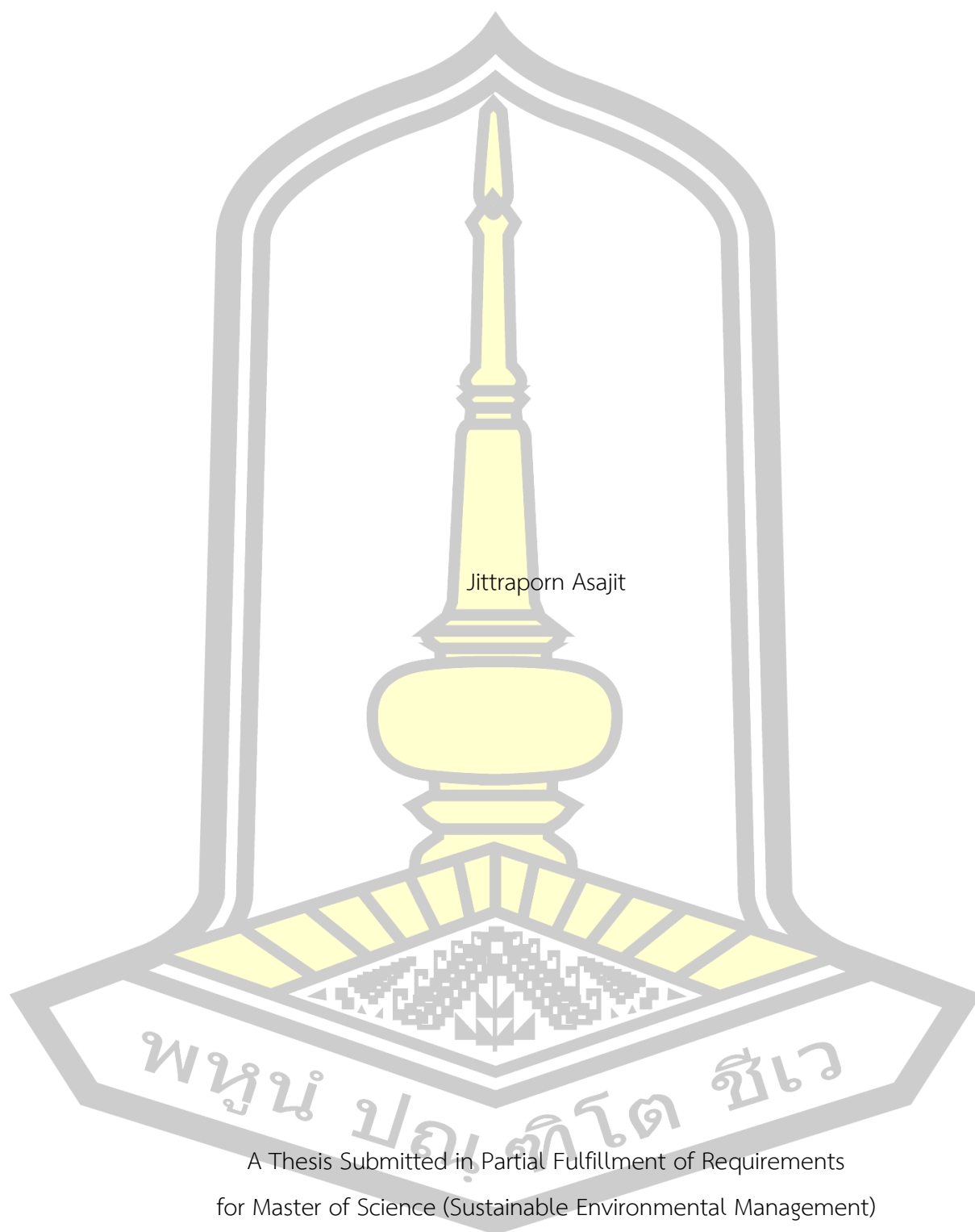


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Extraction of Tannin from Natural Materials for Synthetic Leachate Treatment



Jittraporn Asajit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Sustainable Environmental Management)

June 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวจิตราพร อาษาจิตร
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. พลกฤษณ์ จิตรโต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. สุนันทา เลาว์ณยศศิริ)

.....กรรมการ

(ดร. ชุพนธ์ เจริญสุข)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. จิตติมา ประสาระเอ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ดร. เรวดี อนุวัฒนา)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อติศักดิ์ สิงห์สีโว)

คณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การสกัดสารแทนนินจากวัสดุธรรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์		
ผู้วิจัย	จิตรพร อาษาจิตร		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนันทา เลาวัญศิริ		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ ที่น้ำหนัก 0.05, 0.10 และ 0.15 กรัม ในตัวทำละลาย คือ น้ำ กลั่นและเอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการสกัด 30, 60, 90, 120 และ 180 นาที ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 187.71 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.10 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 132.57 กรัม/กิโลกรัม ปริมาณแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.10 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 394.50 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกเงาะ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 299.68 กรัม/กิโลกรัม ปริมาณแทนนินจากใบชา 0.15 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 205.87 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบชา 0.10 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 290.25 กรัม/กิโลกรัม ปริมาณแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 152.30 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 83.43 กรัม/กิโลกรัม

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยใช้สารแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา โดยนำปริมาณแทนนินสูงสุดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์และใบชาที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล โดยใช้ความเข้มข้นแทนนิน เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อ 1 ลิตรของน้ำชะขยะสังเคราะห์ ปรับพีเอชที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที เวลา 3 นาที กวนช้าความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที เวลา 30 นาที และตั้ง

ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่ระยะเวลา 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าค่าพีเอชเมื่อสกัดแทนนินโดยใช้น้ำกลั่นมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชจากน้ำชะขยะสังเคราะห์เริ่มต้นเพียงเล็กน้อย เมื่อสกัดแทนนินโดยใช้เอทานอลพบว่าค่าพีเอชของน้ำชะขยะสังเคราะห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น อุณหภูมิเฉลี่ยของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์เท่ากับ 25.2 ± 0.03 องศาเซลเซียส การบำบัดน้ำชะขยะด้วยแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีแนวโน้มลดค่าการนำไฟฟ้าได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอล โดยที่พีเอช 7 แทนนินจากใบชาที่สกัดด้วยน้ำกลั่นสามารถลดค่าการนำไฟฟ้าได้มากที่สุด เท่ากับ 7.27 ± 0.12 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์พบว่าค่าความขุ่นมีแนวโน้มลดลงที่พีเอช 6 และสามารถลดความขุ่นได้ดีที่สุด เท่ากับ 52.63 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 69.86) การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 6 สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุดเท่ากับ 144.89 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.53) การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 7 และเปลือกมังคุดที่พีเอช 8 สามารถบำบัดซีโอดีได้ดีที่สุด เท่ากับ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) และ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) ตามลำดับ การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาที่พีเอช 5 สามารถบำบัดทีเคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 42.50 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 77.72) การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาที่พีเอช 5 สามารถบำบัดนิเกิลได้ดีที่สุด 0.8180 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 85.30) การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดที่พีเอช 7 สามารถบำบัดสังกะสีได้ดีที่สุด เท่ากับ 2.91 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.06) การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะที่พีเอช 7 สามารถบำบัดทองแดงได้ดีที่สุด เท่ากับ 2.94 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.63) การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 5 สามารถบำบัดแมงกานีสได้ดีที่สุด เท่ากับ 1.58 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.82)

คำสำคัญ : การบำบัด, วัสดุธรรมชาติ, น้ำชะขยะสังเคราะห์, สารแทนนิน

พูน ปณ จิต ชีเว

TITLE	Extraction of Tannin from Natural Materials for Synthetic Leachate Treatment		
AUTHOR	Jittraporn Asajit		
ADVISORS	Assistant Professor Sunantha Laowansiri , Ph.D.		
DEGREE	Master of Science	MAJOR	Sustainable Environmental Management
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

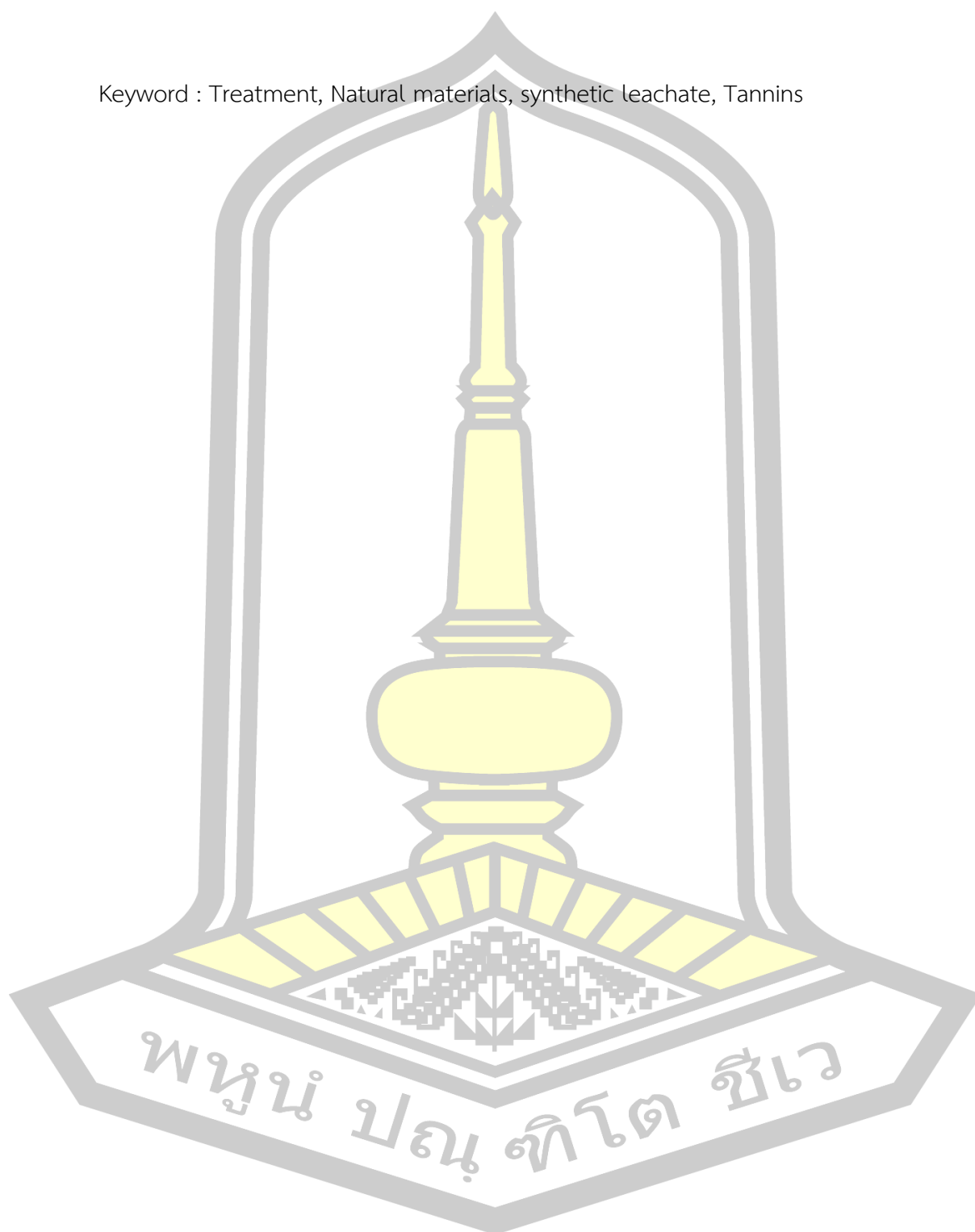
The purpose of this study was to study the amount of tannins extracted from mangosteen peel, rambutan peel, tea leaves, and *Acacia auriculiformis* leaves at weights of 0.05, 0.10, and 0.15 g in a solvent of distilled water and ethanol at a volume of 20 ml at temperatures of 30, 40, 50, 60 and 70 °C and extraction times of 30, 60, 90, 120 and 180 minutes. The results of the study found that the tannins of 0.05 g mangosteen peel was extracted with distilled water at a temperature of 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 187.71 g/kg. The mangosteen peel of 0.10 g was extracted with ethanol at 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 132.57 g/kg. The tannins of 0.10 g rambutan peel was extracted with distilled water at 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 394.50 g/kg. The rambutan peel of 0.05 g was extracted with ethanol at 40 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 299.68 g/kg. The tannins of 0.15 g tea leaves were extracted with distilled water at 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 205.87 g/kg. The tea leaves of 0.10 g were extracted with ethanol at a temperature of 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 290.25 g/kg. The tannins of 0.15 g *Acacia auriculiformis* leaves were extracted with distilled water at 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal to 152.30 g/kg. The *Acacia auriculiformis* leaves of 0.05 g were extracted with ethanol at a temperature of 70 °C for 180 minutes had the maximum tannins equal

to 83.43 g/kg.

A study on the efficiency of synthetic leachate treatment by using tannins from mangosteen peel, rambutan peel, *Acacia auriculiformis* leaves and tea leaves. The maximum tannin content was obtained from mangosteen peel, rambutan peel, *Acacia auriculiformis* leaves and tea leaves extracted with distilled water and ethanol. The tannin concentration of 50 mg/ 1 L of synthetic leachate was adjusted the pH to 5, 6, 7 and 8 respectively, stir quickly at a speed of 120 rpm for 3 minutes, stir slowly at a speed of 40 rpm for 30 minutes and left to settle for 30 minutes. The average temperature of the synthetic leachate treatment was 25.2 ± 0.03 °C. The leachate treatment of tannins extracted with distilled water it tends to reduce the electrical conductivity more than tannins extracted with ethanol. It was found that a pH 7 of tannins from tea leaves extracted with distilled water was reduced electrical conductivity the most equal to 7.27 ± 0.12 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Treatment of synthetic leachate extracted with ethanol from *Acacia auriculiformis* leaves found that the turbidity value tended to decrease at pH 6 and was able to reduce the turbidity the best equal to 52.63 ± 0.05 NTU (69.86 %). Treatment of synthetic leachate extracted with ethanol from *Acacia auriculiformis* leaves at pH 6 was able to best treat suspended solids at 144.89 mg/L (69.53%). Treatment of synthetic leachate extracted with ethanol from *Acacia auriculiformis* leaves at pH 7 and mangosteen peel at pH 8 were able to treat COD the best equal to $3,249.2 \pm 11.31$ mg/L (92.56%) and $3,249.2 \pm 11.31$ mg/L (92.56%), respectively. Treatment of synthetic leachate extracted with ethanol from tea leaves at pH 5 was able to best treat TKN equal to 42.50 ± 0.14 mg/L (77.72 %). Treatment with synthetic leachate extracted with ethanol from tea leaves at pH 5 was able to best treat nickel at 0.8180 ± 0.00 mg/L (85.30%). Treatment with synthetic leachate extracted with ethanol from mangosteen peels at pH 7 was able to best treat zinc equal to 2.91 ± 0.00 mg/L (98.06%). Treatment with synthetic leachate extracted with ethanol from rambutan peels at pH 7 was able to treat copper best equal to 2.94 ± 0.00 mg/L (98.63%). Treatment of synthetic leachate extracted with ethanol from *Acacia auriculiformis* leaves at pH 5 was able to treat

manganese best equal to 1.58 ± 0.00 mg/L (98.82 %).

Keyword : Treatment, Natural materials, synthetic leachate, Tannins



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การสกัดแทนนินจากวัสดุธรรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ ผู้วิจัย ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา เลาวินัยศิริ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาแนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียน การตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ จิตรโต ประธานกรรมการ, รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติมา ประสาระเอ กรรมการ, อาจารย์ ดร.ชอุพนธ์ เจริญสุข กรรมการ และ ดร.เรวดี อนุวัฒนากรรมการ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ บุคลากรห้องปฏิบัติการคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ มารดา ป้า ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดี ตลอดมา และให้กำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จิตรพร อาษาจิตร



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฌ
สารบัญ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. ปัญหาและความสำคัญ.....	1
2. กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
3. วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	3
4. สมมติฐานของการวิจัย.....	4
5. ขอบเขตการวิจัย.....	4
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล.....	6
1. ขยะมูลฝอย.....	6
2. น้ำชะขยะ.....	10
3. แพนนิน.....	14
4. การตกตะกอน.....	33
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	44
1. อุปกรณ์และสารเคมี.....	44

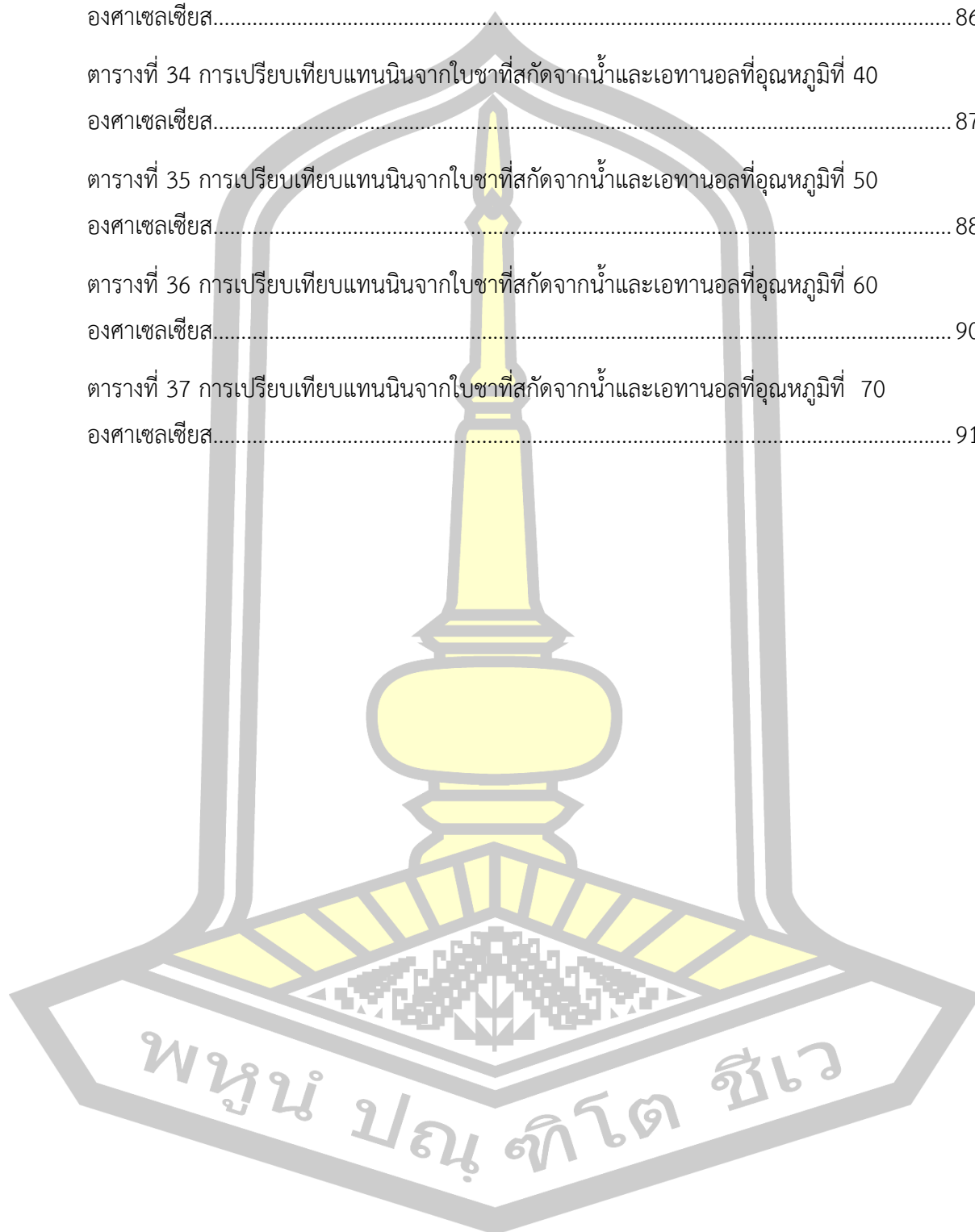
2. การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	45
3. การศึกษาสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ศึกษาสารสกัดสารแทนนิน.....	48
4. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์.....	48
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	50
1. ผลการเปรียบเทียบวัสดุเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์และใบชาสกัดในน้ำกลั่นและเอทานอล.....	50
2. การเปรียบเทียบน้ำหนักรวบรวม.....	68
3. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์.....	92
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....	113
1. สรุปผล.....	113
2. ข้อเสนอแนะ.....	115
บรรณานุกรม.....	116
ประวัติผู้เขียน.....	122



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ลักษณะทางเคมีทั่วไปของน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบใหม่และหลุมฝังกลบขยะเก่า	11
ตารางที่ 2 องค์ประกอบน้ำชะสังเคราะห์.....	12
ตารางที่ 3 ปริมาณแทนนินจากเปลือกไม้ของป่าชายเลนบางชนิดของประเทศไทยจากการกลัด ที่ต่างสภาวะ	20
ตารางที่ 4 องค์ประกอบน้ำชะขยะสังเคราะห์	47
ตารางที่ 5 ตารางพารามิเตอร์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ	49
ตารางที่ 6 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.05 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล.....	50
ตารางที่ 7 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล.....	51
ตารางที่ 8 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล.....	53
ตารางที่ 9 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.05 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	54
ตารางที่ 10 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	56
ตารางที่ 11 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	57
ตารางที่ 12 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	59
ตารางที่ 13 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	60
ตารางที่ 14 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	62
ตารางที่ 15 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.05 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	63
ตารางที่ 16 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	65
ตารางที่ 17 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล	66
ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและ เอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส	68
ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส.....	69

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส.....	86
ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส.....	87
ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส.....	88
ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส.....	90
ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส.....	91

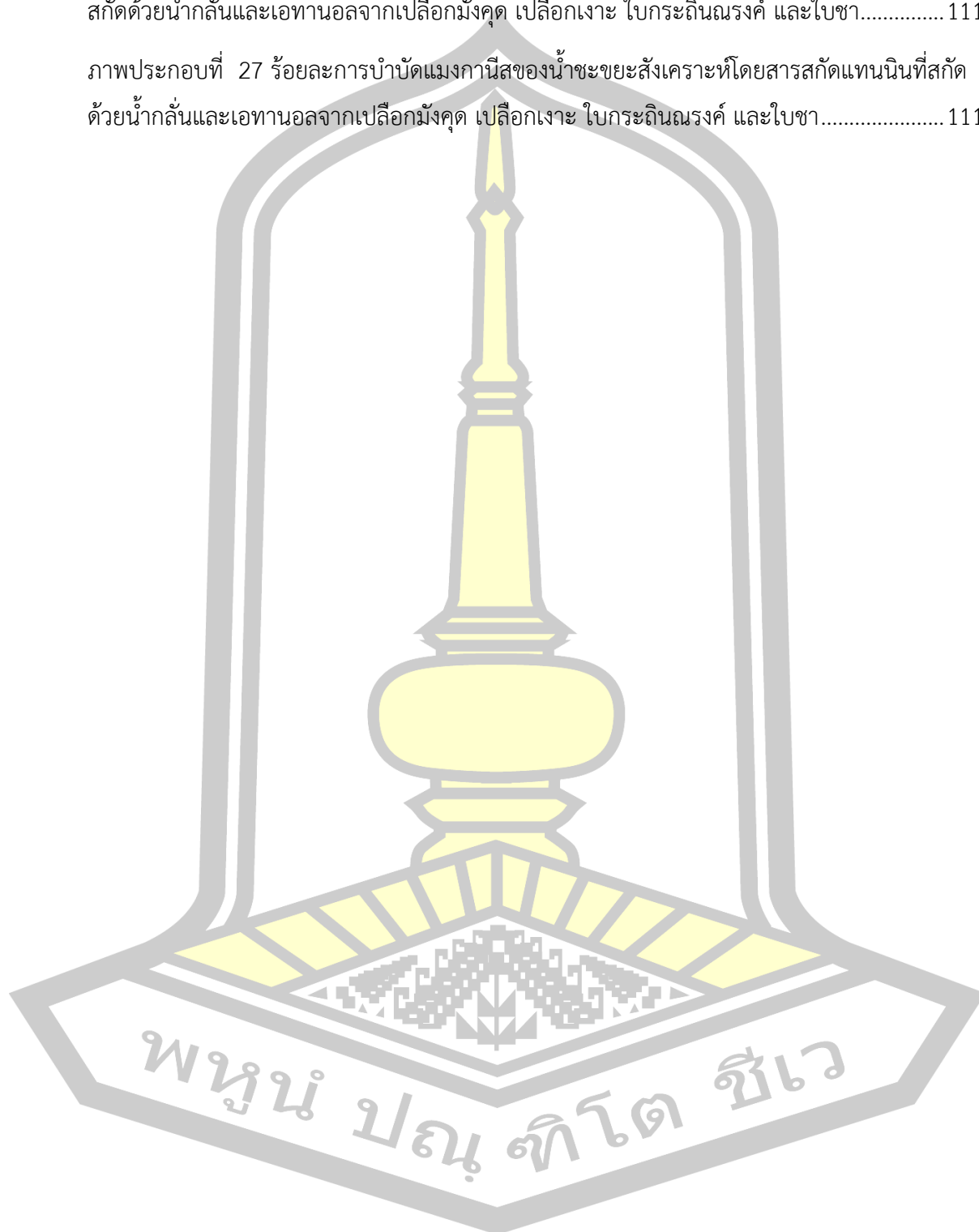


สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1 โครงสร้างของแทนนิน.....	15
ภาพประกอบที่ 2 โครงสร้างของไฮโดรไลซ์เซเปิลแทนนิน (แกลโลแทนนิน).....	16
ภาพประกอบที่ 3 โครงสร้างของคอนเดนส์แทนนิน.....	17
ภาพประกอบที่ 4 มังคุด	23
ภาพประกอบที่ 5 เงาะ	25
ภาพประกอบที่ 6 ใบชา	27
ภาพประกอบที่ 7 ใบกระถินณรงค์	31
ภาพประกอบที่ 8 พิเษของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	92
ภาพประกอบที่ 9 อุณหภูมิของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	93
ภาพประกอบที่ 10 ประสิทธิภาพการบำบัดการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์สังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	94
ภาพประกอบที่ 11 ร้อยละการบำบัดการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์สังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนิน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์.....	95
ภาพประกอบที่ 12 ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัด แทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	96
ภาพประกอบที่ 13 ร้อยละการบำบัดความขุ่นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	97
ภาพประกอบที่ 14 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเษ 5, 6, 7 และ 8.....	99

ภาพประกอบที่ 26 ประสิทธิภาพการบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา..... 111

ภาพประกอบที่ 27 ร้อยละการบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา..... 111



บทที่ 1

บทนำ

1. ปัญหาและความสำคัญ

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำรงของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ รวมไปถึงมนุษย์ เนื่องจากการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตต้องอาศัยน้ำในการอุปโภคบริโภค ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม แหล่งน้ำในปัจจุบันเป็นที่รองรับของเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการขยายตัวของชุมชน การขยายตัวเมืองเพื่อการอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรน้ำเพิ่มมากขึ้น ในแต่ละวันประชากรหนึ่งคนมีการใช้ปริมาณน้ำ 200-400 ลิตรต่อวัน และเกิดเป็นน้ำเสียร้อยละ 80 และยังเป็นน้ำที่มีสารเคมีตกค้างหรือมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรในปัจจุบัน ส่งผลให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้นเพื่อความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต แต่ผลพวงเหล่านั้นส่งผลกระทบโดยก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและกระทบต่อมวลมนุษยและสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านขยะ คนไทยกว่า 60 ล้านคน สร้างขยะได้มากถึง 14 ล้านตันต่อปี แต่การจัดการกับขยะไม่สามารถจัดเก็บขยะได้ถึง 70% ของขยะทั้งหมด หรือบางพื้นที่ไม่มีการจัดการตามหลักสุขาภิบาล ทำให้เกิดการสะสมและเพิ่มพูนขยะในบ่อฝังกลบขยะ จากการสะสมขยะในบ่อฝังกลบขยะพบว่ามีมลพิษทางน้ำเสีย จากการย่อยสลายของขยะหรือที่เรียกว่าน้ำชะขยะ ซึ่งน้ำชะขยะจะต้องมีการบำบัดเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะ ซึ่งส่งผลถึงการปนเปื้อนมลพิษทางน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคหรือแหล่งพาหะนำโรค (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

ปัญหามลพิษทางน้ำ เป็นปัญหาที่สำคัญสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาการเกิดน้ำท่วม และปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากน้ำเสียจากบ้านเรือน ขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูล น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ปัญหาเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมไปถึงสัตว์ และมนุษย์ทำให้ไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะมาใช้ประโยชน์ หรืออาจส่งกลิ่นเหม็นรบกวนให้แก่ผู้ที่สัญจรไปมาหรือผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบแหล่งน้ำ และทำให้เกิดผลกระทบจากการบำบัดและกำจัดมูลฝอยที่สำคัญ คือ ปัญหาจากน้ำชะขยะซึ่งมีลักษณะของน้ำชะขยะนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ 1.ปัจจัยภายนอกหลุมฝังกลบ เช่น สภาพภูมิอากาศ 2.ปัจจัยภายในหลุมฝังกลบ เช่น สภาพการเปลี่ยนแปลงภายในหลุมฝังกลบที่เกิดจากการนำขยะมากองรวมกันทำให้

เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยมีผลโดยตรงกับสมบัติของน้ำชะขยะ (บุญชัย วิจิตร เสถียร, 2549)

น้ำชะขยะ (Leachate) เป็นของเหลวที่ไหลซึมออกมาจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ที่เกิดจากความชื้นของมูลฝอยหรือน้ำฝนที่สัมผัสกับมูลฝอยแล้วเกิดการไหลชะล้างและซึมออกมา น้ำชะขยะที่ไหลซึมจากกองมูลฝอยมักมีสีน้ำตาล สีน้ำตาลเข้มถึงดำ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอย ปริมาณน้ำฝนที่ช่วยเจือจาง และระยะเวลาในการย่อยสลายน้ำชะขยะ มีกลิ่นเหม็นรุนแรง บางครั้งอาจปนเปื้อนโลหะหนักและสารที่เป็นพิษที่มีอยู่ในมูลฝอยทั่วไป หากมีการระบายออกโดยไม่ได้รับการบำบัดให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อดิน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ดังนั้นน้ำชะขยะมูลฝอยที่เกิดในบ่อฝังกลบมูลฝอยจำเป็นต้องมีการรวบรวมเพื่อนำไปบำบัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการและให้น้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

การบำบัดน้ำเสียจากสถานที่ฝังกลบขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากน้ำทิ้งที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้คุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐาน จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย รวมทั้งกระทบต่อผลผลิตด้านการเกษตรของประชาชนหากมีการระบายออกนอกพื้นที่ ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียจากสถานที่ฝังกลบขยะที่มีอยู่จึงมีความสำคัญเพื่อที่จะได้ทำให้มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งมีแนวโน้มที่จะผ่านมาตรฐานหากมีการปล่อยระบาย (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) การบำบัดน้ำเสียด้วยสารแทนนินจึงเป็นอีกทางเลือกที่นำมาใช้เพื่อลดการบำบัดน้ำเสียด้วยสารเคมี เพราะเป็นกระบวนการที่ใช้ต้นทุนต่ำ การดำเนินการไม่ยุ่งยากสามารถบำบัดน้ำเสียได้ใช้เวลาในการบำบัดรวดเร็ว (นฤมล ประดิษฐ์เสรี, 2556)

สารแทนนิน เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีรสฝาด จึงเป็นสารให้ความฝาดในพืช พบได้ในพืชหลายชนิด และพบส่วน ต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ และเมล็ด ลักษณะของแทนนิน เป็นสารประกอบจำวนกวพินอลที่มีความสามารถในการลายน้ำได้ ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก ขนาดและโมเลกุลและโครงสร้างมีขนาดใหญ่ ซับซ้อน สารแทนนินยังมีคุณสมบัติทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะของพินอล เช่น สามารถตกตะกอนกับโปรตีนประเภทต่างๆ และยังสามารถจับไอออนโลหะบางชนิดได้ด้วย (Schofield และคณะ, 2001; Amelot และคณะ, 2007; Hagerman, 2008) แทนนินจะ กระจายตัวอยู่ในธรรมชาติ พบว่าแทนนินมีอยู่ในพืชเกือบทุกชนิด แต่พบสารแทนนินในปริมาณมากของแก่นไม้และเปลือกไม้ของพืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปีจะมีแทนนินสูงกว่าใบที่อายุเพียงปีเดียว (อัษฎมณี, 2540) และยังพบแทนนินในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ในพืชชั้นต่ำ เช่น สาหร่าย หรือ มอสส์ รวมไปถึงหญ้าจะมีแทนนินอยู่น้อย แทนนินที่พบในพืชยังไม่เป็นที่แพร่หลาย และทั่วไปพืชจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบ แทนนินจะมีปริมาณมากในส่วน of เปลือก ลักษณะเฉพาะของแทนนินจะมีเฉพาะในพืช ที่มีรสฝาด ที่เกิดจากส่วนโพลีเมอร์คของสารประกอบที่มี

ในกลุ่ม ฟีนอลและแคเทคอลหรือฟีนอลซึ่งมีมวลโมเลกุลสูง เนื่องจากสามารถเกิด cross linking ระหว่างไกลโคโปรตีนกับแทนนินจะทำให้เกิดการล่อลึงในปากลดการเกิดรสฝาดส่วนมากจะพบในแทนนินโอลิโกเมอร์เท่านั้น (สุวรรณค์ วงษ์ศิริ, 2536) ชนิดของพืชและแหล่งที่ปลูก ภูมิอากาศ ธาตุอาหารในดิน และอายุของต้นพืชมีส่วนทำให้ปริมาณและชนิดของแทนนินทำให้เกิดรสฝาด แต่ถึงจะอยู่ลักษณะภูมิอากาศที่คล้ายกันหรืออยู่ในต้นเดียวกันสารแทนนินที่มีอยู่ก็แตกต่างกัน (สมศักดิ์ วรมงคลชัย, 2532)

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแทนนินจากการสกัดเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์เพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยวัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติแทนการเติมสารเคมีเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ และยังเป็นผลดีต่อเกษตรกรในการจัดการทรัพยากรที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากวัสดุธรรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้

ตัวแปรต้น :

- เปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์
- ปริมาณสารแทนนิน
- ค่า pH (พีเอช)

ตัวแปรตาม :

- สารแทนนิน
- คุณภาพน้ำเสีย (น้ำชะขยะสังเคราะห์) ที่ผ่านการบำบัด ได้แก่ ความขุ่น (Turbidity) ทีเคเอ็น (TKN) ซีโอดี (COD) ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) สารแขวนลอย (SS) นิเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn)

3. วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์
2. เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

4. สมมติฐานของการวิจัย

เมื่อสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ มีปริมาณที่เหมาะสมสามารถนำไปบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

5. ขอบเขตการวิจัย

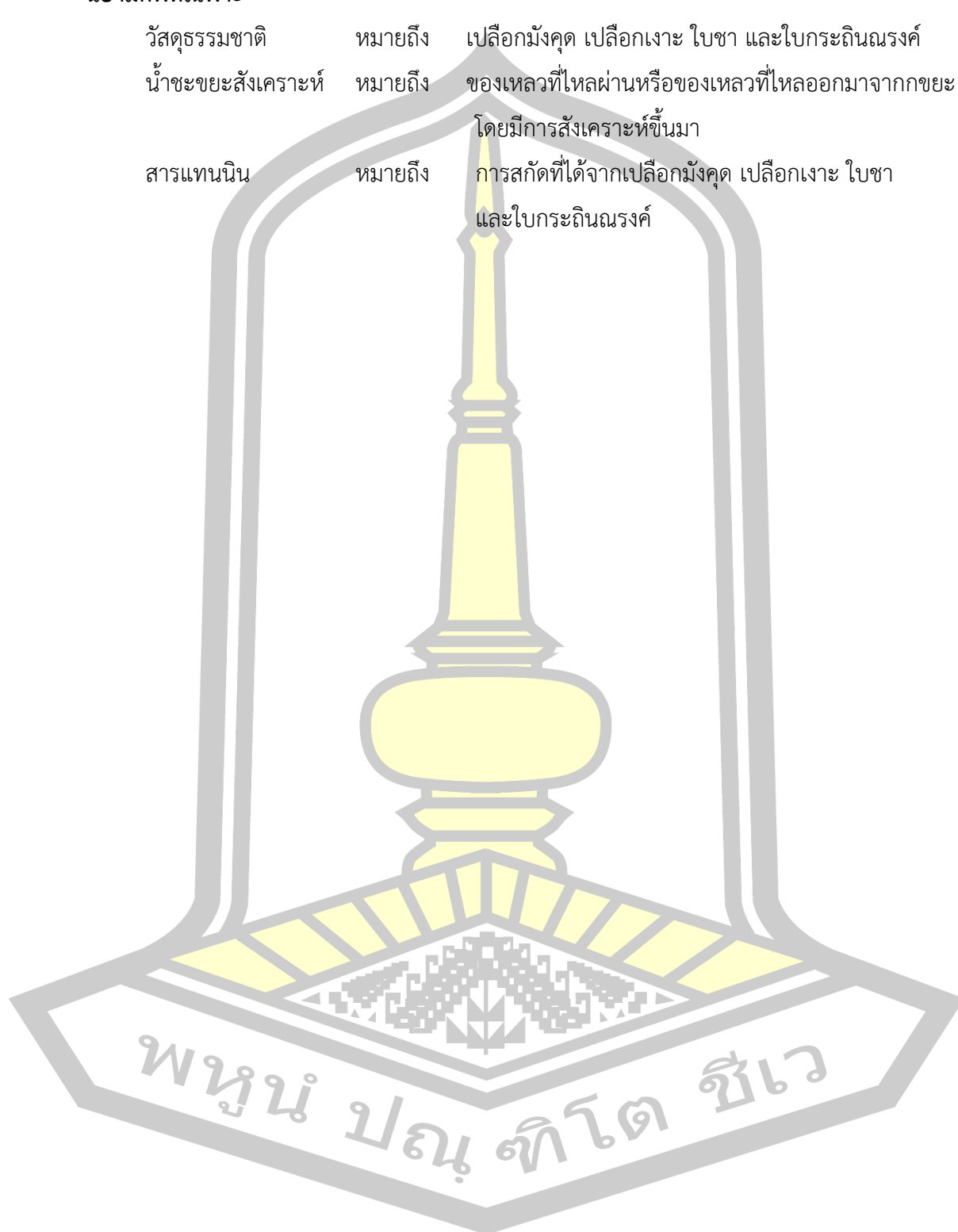
1. น้ำเสียที่นำมาศึกษาเป็นน้ำชะขยะสังเคราะห์
2. ศึกษาปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ โดยศึกษา
 - 2.1 ปริมาณเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ 0.05, 0.10 และ 0.15 กรัม ตัวทำละลาย คือ น้ำกลั่นและเอทานอล ที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 30, 60, 90, 120 และ 180 นาที
3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์
 - 3.1 ปริมาณสารแทนนินที่เหมาะสม ได้แก่ 50 มิลลิกรัมต่อน้ำชะขยะสังเคราะห์ 1 ลิตร
 - 3.2 พีเอช (pH) ที่เหมาะสมต่อน้ำชะขยะสังเคราะห์ 1 ลิตร ปรับ พีเอช ด้วยกรดไนตริกที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8
 - 3.3 ระยะเวลาการกวนเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที และกวนช้า 40 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง และระยะเวลาในการตกตะกอน 30 นาที
 - 3.4 ใช้น้ำชะขยะสังเคราะห์โดยไม่ใส่แทนนินเป็น Blank ปรับ พีเอช ตามข้อ 3.2 และทำตามข้อ 3.3 ต่อไป
4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำชะขยะสังเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความขุ่น (Turbidity) พีเอช (pH) ทีเคเอ็น (TKN) ซีโอดี (COD) ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) สารแขวนลอย (SS) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn)

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์จากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์จากการสกัดสารแทนนิน
2. ผลจากงานวิจัยนี้ทำให้สามารถลดความสกปรกของน้ำชะขยะสังเคราะห์ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ
3. สามารถนำวิธีการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

วัสดุธรรมชาติ	หมายถึง	เปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์
น้ำชะขยะสังเคราะห์	หมายถึง	ของเหลวที่ไหลผ่านหรือของเหลวที่ไหลออกมาจากขยะ โดยมีการสังเคราะห์ขึ้นมา
สารแทนนิน	หมายถึง	การสกัดที่ได้จากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์



บทที่ 2

ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารแทนนินจากวัชตอร์รรมชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ ในหัวข้อต่อไปนี้

ขยะมูลฝอย
น้ำชะขยะ
แทนนิน
การตกตะกอน
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ขยะมูลฝอย

1.1 ความหมายของขยะ

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (2535) ได้ให้ความหมายของคำว่า ขยะมูลฝอย หรือ มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก แก้ว มูลสัตว์รวมทั้งซากสัตว์

กรมควบคุมมลพิษ (2548) ขยะหรือขยะมูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร แก้ว มูลสัตว์ ซากสัตว์หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดออกจากถนน ตลาด และรวมไปถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน คราวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

1.2 ประเภทของขยะ

ขยะ สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของขยะได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือมูลฝอยสลาย หมายถึง ขยะที่สามารถเน่าเปื่อยและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เศษเปลือกผลไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่จะไม่รวมถึงซากหรือเศษของผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยขณะที่ขยะย่อยสลายส่วนมากเป็นขยะที่พบมากที่สุด คือ พบมากถึง 64% ของปริมาณขยะทั้งหมดในหลุมฝังกลบขยะ

2. ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือ มูลฝอยที่ยังสามารถใช้งานได้ หมายถึง ของเสีย บรรจุกฎหมาย หรือวัสดุที่เหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ โลหะ เศษพลาสติก กระป๋องเครื่องดื่ม อะลูมิเนียม และยางรถยนต์ เป็นต้น

3. ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย หมายถึง ขยะที่มี องค์ประกอบหรือมีการปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุธรรมชาติไวไฟ วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุ กัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้ เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สินหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น

4. ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป หมายถึง ขยะประเภทอื่นที่ นอกเหนือจากขยะข้อ 3 ที่กล่าวมา ขยะทั่วไปมีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใสขนม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซอง บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกที่ปนเปื้อนอาหาร โฟมเปื้อนอาหาร เป็นต้น

พัฒน์ สุจันงค์ (2539:206) ได้แบ่งประเภทของขยะมูลฝอยได้ดังนี้

1. ขยะเปียก (Garbage) ได้แก่ สิ่งปฏิกูลที่ได้จากการเตรียมอาหารซึ่งอาจเป็นเศษเนื้อ และผลไม้ต่าง ๆ และรวมถึงเศษอาหารอีกด้วย ขยะประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นพวกสารอินทรีย์มีน้ำหรือ ความชื้นสูง จึงทำให้เกิดการเน่าเปื่อยได้รวดเร็ว มีกลิ่นเหม็น จำเป็นต้องระมัดระวังในเรื่องการเก็บ การขนส่ง เพราะขยะประเภทนี้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่ดีของแมลงชนิดต่าง ๆ

2. ขยะแห้ง (Rubbish) ได้แก่ มูลฝอยที่ไม่เน่าเปื่อยง่าย อาจเผาไหม้ได้ และเผาไหม้ไม่ได้ เช่น เศษกระป๋อง กล่อง ลังไม้ แกลบ เศษแก้ว วัสดุพวกยาง หนัง และใบไม้กิ่งไม้แห้ง ถุงพลาสติก พวกที่เผาไหม้ได้ ถึงแม้จะเป็นอินทรีย์วัตถุก็ตาม แต่ก็เน่าเปื่อยสลายตัวช้า ต้องทิ้งไว้เป็นเวลานาน จึง จะถูกย่อยสลายหมด ขยะพวกนี้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี

3. เถ้าถ่าน (Ashes) ได้แก่ ขยะที่ได้จากการเผาไหม้ เช่น จากการเผาไหม้ของถ่านไม้ ถ่านหิน และวัตถุอื่น ๆ ที่เผาไหม้ได้ ตามปกติขี้เถ้า เศษวัสดุก่อสร้างพวกอิฐ หิน กรวด ทราาย หรือ วัสดุที่เหลือจากการเผาไหม้เหมาะสำหรับใช้ถมที่ลุ่ม

4. ซากสัตว์ (Dead animals) ได้แก่ ซากสัตว์ที่ตายเนื่องจากอุบัติเหตุ หรือตาย เนื่องจากถูกฆ่าแล้วโยนทิ้งไว้ เช่น ซากหนู สุนัข แมว ฯลฯ ที่ตายถูกปล่อยทิ้งไว้ตามถนน เป็นต้น ขยะ ประเภทนี้รวมถึงเศษ หรือส่วนใดของสัตว์ที่ทิ้งมาจากโรงฆ่าสัตว์ ตลาดสด และอาคารบ้านเรือน

5. มูลสัตว์ (Manures) ได้แก่ มูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ เช่น โค กระบือ สุกร ม้า แพะ แกะ สุนัข ไก่ ฯลฯ ถ้าหากเลี้ยงสัตว์เหล่านี้เพื่ออุตสาหกรรมแล้ว ปริมาณมูลสัตว์จะมีมากเป็นปัญหาที่ต้องนำไปกำจัด เพราะมูลสัตว์เป็นแหล่งเพาะพันธุ์อย่างดีของแมลงวัน

6. เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous) นอกจากนี้ยังมีขยะจากแหล่งอื่น ๆ ที่ไม่อาจจัดรวมอยู่ในจำพวกที่กล่าวมาแล้ว เช่น เศษสิ่งของที่รื้อถอนอาคารบ้านเรือน ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตะกอนของน้ำโสโครก วากรถยนต์ ฟิล์มถ่ายรูป น้ำมันเครื่อง สิ่งเก็บกวาดจากถนน ขยะที่ทิ้งจากโรงพยาบาลรวมทั้งกากของสารเคมีอันตรายที่ใช้น้ำมันต่าง ๆ ด้วย

เกียงศักดิ์ อุทมนโรจน์ (2539:272-273) กล่าวว่าโดยทั่วไปขยะมูลฝอยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 ขยะจากชุมชน (Municipal wastes)

ประเภทที่ 2 ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastes)

ประเภทที่ 3 ขยะที่มีอันตรายสูง (Hazardous wastes)

ซึ่งขยะมูลฝอยทั้งสามประเภทสามารถแบ่งออกได้เป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ขยะเปียกสกปรก (Garbage) เป็นขยะมูลฝอยที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่สามารถเน่าเปื่อยผุพัง หรือเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ โดยปกติขยะชนิดนี้จะมีกลิ่นเหม็น เมื่อปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่งขยะจะเกิดการเน่าเปื่อยทิ้งให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเชื้อโรค มีแมลงวันตอมเป็นแหล่งอาหารของพวกหนู ขยะมูลฝอยชนิดนี้ได้แก่ เศษอาหาร เศษผลไม้ เป็นต้น

2. ขยะแห้ง (Rubbish) เป็นขยะมูลฝอยที่ย่อยด้วยจุลินทรีย์ได้ยาก เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะ กระป๋อง พลาสติก เป็นต้น

3. ขี้เถ้า (Ashes) เป็นกากขยะที่ผ่านการเผาไหม้แล้ว เช่น ขี้เถ้าถ่าน ขี้เถ้าหิน เป็นต้น

4. เศษสิ่งก่อสร้าง (Construction wastes) ได้แก่ เศษคอนกรีตที่แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย เศษอิฐ เศษไม้ เศษตะปู เศษหิน ปูน ทราย เป็นต้น

5. ซากสัตว์ (Dead animals) เป็นขยะที่ตายแล้ว ได้แก่ ซากสุนัข ซากหนู ซากแมว มักทิ้งไว้ข้างถนนหรือบนถนน ถ้าปล่อยทิ้งไว้มักจะส่งกลิ่นเหม็นมาก เป็นที่น่ารังเกียจแก่ผู้ผ่านไปผ่านมา

6. ขยะจากถนน (Street refuse) เป็นขยะที่อยู่ตามถนนหรือบนถนน ได้แก่ เศษพลาสติก เศษใบไม้ เศษหิน ทราย เศษใบไม้ เป็นต้น ทำให้ไม่ปลอดภัยในการขับรถจักรยานยนต์และดูไม่เรียบร้อย

7. ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastes) เป็นเศษขยะทุกประเภทที่มาจากพื้นที่มาจากโรงงานต่าง ๆ ดังนั้นขยะประเภทนี้จะมีกลิ่นเหม็นต่างกันไป แล้วแต่ว่าขยะมูลฝอยมาจากโรงงานประเภทไหน เช่น เศษอาหารกระป๋อง เศษผัก เศษพลาสติก เศษยาง เศษไม้ เศษกระดาษ เป็นต้น

8. ขยะมูลฝอยจากการการกสิกรรม (Agricultural wastes) เป็นเศษขยะทุกประเภทที่มาจากพื้นที่ทำการกสิกรรม เช่น เศษฟาง เศษมูลสัตว์ เศษผัก เศษหญ้า เป็นต้น

9. ขยะพิเศษ (Special wastes) เป็นขยะที่จัดอยู่ในประเภทที่มีอันตรายสูง เช่น ขยะจากโรงพยาบาลทั่วไปจากโรงพยาบาลที่รักษาคอนไ้โรคติดต่อ ขยะที่มีกัมมันตภาพรังสี ขยะที่มีสารเคมีอันตรายสูง เป็นต้น

1.3 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

แหล่งกำเนิดมูลฝอยมาจากการทำกิจกรรมและการใช้ประโยชน์จากที่ดิน ได้ดังนี้

1. ขยะมูลฝอยจากที่พักอาศัย (Residential wastes) มูลฝอยที่เกิดจากที่พักอาศัย กิจกรรมและการดำรงชีวิตของคนในบ้านพักอาศัย อาคารชุด หอพักต่าง ๆ เช่น เศษอาหาร กระดาษ (Paper) กระดาษแข็ง พลาสติก ผลิตภัณฑ์สิ่งทอหรือเสื้อผ้า เครื่องหนัง ไข่ม้วนจากสวน ไม้ แก้ว กระเบื้อง โลหะต่าง ๆ เครื่องใช้ไฟฟ้า แบตเตอรี่ รวมทั้งมูลฝอยอันตรายจากบ้านเรือน เป็นต้น

2. มูลฝอยจากธุรกิจประกอบการร้านค้า (Commercial wastes) มูลฝอยที่เกิดจากร้านค้า ร้านอาหาร ตลาด อาคารประกอบการค้า โรงแรม ร้านพิมพ์งาน สถานีให้บริการต่าง ๆ อู่ซ่อมรถ เช่น กระดาษ พลาสติก ไม้ แก้ว โลหะ เศษอาหาร รวมทั้งมูลฝอยชนิดพิเศษและขยะมูลฝอยอันตราย

3. ขยะมูลฝอยจากสถาบัน (Institutional wastes) ขยะมูลฝอยที่เกิดจากสถาบันและหน่วยงานต่าง ๆ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล เรือนจำ ศูนย์ราชการ เป็นต้น

4. ขยะมูลฝอยการก่อสร้าง และการรื้อถอน (Construction and demolition) ขยะมูลฝอยที่เกิดจากสถานที่ก่อสร้างและรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง สถานที่ที่ปลูกสร้าง การซ่อมแซมหรือทำถนนใหม่ การรื้อถอนอาคาร การทุบทำลายบาทวิถี เช่น เศษไม้ เศษเหล็กคอนกรีต และเศษดิน

5. ขยะมูลฝอยจากแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ (Recreation wastes) มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สถานที่ท่องเที่ยวตามธรรมชาติ สถานที่โบราณวัตถุต่าง ๆ ที่มีการรับประทานอาหาร เช่น เศษอาหาร เครื่องดื่ม เศษวัสดุ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

6. ขยะมูลฝอยจากสถานที่บำบัด หรือกำจัดมูลฝอยของเทศบาล (Treatment plant sites wastes) มูลฝอยที่เกิดจากการบริการของเทศบาล หน่วยงานท้องถิ่นที่บำบัด หรือกำจัดมูลฝอย เช่น มูลฝอยจากโรงบำบัดเกิดการบำบัดน้ำทำให้เกิดกากน้ำโสโครก และตะกอน

7. การอุตสาหกรรม (Industrial wastes) มูลฝอยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการก่อสร้าง เครื่องนึ่งหมัก แสง และอุตสาหกรรมหนัก มูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ ขยะที่เหลือจากกระบวนการผลิต เศษวัตถุดิบ รวมถึงเศษอาหาร มูลฝอยแห้ง ขี้เถ้า มูลฝอยจากสิ่งก่อสร้าง และรื้อถอน มูลฝอยชนิดพิเศษ และมูลฝอยอันตราย

8. การเกษตรกรรม (Agricultural wastes) มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมภาคเกษตรกรรม เช่น การเพาะปลูกพืชไร่ สวนผลไม้ สถานที่เลี้ยงสัตว์ และฟาร์ม เป็นต้น มูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ เศษอาหารที่เน่าเสีย เศษหญ้า เศษผัก เศษใบไม้กิ่งไม้ บรรจุภัณฑ์สารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น

2. น้ำชะขยะ

2.1 ความหมายของน้ำชะขยะ

น้ำชะขยะมูลฝอย (Leachate) หมายถึง ของเหลวที่ไหลซึมออกมาจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งอาจจะมีตะกอนละเอียดปะปนมากับน้ำชะขยะมูลฝอยจะมีความสกปรกสูงและอาจปนเปื้อนแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน จึงต้องควบคุมไม่ให้น้ำชะขยะมูลฝอยแพร่กระจายออกไปสู่ธรรมชาติ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) น้ำชะขยะจะเกิดจากหลุมฝังกลบขยะที่เกิดจาก 2 ปัจจัย คือ น้ำที่เกิดจากแหล่งปัจจัยธรรมชาติ เช่น น้ำฝน น้ำใต้ดิน เป็นต้น และน้ำที่เกิดจากหลุมฝังกลบที่เกิดการย่อยสลายของขยะ น้ำชะขยะมูลฝอยเป็นของเหลวที่เกิดจากการตกตะกอนของน้ำฝนที่เกิดขึ้นในเบื้องต้นโดยการไหลซึมผ่านของน้ำผ่านหลุมฝังกลบขยะ นอกจากนี้ น้ำชะขยะอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการทางชีวภาพภายในหลุมฝังกลบขยะ เช่น เกิดจากความชื้นที่ปกคลุมด้วยหญ้า (Senior, 1995) น้ำชะขยะอาจมีสารปนเปื้อนเป็นจำนวนมากซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี และความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แอมโมเนียม ฮาโลเจน ไฮโดรคาร์บอน ของแข็งแขวนลอย และความเข้มข้นของโลหะ (Trebouet และคณะ, 2001; Bagchi, 1990) หากไม่มีการบำบัดอย่างถูกวิธี น้ำชะขยะอาจปนเปื้อนไปยังแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินทำให้เกิดมลพิษตามแหล่งน้ำธรรมชาติและทำให้น้ำไม่มีคุณภาพ (Tatsi และคณะ, 2003)

2.2 ลักษณะทางเคมีน้ำชะขยะ

คุณสมบัติทางเคมีทั่วไปของน้ำชะขยะจะเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลของหลุมฝังกลบขยะใหม่และเก่า ดังตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบน้ำชะขยะแปรผันตามอายุหลุมฝังกลบการเก็บตัวอย่างและช่วงเวลาที่ทำกร หมายความว่า ถ้าเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะมาทำการวิเคราะห์ช่วง Acid phase พบว่า pH จะต่ำ ค่าบีโอดี สารอินทรีย์ทั้ง ค่าซีโอดี สารอาหารและโลหะหนักจะมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบทางตรงกันข้ามจะวิเคราะห์ช่วง Methane fermentation phase พบว่า pH อยู่ในช่วง 6.5-7.5 ค่า บีโอดี สารอินทรีย์ทั้ง ค่าซีโอดี สารอาหาร จะลดต่ำลงโดยปกติทั่วไปแล้ว โลหะจะมีค่าความเข้มข้นในน้ำชะขยะที่ต่ำลง เพราะโลหะส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำในสถานะที่ pH เป็นกลาง เนื่องจากค่า pH ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียวอาจมีหลายปัจจัย เช่น ค่าความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบขยะเมื่อมีการทำปฏิกิริยากับน้ำชะขยะ (เมธี โอภาสเสถียร, 2555)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางเคมีทั่วไปของน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบใหม่และหลุมฝังกลบขยะเก่า

องค์ประกอบ	ค่า, mg/L ¹⁾		
	หลุมฝังกลบขยะใหม่ (น้อยกว่า 2 ปี)		หลุมฝังกลบขยะเก่า (มากกว่า 10 ปี)
	ช่วง ²⁾	ทั่วไป ³⁾	
บีโอดี ₅	2,000-30,000	10,000	100-200
สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)	1,500-20,000	6,000	80-160
ซีโอดี (COD)	3,000-60,000	18,000	100-500
ของแข็งแขวนลอย (TSS)	200-2,000	500	100-400
สารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic-N)	10-800	200	80-120
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₄ -N)	10-800	200	20-40
ไนเตรต (NO ₃ ⁻)	5-400	25	5-10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	5-100	30	5-10
ออร์โธฟอสฟอรัส	4-80	20	4-8
ค่าความเป็นด่าง	1,000-10,000	3,000	200-1,000
pH	4.5-7.5	6.0	6.6-7.5
ความระต่างทั้งหมด	300-10,000	3,500	200-500
แคลเซียม	200-3,000	1,000	100-400
แมกนีเซียม	50-1,500	250	50-200
โพแทสเซียม	200-1,000	300	50-400
โซเดียม	200-2,500	500	100-200
คลอไรด์	200-3,000	500	100-400
ซัลเฟต	50-1,000	300	20-50
เหล็ก	50-1,200	60	20-200

หมายเหตุ 1) ยกเว้นค่าพีเอชที่ไม่มีหน่วย

2) เป็นช่วงค่าตัวแทน มีค่าที่สูงกว่าค่าสูงสุดที่ได้จากการตรวจเอกสารในบางองค์ประกอบ

3) ค่าทั่วไปของหลุมฝังกลบใหม่ อาจมีค่าแปรผันตามระยะของปฏิกิริยาชีวภาพที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบ

ที่มา : Tchobanoglous และคณะ (1993)

การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีสำหรับน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบในประเทศไทย มีการศึกษาน้ำชะขยะเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะจากแอ่งน้ำที่ขังบริเวณกองขยะ ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นของแต่ละองค์ประกอบจะมีความแปรปรวนที่แตกต่างกัน เพราะอาจเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น เวลา ฤดูกาล ที่เก็บตัวอย่างปริมาณและองค์ประกอบจะแตกต่างกันตามพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง (เมธี โอภาสเสถียร, 2555) กล่าวว่าพื้นที่ฝังกลบที่มีการเริ่มใช้งานที่มากกว่า 10 ปี และยังมีการใช้งานจะมีค่าความแปรปรวนของพารามิเตอร์แตกต่างกัน เช่น pH, BOD, COD, Org-N หรือ $\text{NH}_4\text{-N}$ เป็นต้น

2.3 น้ำชะขยะสังเคราะห์

การบำบัดน้ำชะขยะเป็นส่วนหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาบำบัดโดยระบบบำบัดจะคล้ายคลึงกับระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำชะขยะเกิดจากการสะสมของวัสดุในสังคมโดยมีน้ำฝน น้ำใต้ดินและกิจกรรมทางชีวภาพต่าง ๆ เป็นต้น และหลุมฝังกลบเกือบทุกแห่งจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่ซ้ำกัน รวมไปถึงอัตราการไหลและความต้องการการปล่อย ดังนั้น การมีระบบบำบัดที่ดีจะเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายเพื่อตอบสนองความต้องการของสถานการณ์องค์ประกอบของน้ำชะขยะสังเคราะห์ และความเข้มข้นของน้ำชะขยะสังเคราะห์จะได้ตามตารางที่ 2 และมีการเตรียมสารละลายความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 25%, 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ โดยจะเจือจางสารละลายความเข้มข้นด้วยน้ำประปา (Jamie และคณะ, 2004)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบน้ำชะสังเคราะห์

สารเคมีทั่วไป	กรัม/ลิตร
Sugar	1000
CH_3COONa	100
K_2HPO_4	2.22
NaHCO_3	35.73
K_2CO_3	35.37
NaCl	9.96
CaCl_2	15.96
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	15.89

สารเคมีทั่วไป	กรัม/ลิตร
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8.04
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1000
โลหะหนัก	มิลลิกรัม/ลิตร
FeSO_4	200
H_3BO_4	5
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	4
$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5
$\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	3
$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
96% conc. H_2SO_4 (AnalR)	1 ml

ที่มา : Jamie และคณะ (2004)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบน้ำชะสักระเหยซึ่งทำเป็น Stock ปริมาตร 1 ลิตร เมื่อจะใช้ให้เจือจางเป็น 4 เท่าของ Stock แล้วนำไปใช้

2.3.1 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำชะขยะ

คุณสมบัติของน้ำชะขยะจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อาทิ พื้นที่ของหลุมฝังกลบ อายุของหลุมฝังกลบ อุณหภูมิ อัตราการซึมผ่าน การบดอัด ความลึกของหลุมฝังกลบ องค์ประกอบของขยะ และความชื้น เป็นต้น ซึ่งในน้ำชะขยะมีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง และมีอัตราส่วนความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีต่อความต้องการออกซิเจนทางเคมี (BOD_5/COD) ค่อนข้างต่ำ (Taoufik และคณะ, 2018) และน้ำชะขยะอาจมีการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งมักจะมีปัญหาการไหลซึมของน้ำชะขยะที่เกิดจากการชำรุดของระบบท่อ หรือระบบไม่เป็นไปตามที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป)

2.3.2 สีของน้ำชะขยะ

แหล่งน้ำตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีสีชาที่เกิดจากใบไม้หรือพืชที่มีการเน่าเปื่อย หรืออาจจะเกิดจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งหากน้ำมีสีที่ผิดปกติจะทำให้แหล่งน้ำไม่น่าใช้ หรือเป็นที่รังเกียจ ซึ่งสามารถแบ่งสีของน้ำออกได้เป็น 2 ชนิด (มันสิน ตัญกุลเวศม์, 2542) ดังนี้

1) สีจริงของน้ำ (True Color) หมายถึง สีที่มีการละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ซึ่งสีที่แท้จริงของน้ำจะเกิดจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายของฮิวมิกและฟัลวิคซึ่งเป็นการย่อยสลายของพืชต่าง ๆ ดังนั้น การที่จะกำจัดสีที่แท้ให้ออกจากน้ำเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก เพราะกรดอินทรีย์ดังกล่าวเป็นสารที่มีความคงตัวสูงไม่สามารถสลายตัวได้

2) สีปรากฏ (Appearance Color) หมายถึง สีที่เกิดจากสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำซึ่งสะท้อนให้สามารถมองเห็นได้ด้วยตา เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ แพลงก์ตอนพืช ตะกอนของดิน และทราย สามารถกำจัดออกได้โดยวิธีทางกายภาพ เช่น การทำให้ตกตะกอน หรือ กรอง เมื่อกำจัดสีปรากฏออกไปแล้ว จะสามารถทำให้มองเห็นสีแท้จริงของน้ำ

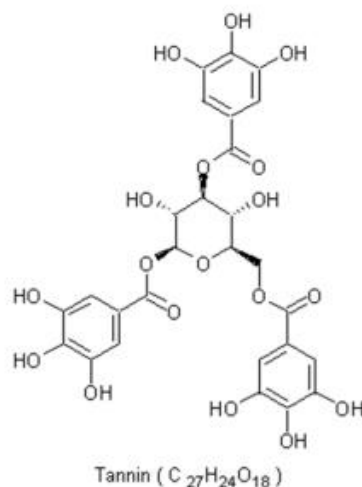
สำหรับหลุมฝังกลบจะมีสีที่แท้จริงของน้ำและสีที่ปรากฏ โดยสีที่แท้จริงจะเกิดจากฮิวมิก ที่มีการเปลี่ยนสภาพจากกรดฟัลวิค ซึ่งทำให้น้ำชะขยะเกิดสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำซึ่งขึ้นอยู่กับกรดฮิวมิก และจะมีสีที่เข้มขึ้นตามอายุของน้ำชะขยะ (ปริญานุษ พัฒนการคำ, 2558) และส่วนสีที่เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำอาจจะเกิดจากซากพืชหรือสัตว์ ตะกอนของดินและทรายที่ชะออกมาจากหลุมฝังกลบ

3. แตนนิน

3.1 ลักษณะของแทนนิน

แทนนิน (tannin) รากฐานศัพท์มาจากคำว่า แทนนิง (Tanning) แปลว่า การรักษาไว้และกันน้ำ แทนนิง คือ กรรมวิธีในการเปลี่ยนหนังสัตว์ที่ตายแล้วให้เป็นผลิตภัณฑ์ จากหนังสัตว์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยการใช้สารสกัดจากพืช แทนนิน เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน ดังแสดงภาพประกอบที่ 1 มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีรสฝาด จึงเป็นสารให้ความฝาดในพืช พบได้ในพืชหลายชนิด และพบส่วนต่าง ๆ ของพืช

พหุบัน ปณ จิตโต ชีเว



ภาพประกอบที่ 1 โครงสร้างของแทนนิน

ที่มา : O' Connell (2000)

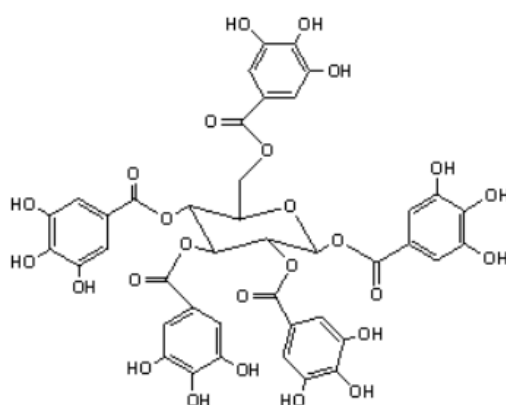
สารแทนนินยังสามารถบำบัดคุณภาพน้ำเสียโดยการสร้างตะกอนด้วยการสกัดแทนนินเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มในการบำบัด ทางทางแพทย์สารแทนนินมีคุณสมบัติเป็นรักษาอาการท้องเสียและสารแทนนินบางประเภทมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น ทีโอแกลลิน (Theogallin) กรดแกลลิก (Gallic acid) และกรดแอลลาจิก (Ellagic acid) เป็นต้น สารแทนนินยังใช้ในการตกตะกอนของโลหะบางชนิด ได้แก่ เช่น เหล็ก ตะกั่ว และสังกะสีได้ (Amelot และคณะ, 2007)

ลักษณะของแทนนิน สารแทนนินเป็นสารประกอบจำนวนพินอลที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก ขนาดและโมเลกุลและโครงสร้างมีขนาดใหญ่ ซับซ้อน สารแทนนินยังมีคุณสมบัติทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะของพินอล เช่น สามารถตกตะกอนกับโปรตีนประเภทต่าง ๆ และยังสามารถจับไอออนโลหะบางชนิดได้ด้วย (Schofield และคณะ, 2001; Amelot และคณะ, 2007; Hagerman, 2008)

แทนนินได้ถูกจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ไฮโดรไลเซเบิลแทนนิน (Hydrolyzable tannins) ดังแสดงภาพประกอบที่ 2 เป็นสารประกอบที่ประกอบไปด้วยส่วนโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของน้ำตาล โดยส่วนมากพบว่าเป็นน้ำตาลกลูโคส หรืออาจเป็นสารประกอบโพลีออล (Polyols) อื่น ๆ และส่วนที่สองเป็นกรดฟีนอลิก (Phenolic acid) เช่น กรดแกลลิก หรือกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิก (Hexahydroxydiphenic acid; HHDP) หรือสารอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิก มักอยู่ในรูปออกซิไดซ์ พบส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิกมากกว่าส่วนของน้ำตาล หรือโพลีออลเชื่อมโยงกันด้วยพันธะ

เอสเตอร์ ที่เรียกว่า เดปไซด์ ลิงเกจ (Depside linkage) ซึ่งพันธะเอสเตอร์นี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสภาวะที่มีน้ำและถูกแรงปฏิกิริยาดัวยกรด เบส หรือเอนไซม์แทนเนสให้กรดฟีนอลิกและน้ำตาล หรือโพลีออล เมื่อนำไปกลั่นแบบแห้งสารประกอบกรดฟีนอลิกจะเปลี่ยนเป็นไพโรแกลลอล (Pyrogallol) ดังนั้น ไฮโดรไลซ์เซเบลแทนนินจึงเรียกอีกอย่างว่า ไพโรแกลลอล แทนนิน (Pyrogallol tannins) มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระ 3 หมู่ เมื่อเกิดปฏิกิริยากับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์จะให้สีน้ำเงิน



ภาพประกอบที่ 2 โครงสร้างของไฮโดรไลซ์เซเบลแทนนิน (แกลโลแทนนิน)
ที่มา : Von Elbe และ Schwartz (1996)

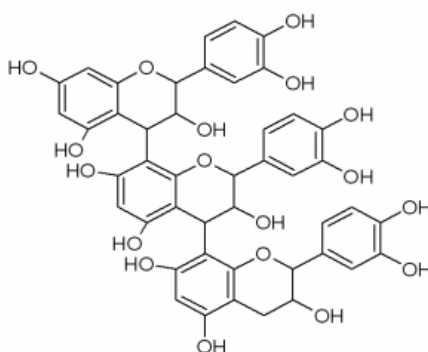
สารประกอบกลุ่มไฮโดรไลซ์เซเบลแทนนินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

1.1 แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยกรดแกลลิกเชื่อมต่อกับน้ำตาลกลูโคสด้วยพันธะเอสเตอร์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรดเกิดการสลายตัวจะให้สาร 2 ชนิด คือ กรดแกลลิก และน้ำตาลกลูโคส ตัวอย่างของแกลโลแทนนิน ได้แก่ กรดแทนนิก (Tannic หรือ Chinese gallotanmin) และทารา แกลโลแทนนิน (Tara gallotatannin) ภาพประกอบ 2 พืชที่เป็นแหล่งของแกลโลแทนนิน ได้แก่ โกศน้ำเต้า กานพลู และกลีบกุหลาบแดง เป็นต้น

1.2 แอลลาจิก แทนนิน (Ellagic tannins) เป็นกลุ่มของสารประกอบโพลีฟีนอลที่ประกอบไปด้วยกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิค โดยอยู่รวมกับน้ำตาล แอลลาจิกแทนนินเมื่อเกิดการสลายตัวแบบปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรด ส่วนของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิคจะแยกตัวออกและปฏิกิริยาแลกโตนีเซชัน (Lactonization) ให้กรดแอลลาจิก ตัวอย่างของแอลลาจิกแทนนิน ได้แก่ เพดังกูลาจิน (Pedunculagin) และกรดชิบูลาจิก (Chebulagic acid) พืชที่นำไปใช้เป็นยาที่เป็น

แหล่งของแอลลาจิกแทนนิน ได้แก่ เปลือกผลทับทิม ผลสมอไทย เปลือกต้นไธ้ และใบยูคาลิปตัส เป็นต้น

2. คอนเดนส์แทนนิน (Condensed tannins) หรือที่เรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทไซยานิน (Proanthocyanidins) ภาพประกอบที่ 3 เป็นกลุ่มของสารประกอบพอลิฟีนอลที่มีความซับซ้อน และสลายตัวด้วยน้ำยากกว่ากลุ่มไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน โครงสร้างพอลิฟีนอลในกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ดังแสดงในภาพประกอบ 3 พืชที่เป็นแหล่งของคอนเดนส์แทนนิน ได้แก่ เปลือกอบเชย เปลือกชินโคนาเปลือกหลิว เปลือกโอ๊ค เปลือกโกโก้ และใบชา เป็นต้น สารประกอบกลุ่มนี้เมื่อนำมาต้มกับกรด หรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์จะได้สารประกอบพอร์ลิเมอ รูปอสัณฐานสีแดง ไม่สามารถละลายน้ำ เรียกว่า โฟบาฟิน (Phobaphenes) หรือแทนนินแดง (Tannin red) จึงเรียกลำดับนี้ว่า โฟบาแทนนิน (Phobataannin) เมื่อนำสารประกอบกลุ่มนี้มาทำการกลั่นแบบแห้ง จะได้สารประกอบที่เป็น แคทีคอล แทนนิน (Catechol tannins) สารในกลุ่มคอนเดนส์แทนนินประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซีอิสระ 2 หมู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์จะให้สีเขียว



ภาพประกอบที่ 3 โครงสร้างของคอนเดนส์แทนนิน

ที่มา : Deshpande และคณะ (1986)

นอกจากนี้สารแทนนินจะสามารถรวมตัวกับโปรตีน อัลลาคอลด์และช่วยในการตกตะกอนโปรตีน เช่น เจลลาตินและอัลบูมิน รวมไปถึงการตกตะกอนกับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง แล้วสารแทนนินยังมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนัก เช่น Lead acetate, Zine acetate, Potassium dichromate และ Ferrie chloride ได้อีกด้วย (คณะเภสัชศาสตร์, 2550)

3.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

สารแทนนินเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลและโครงสร้างที่ซับซ้อน ไม่สามารถตกผลึกได้เอง ทำให้ไม่สามารถแยกสารสกัด สารโพลีฟีนอลที่อยู่รวมกันหลายชนิดให้เป็นเป็นสารที่บริสุทธิ์โดยการตกผลึก เมื่อมีการเกิดการละลายน้ำจะได้เป็นสารละลายคอลลอยด์ ซึ่งอัตราการละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์ ยังสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และซิโตน เพราะยังคงรูปร่างในการทำละลายที่เป็นน้ำ และวิธีที่นำมาใช้ในการสกัดสารแทนนินที่พบมากคือการต้มและ การเคี้ยว สารประกอบแทนนินจำพวก Geraniin เมื่อทำปฏิกิริยาการสลายตัวจะได้เป็น Gallic acid, Ellagic acid และ Corilagin ในเวลา 30 นาที (อิสราภรณ์ หริมพานิช, 2552: 21) แทนนินมีรสฝาดเนื่องจากไกลโคโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำลายของมนุษย์ตกตะกอนกับสารแทนนินที่ไปทำให้เกิดการล่อลื่นลดลง

3.3 การตรวจวิเคราะห์แทนนิน

การตรวจวิเคราะห์ Tannins โดยรวม โดยวิธี Blood method โดยอาศัยคุณสมบัติของ Tannins ในปฏิกิริยาการรวมตัวกับ Haemoglobin ซึ่งเป็นสารประกอบประเภโพรตีน และวัดปริมาณ Haemoglobin ที่เหลือด้วยวิธี Colorimetry แต่วิธีนี้จำเป็นต้องใช้สารมาตรฐาน เช่น Tannic acid หรือ Geraniin ในการเทียบผลเนื่องจาก กระบวนการในการตรวจสอบ และตรวจสอบซ้ำ (Reproducibility) ให้ผลไม่แน่นอน การใช้สาร Methylene blue แทน Haemoglobin จะทำให้กระบวนการตรวจสอบซ้ำแน่นอนมากขึ้น

อีกวิธีหนึ่งที่ยังคงใช้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะใน French pharmacopoeia คือ การตกตะกอนกับผงหนัง (Hide powder) ซึ่งเป็นโปรตีน โดยเริ่มจากการสกัดแทนนิน ด้วยวิธี Infusion แล้วแบ่งส่วนหนึ่งมาระเหยแห้ง เพื่อหาปริมาณสารแทนนินที่ละลายในน้ำ จากนั้นนำอีกส่วนหนึ่งที่มีปริมาณเท่ากับส่วนแรกมาเติมผงหนังจนกว่าจะไม่เกิดตะกอน นำมากรองเอาตะกอนออกและระเหยสารละลายที่กรองได้จนแห้ง น้ำหนักที่ได้จากส่วนแรกหักลบด้วยน้ำหนักที่ได้จากส่วนที่สองจะเท่ากับน้ำหนักของ Tannins ทั้งหมด

การวิเคราะห์ตามชนิดของแทนนิน

ปฏิกิริยาระหว่าง Tannins กับ Potassium Iodate สามารถนำมาหาปริมาณของ Ellagic tannins ได้ แล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี Spectroscopy การหาปริมาณของ Proanthocyanidins สามารถทำได้โดยเติม Vanillin ลงในตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ ที่ละลายอยู่ใน Methanol หรือเติมสาร p-Dimethylaminobenzaldehyde ลงในตัวอย่างที่ละลายอยู่ใน Methanol ที่มีกรด Hydrochloric acid ผสมอยู่ แล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี Spectroscopy ต่อไป ทั้งนี้อาจใช้ n-Butanol/Hydrochloric acid เพื่อเปลี่ยน Proanthocyanidins ที่เป็นสารที่ไม่มีสีไปเป็น Anthocyanidins ซึ่งเป็นสารที่มีสีแล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี Spectroscopy

การสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ (Extraction and purification) โดยทั่วไปมักใช้ Water-acetone mixture ควรหลีกเลี่ยงการใช้ Menthol เนื่องจากสามารถทำให้เกิด Methanolysis ของ GalloylDeposides การสกัดสารแทนนินมักทำได้ดีที่พืชสดมากกว่าพืชแห้ง เพราะในพืชแห้ง สารประกอบกลุ่มนี้อาจรวมตัวอยู่กับโพลีเมอร์อื่น ๆ จากนั้นกำจัด Acetone ออกโดยการกลั่น แล้วทำการแยก Pigments และ Lipids โดย Partition ด้วย Dichloromethane เป็นต้น ต่อมาสกัดแยก DimericProanthocyanidins และ Gallotannins ออกโดยใช้ Partition กับ Ethyl Acetate ส่วน Polymeric Proanthocyanidins และ High Molecular Weight Gallotannins นั้นจะยังคงอยู่ใน Aqueous Phase แล้วทำให้บริสุทธิ์ต่อด้วยวิธี Gel Filtration Chromatography และตามด้วย Reverse Phase Chromatography ใน Water-Alcohol หรือ Water-Alcohol Acetone Mixtures

3.4 คุณสมบัติของแทนนิน

1. มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำตาลอ่อน ถ้าบริสุทธิ์
2. สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น น้ำ เอทานอล อะซิโตน และ ไพรดีน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์
3. เมื่ออยู่ในน้ำมีสภาพเป็นคอลลอยด์ ไม่สามารถตกผลึก
4. มีสมบัติเป็นอัลคาลอยด์รีเอเจนต์ เช่น สามารถตกตะกอนเกลือของโลหะหนักได้
5. สามารถตกตะกอนโปรตีนได้
6. เมื่อถูกออกซิไดส์ทำให้มีสีเข้มขึ้น

3.5 การตรวจวัดสมบัติของแทนนิน

แทนนินที่สกัดได้ประกอบด้วยสารหลายชนิดปะปนกันอยู่ ดังนั้นในการตรวจสอบสมบัติของแทนนิน จึงใช้กรดแทนนิกเป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบ แทนนินจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน เมื่อเติมฟอลิน - เดนนิส รีเอเจนต์ วิเคราะห์ปริมาณแทนนินโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 745 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

การตรวจสอบสมบัติการละลาย แทนนินสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เอทานอล เมทานอล อะซิโตน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน อีเทอร์ และ คลอโรฟอร์ม

การตรวจสอบสมบัติทางเคมี แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็ก เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์ จะได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินแกมเขียวเพราะเป็นสารประกอบฟีนอลิก เมื่อทำปฏิกิริยากับเลดอะซิเตด ทำให้เลดอะซิเตดตกตะกอน เนื่องจากแทนนินมีคุณสมบัติในการจับไอออนของโลหะหนัก และตกตะกอนโปรตีน เช่น อัลบูมิน และเจลาตินได้

3.6 การสกัด

ก่อนที่จะสกัดตัวอย่างพืช จำเป็นต้องทำให้พืชมีขนาดเล็ก เพื่อให้ตัวทำละลายเข้าไปสกัดตัวอย่างได้มากขึ้นทำให้ได้สารสกัดมากขึ้น ขั้นตอนต่อไปคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย การเลือกใช้ตัวทำละลายเป็นตัวแปรที่สำคัญในการสกัด ถ้าเลือกได้เหมาะสม การสกัดก็จะได้ดี

การเลือกใช้ตัวทำละลาย ในการสกัดจะได้ผลดีหรือไม่อยู่ที่การเลือกตัวใช้ทำตัวละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. สารที่ต้องการสกัด และตัวทำละลายควรมีขั้วคล้ายคลึงกัน
2. เป็นตัวทำละลายที่ละลายสารที่เราต้องการสกัดได้ดี
3. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
4. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่เราสกัด
5. ไม่เป็นพิษ
6. ราคาถูก

3.7 การกระจายตัวในธรรมชาติของแทนนิน

แทนนินจะกระจายตัวอยู่ในธรรมชาติ พบว่าแทนนินมีอยู่ในพืชเกือบทุกชนิด แต่พบสารแทนนินในปริมาณมากของพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ในพืชชั้นต่ำ เช่น สาหร่าย หรือ มอสส์ รวมไปถึงหญ้า จะมีแทนนินอยู่น้อย แทนนินที่พบในพืชยังไม่เป็นที่แพร่หลายและทั่วไปพืชจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบ แทนนินจะมีปริมาณมากในส่วนของเปลือก ลักษณะเฉพาะของแทนนินจะมีเฉพาะในพืช ที่มีรสฝาด ที่เกิดจากส่วนโพลีเมอริกของสารประกอบที่มีในกลุ่มฟีนอลและแคเทคอลหรือฟลาโวนอลซึ่งมีมวลโมเลกุลสูง เนื่องจากสามารถเกิด cross linking ระหว่างไกลโคโปรตีนกับแทนนินจะทำให้เกิดการล่อลึงในปากลดการเกิดรสฝาดส่วนมากจะพบในแทนนินโอลิโกเมอร์เท่านั้น (สุวรรณค์ วงษ์ศิริ, 2536) ชนิดของพืชและแหล่งที่ปลูก ภูมิอากาศ ฤดูกาลอาหารในดิน และอายุของต้นพืชมีส่วนทำให้ปริมาณและชนิดของแทนนินทำให้เกิดรสฝาด แต่ถึงจะอยู่ลักษณะภูมิอากาศที่คล้ายกันหรืออยู่ในต้นเดียวกันสารแทนนินที่มีอยู่ก็แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณแทนนินจากเปลือกไม้ของป่าชายเลนบางชนิดของประเทศไทยจากการกลั่นที่ต่างสภาวะ

ชนิดไม้	ที่ตั้ง	อัตราส่วนของเปลือกต่อน้ำ	อุณหภูมิ (°C)	แทนนิน-ฟอร์มัลดีไฮด์ ^{1/}	แทนนิน ^{2/}
โกงกาง	สตูล	1:12	60	27.45	17.41
	ระนอง			28.51	18.22
	พังงา			28.35	18.10

ชนิดไม้	ที่ตั้ง	อัตราส่วนของ เปลือกต่อน้ำ	อุณหภูมิ (°C)	แทนนิน- ฟอร์มาลดีไฮด์ ^{1/}	แทนนิน ^{2/}
	นครศรีธรรมราช			28.83	18.46
	จันทบุรี			26.62	16.78
โก่งกางใบใหญ่	สตูล	1:12	60	26.30	16.54
	ระนอง			27.55	17.49
	พังงา			27.45	17.41
	นครศรีธรรมราช			27.63	17.55
	จันทบุรี			25.35	15.82
พังกาหัวสุม	สตูล	1:8	70	23.10	14.11
	จันทบุรี			20.26	11.95
	สมุทรสาคร			18.83	10.86
ตะบูน	ระนอง	1:6	60	27.84	17.71
	พังงา			27.36	17.34
ลำแพน	นครศรีธรรมราช	1:6	60	25.00	15.55
	สมุทรสาคร			20.62	12.22
โปรงแดง	นครศรีธรรมราช	1:4	70	25.78	16.14
ถั่วดำ	นครศรีธรรมราช	1:6	70	21.84	13.15
ฝาดแดง	นครศรีธรรมราช	1:6	60	23.52	14.43
ประสักแดง	นครศรีธรรมราช	1:6	60	24.35	15.06
ตาตุ่มทะเล	นครศรีธรรมราช	1:6	70	16.48	9.07

หมายเหตุ 1/ เปอร์เซ็นต์ตะกอนแทนนิน ฟอร์มาลดีไฮด์ เทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือก

2/ ปริมาณของแทนนิน คำนวณจากสูตรของ Humpreys (วิชา สุโรจนะเมธากุล, 2537)

เปอร์เซ็นต์ปริมาณแทนนิน = $0.76 \times \text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณตะกอนแทนนินฟอร์มาลดีไฮด์} - 3.45$

ที่มา : สมศักดิ์ วรมงคลชัย (2532)

3.8 การวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนิน

ผลิตภัณฑ์แทนนินที่สกัดได้ประกอบด้วยสารประกอบแทนนินหลายชนิดรวมกันอยู่ยากที่จะทำให้บริสุทธิ์ ดังนั้นจึงต้องใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน โดยการเติม

รีเอเจนต์เพื่อให้แทนนินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน หลักการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินใช้วิธีของโฟลลิน – เดรนิส คือ สารละลายแทนนินจะถูกออกซิไดส์ด้วยโฟลลิน – เดรนิส รีเอเจนต์ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน จากนั้นวัดปริมาณแทนนินโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 745 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี – วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้กรดแทนนิกเป็นสารมาตรฐาน

วิธีโฟลลิน – เดรนิสเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมดในพืชผัก ผลไม้ และเครื่องดื่มต่าง ๆ โดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ของโซเดียมทั้งสเตรต กรดฟอสโฟโมลิบดีนัม (V) ไอออน (MO(VI)) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารประกอบประเภหฟีนอลแล้วจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมลิบดีนัม (V) ไอออน (MO(VI) ซึ่งมีสีน้ำเงิน และสามารถติดตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 745 นาโนเมตร ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ สะดวก ง่าย รวดเร็ว และมีความแม่นยำ (ปริยพันธ์ บัวสด, 2549)

3.9 ประโยชน์ของแทนนิน

สารแทนนินมีสรรพคุณเป็นยาสามารถใช้แก้อาการท้องเสีย และยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีของแบคทีเรีย และช่วยรักษาแผลที่เกิดจากการไฟไหม้ สารแทนนินยังมีความสามารถในการบำบัดน้ำโดยการทำให้สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำตกตะกอน ในทางอุตสาหกรรมมีการนำสารแทนนินมาใช้ประโยชน์ อาทิ อุตสาหกรรมด้านเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมผลิตเบียร์ ไวน์ ชา กาแฟ อุตสาหกรรมผลิตกาว อุตสาหกรรมฟอกหนังสัตว์ และอุตสาหกรรมการผลิตสี (วัลลภ อาธิรบ, 2551) ในสารแทนนินนั้นยังมีโทษ คือ แทนนินมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร หากกินเข้าไปมากจะทำให้รู้สึกท้องอืด หรือท้องผูก มีอาการเหมือนกับการดื่มน้ำชา เปลือกผลของเงาะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ



3.10 แทนินจากพืช

1) มังคุด



ภาพประกอบที่ 4 มังคุด

ที่มา : <http://www.misswhite.org/wp-content/uploads/2015/11/m1.png> (19 กุมภาพันธ์ 2563)

มังคุด (Mangosteen) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Garcinia mangostana* Linn. ภาพประกอบที่ 4 ถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณคาบสมุทรมลายู และในประเทศไทยมีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชพรรณนานาชนิด ไม่ว่าจะเป็นผักหรือผลไม้ ซึ่งมังคุดถือว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้ เพราะมีรสหวานและเย็นเมื่อรับประทานแล้วทำให้สดชื่น และยังได้รับความนิยมรับประทานทั้งในประเทศและต่างประเทศ มังคุดยังเป็นผลไม้ที่ส่งออกไปยังทวีปเอเชียและยุโรป

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก : เป็นระบบรากแก้ว มีจำนวนรากแขนงไม่มาก และที่บริเวณปลายรากมีขนรากน้อย

ลำต้น : ลำต้นตรง เปลือกภายนอกมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ภาคนิปลืออกประกอบไปด้วยท่อน้ำยางมีลักษณะสีเหลือง

ใบ : ใบมีรูปยาว มีความยาวประมาณ 9-25 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4.5-10 เซนติเมตร ด้านบนมีลักษณะเป็นมันสีเขียวเข้ม ส่วนด้านล่างสีเขียวปนเหลือง แผ่นใบโค้งเล็กน้อย มีตาข้างอยู่บริเวณซอกใบ และมีตายอดอยู่บริเวณซอกใบคู่สุดท้าย

ดอก : เป็นแบบเดี่ยวและบางสภาพอาจเป็นดอกกลุ่ม ซึ่งดอกจะปรากฏที่บริเวณปลายยอดของกิ่งแขนง ที่มีช่อดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันดอกจัดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ

แต่เกสรตัวผู้จะเป็นหมัน ดอกมังคุดประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 4 กลีบ มีกลีบดอกค่อนข้างหนา 4 กลีบ ดอก เกสรอยู่ที่ฐานรอบ ๆ ของรังไข่

ผล : เป็นแบบเบอร์รี่ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.4-7.5 เซนติเมตร มีเปลือกหนา 6-10 เซนติเมตร เนื้อสีขาวขุ่นลักษณะของผลอ่อนเปลือกนอกจะมีสีเขียวปนเหลือง มียางสีเหลืองอยู่ภายใน ผลหนึ่งๆ จะมีเมล็ดอยู่ประมาณ 1-6 เมล็ด เมล็ดมีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 1.6 เซนติเมตร (ศูนย์วิจัยพืชอินทรีย์และไม้ผลเมืองร้อน, 2554)

การใช้ประโยชน์จากมังคุด

เนื้อมังคุด มีการนำมังคุดมาประกอบอาหารบ้างทั้งอาหารคาว เช่น แกง ยำ และอาหารหวาน เช่น มังคุดลอยแก้ว แยมมังคุด มังคุดกวน มังคุดแช่อิ่ม ในจังหวัดนครศรีธรรมราชมีการทำมังคุดคัต ด้วยการแกะเนื้อมังคุดห่ามออกมาเสียบไม้รับประทาน ในขณะที่ส่วนใหญ่จะนิยมรับประทานมังคุดสุกเป็นผลไม้ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย มีส่วนช่วยในการชะลอวัยและการเกิดริ้วรอย ช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่งสดใสอีกด้วย

นอกจากนี้ ยังช่วยป้องกันอาการไข้ (ไข้ระดับต่ำ) ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง ช่วยเพิ่มพลังงานแก่ร่างกาย เพิ่มความกระปรี้กระเปร่า ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสิว ออกฤทธิ์ต้านสิวกักเสบได้ดี และมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคซึมเศร้า ลดความเครียด

การรับประทานมังคุดเป็นประจำ จะช่วยส่งเสริมให้มีสุขภาพจิตดี อารมณ์ดีอยู่เสมอ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย และลดไขมันที่ไม่ดีในเส้นเลือด มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดเนื้องอกในร่างกาย มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน ด้วยคุณสมบัติในการลดและควบคุมระดับน้ำตาลอีกด้วย

เนื้อมังคุด มีเส้นกากใยสูง ช่วยเรื่องการขับถ่ายและมีวิตามินเกลือแร่สูงมาก เช่น กรดอินทรีย์ น้ำตาล แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก

เปลือกมังคุด ส่วนเปลือกของมังคุดมีสารให้รสฝาด คือแทนนิน แซนโทน (โดยเฉพาะแมงโกสติน) ซึ่งแทนนินมีฤทธิ์ฝาดสมาน ทำให้แผลหายเร็ว ส่วนแมงโกสตินช่วยลดอาการอักเสบและมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนองได้ดี ในทางยาสมุนไพร ใช้เปลือกมังคุดตากแห้งต้มน้ำหรือน้ำหรีอย่างไฟ ฝนกับน้ำปูนใส แก้อักเสบ เปลือกแห้งฝนกับน้ำปูนใส ใช้รักษาอาการน้ำกัดเท้า แผลเปื่อย นอกจากนี้ เปลือกมังคุดมีสารป้องกันเชื้อราเหมาะแก่การหมักปุ๋ย ชาวโอรังอัซลี ในรัฐเปเร ประเทศมาเลเซีย ใช้เปลือกผลแห้งรักษาแผลเปิด

น้ำมังคุด น้ำมังคุดช่วยปรับระดับภูมิคุ้มกันให้สมดุล ด้วยการหลั่งสาร Interleukin I และ Tumor Necrosis Factor ช่วยยับยั้งการหลั่งสารฮีสตามีน ลดอาการแพ้ภูมิตนเอง (ในโรค SLE)

และลดการอักเสบ ในผู้ป่วยเบาหวาน ตับเสื่อม ไตวาย ข้อเข่าเสื่อม ความดันโลหิตสูง โรคพาร์กินสัน ไทรอยด์เป็นพิษ ความผิดปกติของสมองอันเนื่องจากการอักเสบ

ปัจจุบัน มีงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์จากสารสกัดจากเปลือกมังคุด พบแทนนิน (Tannin) และแซนโทน (Xanthones) ในปริมาณสูง ซึ่งมีสรรพคุณทางการรักษาและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่สารแทนนิน มีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายได้เร็วยิ่งขึ้น และสารแซนโทน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบจากการติดเชื้อ รักษาเซลล์มะเร็ง และฆ่าเชื้อก่อโรคทางเดินระบบหายใจร้ายแรงได้ นอกจากนี้สรรพคุณทางการแพทย์ ในวงการเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ยังให้ความสนใจนำเอาสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในการเป็นตัวช่วยดับกลิ่นตัว และบรรเทาอาการของโรคผิวหนัง รักษาสิวฝ้า ซึ่งก็ให้ผลดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ามังคุดมีประโยชน์มากมายและยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพพรสชาติอร่อยสมกับเป็นราชินีแห่งผลไม้ไทย

สรรพคุณของมังคุด

ราก ช่วยทำให้ประจำเดือนมาปกติและรักษาโรคบิดมูกเลือด
ต้นใบ และดอก มีสรรพคุณช่วยรักษารักษาโรคบิดมูกเลือด
เปลือกต้น มีสรรพคุณช่วยรักษาบาดแผล
ผลดิบของมังคุด มีสรรพคุณช่วยรักษาอาการท้องร่วง
เปลือก มีสรรพคุณช่วยรักษาอาการท้องเสียและยังช่วยสมานแผล
เนื้อในผล มีสรรพคุณช่วยบำรุงรักษาร่างกาย (นันทวรรณ บุญยะประภัศร,

2542 :823)

2) เงาะ



ภาพประกอบที่ 5 เงาะ

ที่มา : <https://sites.google.com/site/fruit1234m/phl-mi-thiy/ngeaa> (19 กุมภาพันธ์ 2563)

เงาะ (Rambutan) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nephelium lappaceum* Linn. วงศ์ Sapindaceae ภาพประกอบที่ 5 เป็นไม้ผลเมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย โดยทั่วไปเงาะ เป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดี ในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูงในประเทศไทยนิยมปลูกเงาะในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากมีอยู่ 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และพันธุ์สีชมพู ในบางพื้นที่อาจมีการเพาะปลูกพันธุ์อื่น ๆ บ้างประปรายตามพื้นที่ที่เหมาะสม และในปัจจุบันพบประเทศที่มีการเพาะปลูกหรือส่งออกเงาะมากขึ้น เช่น ประเทศออสเตรเลีย และประเทศฮอนดูรัส

ลักษณะทั่วไป

เงาะเป็นไม้ประเภทยืนต้นมีขนาดกลางไม่ใหญ่มาก อากาศที่เหมาะสมคืออากาศร้อนชื้น อุณหภูมิเหมาะสมที่ 25–30 °C ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 75–85 % ดินที่ใช้ปลูกมีค่าความเป็นกรดต่ำ(ค่า pH) ของดินประมาณ 5.5–6.5 และพื้นที่ในการเพาะปลูกต้องมีปริมาณน้ำที่เพียงพอตลอดทั้งปีเพราะเงาะมีรากที่ลึกไว้สำหรับดูดสารอาหาร ความลึกจากผิวดินประมาณ 60–90 เซนติเมตร และก่อนการออกดอกเงาะต้องการสภาพที่แห้งแล้ง ประมาณ 21–30 วัน เมื่อต้นเงาะผ่านสภาพที่แห้งแล้งและมีการจัดการน้ำที่ดีและเหมาะสมต้นเงาะจะออกดอก ช่วงเป็นช่วงพัฒนาการของดอกที่กำลังจะผลิบาน ประมาณ 10–12 วัน ดอกของเงาะจะค่อยทยอยบานจากโคนช่อไปยังปลายช่อ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 25–30 วัน ดอกเงาะถึงจะบานทั้งบน ดอกของเงาะจะคล้ายพืชทั่วไปที่มีดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ซึ่งต้นที่มีเงาะดอกตัวผู้จะไม่ติดผล ส่วนต้นที่มีดอกสมบูรณ์เพศนั้นเกสรตัวผู้จะไม่ค่อยแข็งแรง ดังนั้นชาวสวนจึงต้องปลูกต้นตัวผู้แซมไว้ในสวนเพื่อเป็นการเพิ่มละอองเกสรหรือมีการฉีดฮอร์โมนพืชเพื่อช่วยให้เกสรตัวผู้แข็งแรงขึ้น (สุกัญญาตาลสิทธิ์, 2560) โดยทั่วไปเปลือกเงาะและเมล็ดจะนำไปกำจัดโดยการทำปุ๋ยซึ่งเป็นผลพลอยได้จากพืช และที่สำคัญในส่วนที่เป็นเปลือกเงาะนั้นจะมีสารสำคัญที่เรียกว่า สารแทนนิน ซึ่งเป็นสารประที่ซับซ้อนของฟีนอล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ ไฮโดไลซ์เซเบิลแทนนิน ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมีการละลายหรือสลายตัวได้ในน้ำหรือกรด กับคอนเดนซ์แทนนินซึ่งจะมีโมเลกุลขนาดใหญ่จะจัดอยู่ในกลุ่มของประเภทโพลีเมอริกโพลีฟีนอล จะสลายตัวได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิหรือน้ำร้อน แอลกอฮอล์ และอะซิโตน หากนำมาต้มกับกรดจะรวมตัวกันเกิดเป็นโพลีเมอร์ และเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีการสลายตัว มีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอนและมีสีแดงซึ่งเรียกว่า Tannin-red or phlobaphene แทนนินทั้งสองประเภทจะกระจายอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ เมล็ด ซึ่งสารแทนนินในเปลือกเงาะจะสังเกตเห็นได้ง่ายเมื่อมีการลอกเงาะจะมียางที่ออกมาซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ ซึ่งสารแทนนินมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีการต้านอนุมูลอิสระ ที่ช่วยยืดอายุการใช้งานของสิ่งของ และยังช่วยในเรื่องอื่น ๆ เช่น การฟอกหนัง บำบัดน้ำเสีย ทำเป็นกาว หรือยารักษาโรค (นรินทร์ เจริญพันธ์ และคณะ, 2563: 121)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก : มีระบบรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย

ลำต้น : เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 15-25 เมตร ลำต้นจะแตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกสีเทาอมน้ำตาลเข้ม กิ่งเล็กกลมสีน้ำตาลอมแดงคล้ำ มีรอยเหี่ยวย่นหรือร่องเป็นรูปครึ่งวงกลมแผ่ออกกว้าง

ใบ : เป็นใบรวม มีใบย่อย 2-4 คู่ ก้านใบระหว่างใบย่อยมีขนาดใหญ่ กลม สีน้ำตาลอมแดง ฐานก้านใบหนา รูปร่างใบเป็นรูปไข่ยาวหรือรูปไข่หัวกลับ ขอบใบเรียบสีเขียวอมเหลืองหรือสีนวล เส้นกลางใบขนาดใหญ่ ได้ใบจะมีคลื่นเล็กน้อย

ดอก : มี 2 ลักษณะ คือ ช่อดอกตัวผู้ เป็นดอกเงาะที่มีดอกตัวผู้ทั้งช่อดอก และอีกลักษณะ คือ ดอกสมบูรณ์เพศ หรือที่เรียกว่า ดอกกระเทย เป็นดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน / ผล : รวมกันอยู่เป็นช่อ ติดอยู่บนก้านช่อดอก ผลค่อนข้างกลม สีแดง บางพันธุ์สีแดงปนเหลือง ขนาดของผลยาวประมาณ 3.5-8 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร ขนสั้นยาวขึ้นกับชนิดพันธุ์ แต่โดยทั่วไปยาวเฉลี่ย 0.5-1.8 เซนติเมตร เนื้อในใส อ่อนนุ่ม หรือเป็นสีขาวอมเหลือง ห่อหุ้มเมล็ดอยู่

เมล็ด : ลักษณะรูปแบนยาวรี หรือบางครั้งกลมเป็นรูปไข่ ผิวนอกของเมล็ดจะหุ้มด้วยผิวเปลือกบาง ๆ สีน้ำตาลอ่อน (ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน, 2554)

ประโยชน์

ปัจจุบันมีการนำเปลือกเงาะมาสกัดหาสารแทนนิน ซึ่งสารแทนนินสามารถนำมาใช้ในการฟอกหนังสัตว์ ย้อมผ้า และบำบัดน้ำเสีย ยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ป้องกันแมลง และสามารถใช้เป็นยารักษาโรค

3) ใบชา



ภาพประกอบที่ 6 ใบชา

ที่มา : <https://medthai.com/%E0%B8%8A%E0%B8%B2/> (19 กุมภาพันธ์ 2563)

ชา ชื่อสามัญ Tea, Thea ชา ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis* (L.) Kuntze จัดอยู่ในวงศ์ชา (THEACEAE) ภาพประกอบที่ 6

ลักษณะของต้นชา

สมุนไพรรชา เป็นไม้ยืนต้นที่เชื่อว่ามีถิ่นกำเนิดมาจากเทือกเขาทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจีน เนื่องจากมีหลักฐานการค้นพบต้นชาสายพันธุ์ดั้งเดิมหลายสายพันธุ์ที่เป็นพืชพื้นเมืองประจำถิ่นของมณฑลยูนนาน และภายหลังได้แพร่กระจายไปปลูกตามประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถึงญี่ปุ่น ในการเพาะปลูกมักตัดแต่งกิ่งให้เป็นพุ่มสูงประมาณ 0.6-1 เมตร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเก็บใบชา ส่วนการเก็บใบชามักจะเก็บแต่ใบอ่อน ๆ แรกผลิออกเป็น 3 ใบเท่านั้น ชาเป็นพืชที่ร้อนที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่นและมีฝน ปลูกได้ดีที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลตั้งแต่ 200-2,000 เมตร โดยชาที่ผลิตทางการค้าส่วนใหญ่จะมีอยู่ 2 สายพันธุ์ (Mae Fah Luang University, 2555) ได้แก่ กลุ่มชาพันธุ์จีน (Chinese tea) และกลุ่มชาพันธุ์อัสสัม (Assam tea)

กลุ่มชาพันธุ์จีน (Chinese tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* var. *sinensis* เป็นสายพันธุ์นำเข้ามาจากประเทศไต้หวันและจีน นิยมปลูกกันมากเนื่องจากให้ผลผลิตสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด ในประเทศไทยปลูกกันมากทางภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ซึ่งการปลูกจะปลูกเป็นแถวแบบขั้นบันได มีการจัดการแปลงปลูกออกเป็นระบบและตัดแต่งกิ่งอย่างสม่ำเสมอ

ต้นชา ชาสายพันธุ์จีนจัดเป็นพรรณไม้ขนาดย่อมจนถึงขนาดกลาง มีความสูงของต้นประมาณ 1-6 เมตร ลำต้นแตกกิ่งก้านมาก ตามกิ่งอ่อนมีขนปกคลุม ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด พรรณไม้ชนิดนี้เป็นพันธุ์เดิมของประเทศจีน แต่ในบ้านเราก็มีปลูกมานานแล้ว เคยพบที่จังหวัดพะเยา แต่ไม่มากเท่าไร แต่ก็มีปลูกกันบ้างประปรายทางภาคเหนือ

ใบชา ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ ลักษณะของเป็นรูปหอก ปลายใบแหลม ขอบใบเป็นจักเล็ก ๆ หรือเป็นฟันเลื่อย ใบมีขนาดกว้างประมาณ 3-4 เซนติเมตร และยาวประมาณ 6-12 เซนติเมตร หลังใบเป็นสีเขียวเข้ม ส่วนท้องใบเป็นสีเขียวยอ่อน แผ่นใบหนาและเหนียว เรียบเป็นมัน คล้ายใบข่อยแต่จะยาวและใหญ่กว่า เส้นใบเป็นตาข่าย ส่วนก้านใบสั้น

ดอกชา ออกดอกเป็นช่อหรือออกเป็นกระจุกตามง่ามใบ ลักษณะของดอกคล้ายกับดอกส้มเขียวหวาน โดยดอกชาจะมีลักษณะใหญ่สีขาว ดอกเป็นสีขาวนวล และมีกลิ่นหอม ในช่อหนึ่งจะมีดอกประมาณ 1-4 ดอก กลีบดอกมี 5 กลีบ ส่วนกลีบเลี้ยงมี 2 กลีบ ดอกมีเกสรเพศผู้อยู่กึ่งกลางดอกจำนวนมาก

ผลชา เป็นผลแบบแคปซูล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-4 เซนติเมตร เมื่อแก่จะแตกออก ในหนึ่งผลจะมีเมล็ดอยู่ประมาณ 1-3 เมล็ด ลักษณะของเมล็ดเป็นรูปสามเหลี่ยมแบน

หรือค่อนข้างกลม ผิวเมล็ดเรียบ เป็นสีน้ำตาลเข้มเกือบดำหรือสีน้ำตาลอมแดง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-14 มิลลิเมตร

กลุ่มชาพันธุ์อัสสัม (Assam tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* var. *assamica* มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น ชาอัสสัม ชาป่า ชาพื้นเมือง ชาเมี่ยง เป็นต้น ชาชนิดนี้จะเป็นพันธุ์ชาที่ใบใหญ่กว่าชาพันธุ์จีน เจริญเติบโตได้ดีในป่าเขตร้อนชื้นที่มีร่มไม้และแสงแดดพอประมาณ ในประเทศไทยพบได้ที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ และน่าน

ต้นชา จัดเป็นไม้พุ่มขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ผิวลำต้นเรียบ ตามกิ่งอ่อนปกคลุมไปด้วยขนอ่อน ๆ มีความสูงของต้นประมาณ 6-18 เมตร มีขนาดใหญ่กว่าชาจีนอย่างเด่นชัด กิ่งที่มีอายุมากจะเปลี่ยนเป็นสีเทา

ใบชา ใบเป็นใบเดี่ยว ออกสลับและเวียน ปลายใบแหลม ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยเด่นชัด โดยมีหยักฟันเลื่อยประมาณ 9 หยัก ใบมีขนาดกว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7-16 เซนติเมตร หรืออาจพบใบที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ แผ่นใบเป็นสีเขียวอ่อนถึงสีเขียวเข้ม ก้านใบและท้องใบมีขนอ่อนปกคลุม

ดอกชา ดอกเจริญจากตาบริเวณง่ามใบบนกิ่ง ในแต่ละตาจะประกอบไปด้วยตาที่เจริญไปเป็นกิ่งอยู่ด้านบนของตา ส่วนใหญ่ดอกออกติดกันเป็นกลุ่ม ๆ ช่อละประมาณ 2-4 ดอกต่อตา ดอกมีกลีบเลี้ยงประมาณ 5-6 กลีบ ขนาดไม่เท่ากัน ลักษณะเป็นรูปทรงโค้งมนยาว ก้านดอกยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร ส่วนกลีบดอกมีประมาณ 5-6 กลีบ โคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก วงเกสรเพศผู้ประกอบไปด้วยอัณฑะของเกสรสีเหลืองติดอยู่ ส่วนปลายของก้านชูอัณฑะของเกสรเป็นสีขาว ยาวได้ประมาณ 5 มิลลิเมตร เกสรเพศเมียมีลักษณะเป็นก้านกลม ภายในรังไข่แบ่งออกเป็นช่อง 1-3 ช่อง เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีขนาดกว้างประมาณ 3.65 เซนติเมตร

ผลชา ผลเป็นแบบแคปซูล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-4 เซนติเมตร เมื่อแก่เต็มที่เปลือกจะแตกออก ภายในมีเมล็ดลักษณะกลม ผิวเมล็ดเรียบแข็ง เป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลอมแดง หรือสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ เมล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 11-12 มิลลิเมตร

สรรพคุณของชา

1. ใบชาดื่มแก้ปวดท้อง น้ำกิน ช่วยกระตุ้นทำให้กระชุ่มกระชวย ไม่่วงนอน ทำให้ตาสว่าง กระตุ้นให้หายใจ
2. ช่วยแก้อาการปวดศีรษะ หน้ามืดตาบวม
3. ใบชานำมานึ่งแล้วหมักกับเกลือ ทำเป็นคำ ๆ ใช้น้อม จะช่วยทำให้คอชุ่ม แก้อาการกระหายน้ำได้ดีมาก
4. ช่วยแก้อาการร้อนในกระหายน้ำ
5. ใบชามีสรรพคุณช่วยบำรุงหัวใจให้ชุ่มชื้น

6. ใบมีฤทธิ์เป็นยาฟาดสมานใช้รักษาและลดอาการท้องร่วง

7. ราก เมล็ดและน้ำมันใช้เป็นยาภายนอก แก้แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แก้แผลเปื่อย กากใบชาใช้เป็นยาพอกแผล สำหรับแผลที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวก ส่วนกิ่งและใบใช้ทำเป็นน้ำยาสมานของกรดแทนนิน ใส่แผลไหม้พอง

ประโยชน์ของชา

1. ในช่วงที่อากาศร้อน ๆ การดื่มชาจะช่วยทำให้คุณรู้สึกสดชื่นขึ้นได้ เนื่องจากในใบชามีสารโพลีฟีนอล กรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรต เมื่อสารเหล่านี้เกิดปฏิกิริยากับน้ำลายจะช่วยกระจายความร้อนส่วนเกินในร่างกายได้

2. ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีธาตุอาหารอยู่หลายชนิดที่ช่วยบำรุงร่างกายให้มีสุขภาพดี ช่วยกระตุ้นระบบประสาทและร่างกายให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะใบชามีสารคาเฟอีนที่ช่วยกระตุ้นระบบประสาท ช่วยหมุนเวียนโลหิต มีอิทธิพลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ภายในร่างกาย และยังมีการใช้ชาผสมกับยาแก้ปวด รักษาโรคไมเกรน เพื่อช่วยเพิ่มฤทธิ์ในการรักษาและทำให้ยาออกฤทธิ์ได้นานยิ่งขึ้น

3. การดื่มชาเป็นประจำจะทำให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรงสดชื่น ช่วยขับสารพิษออกจากร่างกาย ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความชราและมีส่วนช่วยบำรุงผิวพรรณ

4. การดื่มชามีผลต่อระบบต่อมไร้ท่อ และช่วยสลายไขมัน ลดระดับคอเลสเตอรอล โดยไปเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลในร่างกายผ่านทางน้ำดีในอุจจาระ

5. ใบอ่อนมีรสฝาด หอม หวาน ใช้ยากินได้อร่อยมาก

6. กากเมล็ดมีสารซาโปนิน (Saponin) ที่มีคุณสมบัติช่วยล้างสิ่งต่าง ๆ ได้สะอาดดีมาก และยังใช้สระผมเพื่อล้างสิ่งสกปรกออกจากผล นอกจากนี้ น้ำมันที่ติดากเมล็ดก็ยังช่วยให้เส้นผมชุ่มชื้นเป็นมันอีกด้วย (ศูนย์วิทยบริการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2555)

พูน ปณ จิต ชีเว

4) ใบกระถินณรงค์



ภาพประกอบที่ 7 ใบกระถินณรงค์

ที่มา : <https://puechkaset.com/> (19 กุมภาพันธ์ 2563)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Acacia auriculaeformis* A. Cunn. Ex Benth. ชื่อวงศ์ Leguminosae – Mimosoideae ชื่อสามัญ: Earleaf Acacia, Wattle ชื่อทางการค้า Northern black wattle (ชื่อทางการค้าของออสเตรเลีย) (ศูนย์ปฏิบัติการพืชเศรษฐกิจ, 2542) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) ภาพประกอบที่ 7 ไม้ต้น สูงได้ถึง 15 เมตร แผ่นก้านใบรูปขอบขนาน โคน ปลายเรียวแหลมทั้ง 2 ด้าน ยาว 8-20 เซนติเมตร เส้นใบเรียงขนานกันตามยาว 3-4 เส้น ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ยาว 4-10 เซนติเมตร ช่อดอกย่อยแบบช่อกระจุก ดอกไร้ก้าน กลีบเลี้ยง ยาว 0.5-1 มิลลิเมตร ขอบจัก กลีบดอกโค้งลง ยาว 1.5-2 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้สีเหลือง ก้านชูอับเรณู ยาว 2.5-4 มิลลิเมตร รังไข่มีขนละเอียด ฝักแบน กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 6-7 เซนติเมตร บิดม้วนเป็นวง ฝักอ่อนมีนวล มี 5-12 เมล็ด รูปไข่หรือรูปรี ยาว 4-6 มิลลิเมตร มีถิ่นกำเนิดในปาปัวนิวกินีและออสเตรเลีย นำเข้ามาปลูกเป็นสวนป่าเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำกระดาษ บำรุงดิน และฟื้นฟูสภาพป่า เช่นเดียวกับกระถินเทพา *A. mangium* Willd. ซึ่งมีเกสรเพศผู้สีเหลืองครีม เส้นใบมี 4-5 เส้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ราก และลำต้น : กระถินณรงค์ เป็นไม้ขนาดกลาง มีลำต้นสูงประมาณ 10-20 เมตร ลำต้นทรงกลม ตั้งตรง แต่หากพื้นที่แห้งแล้งมาก ลำต้นจะไม่สมมาตร เปลือกของต้นอายุน้อยมีสีเทา ผิวขรุขระ เมื่อต้นเจริญเต็มที่ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ผิวเป็นร่องแตกสะเก็ด

แตกกิ่งก้านมาก และหนาแน่นมากบริเวณเรือนยอด สามารถแตกกิ่งได้ในระดับล่างของลำต้น กิ่งอ่อนมีสีเขียว กิ่งแก่มีสีน้ำตาล เนื้อไม้กระถินณรงค์ เมื่ออายุประมาณ 3-5 ปี จะมีสีเหลืองอ่อน ยังไม่มีลวดลายปรากฏมากนัก เมื่ออายุ 5-10 ปี จะเริ่มมี เหลืองเข้มจนถึงน้ำตาล และเริ่มมีลวดลายให้เห็นบ้าง เมื่ออายุมากกว่า 10 ปี จะมีสีน้ำตาลจนถึงเป็นสีน้ำตาลเข้ม เป็นลายต่างให้เห็นชัดเจน และหากมีอายุมากจะมีสีน้ำตาลเข้ม และมีลายดำปะปน

2. ใบ : กระถินณรงค์เป็นพืชไม่ผลัดใบ แตกใบได้ตลอดทั้งปี ต้นอ่อนแตกใบ 1-2 คู่ เป็นใบผสมขนาดเล็ก เมื่อโตขึ้นใบผสมจะร่วงหมดเกิดเป็นใบเดี่ยวแท้ แตกออกตามกิ่งเรียงสลับกัน ใบมีลักษณะเรียวยาว และโค้งเป็นรูปเคียว มีสีเขียวเข้ม ลักษณะค่อนข้างหนา ใบกว้างประมาณ 1.2-2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10-16 เซนติเมตร มองเห็นเป็นเส้นใบ 3 เส้น ขนานกันตามแนวยาวจากโคนใบจรดปลายใบ

3. ดอก : กระถินณรงค์ออกดอกเป็นช่อ ตามซอกใบ ดอกห้อยยาวคล้ายหางกระรอก มีสีเหลือง ส่งกลิ่นหอม แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมาก 70-100 ดอก มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร ดอกออกปีละ 2 ครั้ง ครั้งแรกในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ครั้งที่ 2 ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-มกราคม ของอีกปี ใช้เวลาจากออกดอกถึงดอกบานประมาณ 45-50 วัน ดอกที่ผสมจะกลายเป็นฝัก ส่วนดอกที่ไม่ได้ผสมจะร่วง โดยในหนึ่งช่อดอกจะมีดอกที่ผสมติดกลายเป็นฝักประมาณ 2-5 ฝัก

4. ผล : ผลมีลักษณะเป็นฝัก ม้วนงอขยุกขยิก ฝักอ่อนจะมีสีเขียว ฝักแก่มีสีน้ำตาลเข้ม และดำตามอายุของฝัก เมื่อแก่มาก ฝักจะแตกเป็น 2 ซีก ตามแนวตะเข็บขอบฝัก แต่ละฝักมีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะกลมแบน มีรสีเหลืองติดเมล็ด เมล็ดมีขนาดประมาณ 2.5-4.5 มิลลิเมตร สีเมล็ดออกสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เมล็ดหนัก 1 กิโลกรัม จะมีเมล็ดประมาณ 66,600 เมล็ด

ประโยชน์กระถินณรงค์

1. ไม้กระถินที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปี สามารถทำเป็นไม้ค้ำยันสำหรับงานก่อสร้างต่าง ๆ รวมถึงใช้ทำเป็นเสาไม้สำหรับโรงเรือนหรือที่พักชั่วคราว
2. ไม้กระถินที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปี ตัดส่งโรงงานทำเยื่อกระดาษ สามารถขายได้ราคาดีเช่นกัน
3. ไม้กระถินที่มีอายุมากกว่า 5 ปี ขึ้นไป สามารถนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะเก้าอี้ และเครื่องใช้ต่าง ๆ
4. ไม้กระถินที่มีอายุมากกว่า 8 ปี ขึ้นไป สามารถนำมาแปรรูปเป็นไม้สำหรับก่อสร้างบ้าน เช่น ไม้ปูพื้น ไม้ปูผนัง หน้าต่าง ประตู เป็นต้น

5. เปลือกไม้กระถินมีรสฝาดจากสารแทนนินที่มีจำนวนมาก ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

6. ลำต้น ปละกิ้งไม้ใช้ทำเป็นฝืนหุงหาอาหารในครัวเรือน ไม้กระถินณรงค์อายุ 2 ปี มีความถ่วงจำเพาะ 0.6-0.75 สามารถให้ความร้อนสูงที่ 4,800-4,900 แคลอรี/กิโลกรัม ติดไฟได้ดี และมีควันน้อย นอกจากนั้น ท่อนไม้ที่มีขนาดใหญ่นำไปเผาถ่านจะได้ถ่านที่มีคุณภาพมาก

7. ปลุกเพื่อปรับสภาพดินที่เสื่อมโทรมให้ดีขึ้น เพราะเป็นพืชตระกูลถั่ว นิยมปลูกผสมผสานกับพืชเกษตร เช่น ข้าว ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เปลือกมีสารแทนนิน ใช้ฟอกหนัง

4. การตกตะกอน

1. การตกตะกอน

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอน ในกระบวนการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

1) ชนิดและความเข้มข้นของสารช่วยให้ตกตะกอน

สารช่วยให้ตกตะกอน หรือ Coagulant เป็นสารเคมีที่แตกตัวให้ประจุบวกสูง เพื่อสะเทินประจุลบที่ผิวของสารแขวนลอยให้สามารถมาตกตะกอนได้ ในการเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี ที่จะมาใช้เป็นสารช่วยให้ตกตะกอน หรือ สาร Coagulant โดยจะพิจารณาจากคุณสมบัติของน้ำเสียเป็นหลัก ซึ่งสารที่นิยมใช้ได้แก่ สารส้ม และสารประกอบเหล็ก เช่น $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และ FeCl_3 เป็นต้น (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2542)

2) pH (ความเป็นกรด-ด่าง)

ในน้ำเสียจะมีความขุ่นและค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงซึ่งเป็นน้ำเสียที่สามารถบำบัดโดยการสร้างตะกอนหรือการรวมตะกอนทางเคมี โดยปกติจะใช้สารช่วยตกตะกอน หรือ Coagulant จะให้ผลดีในน้ำเสียที่มีความเป็นกรด-ด่าง ที่อยู่ระหว่าง 6.0-7.0 การใช้ FeCl_3 เป็นตัวช่วยในการตกตะกอนจะให้ผลดีในน้ำเสียที่มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.0-7.0 (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2542)

3) สภาพด่าง (Alkalinity)

การเติมสารส้มในน้ำที่มีสภาพด่าง (Alkalinity) ที่เพียงพอ ปฏิกิริยาจะไม่เกิด H^+ ทำให้สามารถเกิดอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ต่อไปได้ และหากในน้ำเสียที่มีสภาพด่างไม่เพียงพอจะสามารถปรับสภาพของน้ำเสียให้อยู่ในสภาพด่างโดยการเติมสารเคมี เช่น ปูนขาว หรือ โซดาแอช เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา (มัลลิกา ปัญญาตะโป, 2556)

4) เวลาและความเร็วในการกวนช้าและกวนเร็ว

ในขั้นตอนการตกตะกอนจำเป็นต้องใช้สารช่วยตกตะกอน หรือ สาร Coagulant เพื่อให้สัมผัสกับอนุภาคของคอลลอยด์ โดยทำการกวนเร็วในเวลาสั้นเพื่อให้เกิดการสะเทินประจุของ

อนุภาคคอนลอยด์และส่วนในขั้นตอนการฟล็อกคูเลชัน จะต้องใช้กระบวนการกวนช้าเพื่อให้สารสัมผัสในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนจะต้องมีการกวนเร็วและเวลาในการกวนเร็ว ส่วนการกวนช้าอาจไม่เหมาะสม เพราะเป็นสาเหตุทำให้การเสถียรภาพของอนุภาคคอนลอยด์เกิดไม่สมบูรณ์ อาจจะทำให้ฟล็อกไม่รวมตัวกันและแตกออกได้

5) เวลาในการตกตะกอน

ปัจจัยที่สำคัญในการตกตะกอน คือ เวลา เพราะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างและรวมตัวกันของตะกอนโดยฟล็อกที่ได้จะผ่านขั้นตอนการช่วยตกตะกอนและขั้นตอนการฟล็อกคูเลชันแล้วจะต้องปล่อยไว้ให้ตะกอนเกิดการรวมตัวตามระยะเวลาที่กำหนดหรือระยะเวลาที่เหมาะสม หรือถ้ามีการปล่อยให้ตกตะกอนนานตะกอนอาจจะเกิดการตกตะกอนได้ดี

สารช่วยตกตะกอน หรือ สาร Coagulant จากธรรมชาติ (Natural Coagulants)

สารที่ช่วยให้ตกตะกอนทางธรรมชาติหรือการตกตะกอนเองตามธรรมชาติมีหลากหลายชนิด เช่น กาแลคโตมันน์ จูลินทรีย์พอลิแซ็กคาไรด์ เจลาติน แป้ง อนุพันธ์เซลลูโลสไคโตซาน กาว และอัลจิเนต เป็นต้น กระบวนการของการตกตะกอนจะประกอบไปด้วยการเชื่อมระหว่างโมเลกุลยึดเกาะและมีการสร้างสมดุลให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปตามเกณฑ์ก่อนที่จะปล่อยออกสู่ธรรมชาติได้ (Kumar และคณะ, 2017)

สารช่วยตกตะกอนที่ไม่ใช่พืช (Non-plant-based coagulants)

พอลิเมอร์เป็นสารโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่สามารถแตกตัวเมื่ออยู่ในของเหลวที่มีประจุลบ ทำให้สารละลายมีสภาพไอออนิกเกิดการรวมตัวกันของอนุภาคประจุบวก และเกิดการตกตะกอน สารช่วยช่วยตกตะกอนที่ไม่ใช่พืช ได้แก่

1. ไคโตซาน (Chitosan) หรือ 2-Amino-2-deoxy-(1,4)- β -D-glucopyranan ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นสีขาว หรือครีม หรือ อาจอยู่ในรูปผงหรือเส้นใย ช่งเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาขจัดหมู่อะซิติกออกจากไคโตดินโดยใช้เอมไซม์ องค์ประกอบของไคตินได้จากสัตว์ที่มีเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง และแกนของหมีก เป็นต้นว่งไคโตซานเป็นตัวอย่างพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดเซลลูโลสที่มีอยู่ตามธรรมชาติพบได้ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในทะเล แมลง ยีสส์และรา ไคโตซานสามารถย่อยสลายกรดอินทรีย์อ่อนซึ่งได้แก่ กรดอะซิติก และกรดแล็กติก เป็นต้น โครงสร้างของไคโตซานมีอะมิโน และไฮดรอกซิล ซึ่งเมื่อทำการละลายกรดแล้วอะมิโนได้รับโปรตอนที่เป็นประจุบวกและสามารถเกิดแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตส่วนที่เป็นประจุลบสามารถยึดติดเยื่อเมือกได้ ปัจจุบันมีการนำไคโตซานมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียหรือกำจัดสิ่งสกปรกหรือสารอินทรีย์ประจุลบในน้ำเสียได้

2. อัลจิเนต (alginate) หรือ แอลจิน (algin) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของอนุพันธ์น้ำตาล ได้แก่ กรดแมนนูโรนิก กรดกลูคูโรนิก ซึ่งจะมีตาม

ธรรมชาติในแบคทีเรียและสาหร่ายสีน้ำตาล อัลจินตสามารถกักเก็บน้ำได้ มีความหนืด การล่อตัวและ มีคุณสมบัติที่คงตัวและยังมีความสามารถอื่นที่มากมาย

สารช่วยตกตะกอนจากพืช

ปัจจุบันมีการนำสารช่วยตกตะกอนที่มาจากพืชเข้ามาใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะ การบำบัดน้ำที่มีการปนเปื้อนบริสุทธ์ เพราะมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดที่น้อยกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ โดยการทำงานของสารช่วยตกตะกอนที่มาจากพืชจะจับตัวกันเป็นก้อน สารช่วยตกตะกอนจากพืชถือว่าเป็นการบำบัดช่วงความขุ่นที่ต่ำถึงระดับปานกลาง สารช่วยตกตะกอนที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ แทนิน ซึ่งได้จากพืช เช่น เมล็ด เปลือกต้นไม้ และใบ เป็นต้น

กลไกการสร้างรวมตะกอนโดยสารรวมตะกอนที่ได้จากธรรมชาติ (Kumar และคณะ, 2017) ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพอลิเมอร์และอนุภาคในสารละลาย เนื่องจากพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติจะมีประจุจำนวนมาก และเป็นสารที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่มีหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ที่สำคัญ ได้แก่ พอลิเมอร์ของพอลิแซ็กคาไรด์ และกรดอะมิโน กระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กลไกการใช้สารพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม (Bridging mechanisms/Polymer bridging) กลไกการเชื่อมเกิดจากการใช้สารตกตะกอนต่าง ๆ เช่น moringa oleifera remove, sago starch เป็นต้น แต่กลไกการเชื่อมโยงนี้มีความจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเชื่อมต่อโซ่พอลิเมอร์ เพื่อที่จำกัดจัดอนุภาคคอลลอยด์อื่น ๆ และจะต้องมีปริมาณของประจุที่เหมาะสมในการเชื่อม ซึ่งพอลิเมอร์สามารถทำการสกัดได้จากเมล็ด Nirmali ซึ่งมีไขมัน คาร์โบไฮเดรต และอัลคาลอยด์ ที่มีหมู่ -COOH และ-OH ช่วยในเพิ่มศักยภาพการรวมตะกอน อนุภาค

2. กลไกการดูดซับผิวและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาค คอลลอยด์ (Absorption/charge neutralization)

การตกตะกอนของพอลิอิเล็กโตรไลต์ประจุบวก ซึ่งในการตกตะกอนของประจุบวกเป็นประจุที่มีแนวโน้มมากที่สุดในทำการละลายของอนุภาคที่ปนเปื้อน และทำให้ผิวของอนุภาคเป็นกลาง นอกจากนี้การตกตะกอนอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของประจุที่ผิวของอนุภาค มีการลดแรงไฟฟ้าระหว่างประจุ ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของประจุพอลิอิเล็กโตรไลต์ ความหนาแน่นประจุที่สูงจะมีประสิทธิภาพ และมีการส่งประจุเพิ่มเติมไปยังผิวของอนุภาค เมื่อพอลิอิเล็กโตรไลต์มีความหนาแน่นประจุที่สูงจะมีการดูดซับผิวที่มีความหนาแน่นน้อย อาจมีโอกาสดึงไฟฟ้าสถิตขึ้น เมื่อพอลิอิเล็กโตรไลต์ที่ดูดซับแล้วจะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นสลับกันระหว่างประจุบวกและลบ ที่ให้อนุภาคในการดึงดูดและทำให้เกิดตะกอน สารจับตัวใน Moringa oleifera เป็นโปรตีนประจุบวก ที่มีมวลโมเลกุลของ 12-14 kDa และจุด Iso-electric (Pi) ที่อยู่ระหว่าง 10-11 จะมีกลไกหลักที่ควบคุมกิจกรรมการรวมตะกอน คือการดูดซับและการมีประจุเป็นกลาง

3. กลไกการลดชั้นระหว่างประจุลบของอนุภาคและประจุบวกของสารเคมีที่ผิวของคอลลอยด์ (Duble layer compression)

ประจุไฟฟ้าที่ล้อมรอบอนุภาคสารแขวนลอยในน้ำเสีย จะมี 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นตรง และชั้นกระจาย เนื่องจากประจุลบของคอลลอยด์สามารถสร้างแรงดึงดูดทำให้อิออนบวกที่อยู่ในน้ำมีการเคลื่อนที่เข้าหา ซึ่งทำให้อิออนบวกเกิดพื้นที่แออัดกันอยู่ใกล้ผิวของอนุภาคคอลลอยด์ ความหนาแน่นของอิออนบวกจะเพิ่มสูงขึ้นในบริเวณที่อยู่ติดผิวคอลลอยด์ และลดลงไปตามระยะห่างระหว่างอนุภาค ตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับศูนย์หรือประจุเป็นกลาง ประจุบวกของสารเคมีที่ผิวคอลลอยด์เนื่องจากผลของกำลังไอออนจะมีการกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบที่เป็นไปตามปกติ และมีสภาพที่เหมาะสมในการสร้างแรงดึงดูดที่ทำให้เกิดอิออนที่เหมาะสม

4. กลไกการใช้สารอินทรีย์เพิ่มน้ำหนัก และขนาดของอนุภาคคอลลอยด์ (Sweep coagulation)

การใช้สารอินทรีย์ในการเพิ่มน้ำหนักและขนาดของอนุภาคคอลลอยด์ จะช่วยกำจัดอนุภาคได้มากกว่าการทำให้เสถียรของอนุภาค เช่น กลไกการทำปฏิกิริยาประจุไฟฟ้า เนื่องจากอัตรา การรวมตัวที่เพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ความเข้มข้นของแข็งที่เพิ่มมากขึ้น โดยการใช้สารอินทรีย์ในการเพิ่มน้ำหนัก และขนาดของอนุภาคคอลลอยด์ เพื่อดักจับสารแขวนลอยที่เป็นอันตรายต่อองค์ประกอบ โครงสร้างผลึก มีกลไกแบบเดียวกับการบำบัดความขุ่นของน้ำโดยใช้โคโคซาน

4.2 การตกตะกอนด้วยแทนนิน

การตรวจวัดสมบัติของแทนนิน

แทนนินที่สกัดได้จะประกอบด้วยสารหลายชนิดปะปนกัน ดังนั้น ในการตรวจสอบสมบัติของแทนนิน จึงมักจะใช้กรดแทนนิกเป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบ แทนนินจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน เมื่อเติมฟอลิน - เดนนิส รีเอเจนต์ วิเคราะห์ปริมาณแทนนินโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 745 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี - วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

การตรวจสอบผลการละลาย แทนนินสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เอทานอล เมทานอล อะซิโตน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน อีเทอร์ และ คลอโรฟอร์ม

การตรวจสอบสมบัติทางเคมี แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็ก เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์จะได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินแกมเขียวเพราะเป็นสารประกอบฟีนอลิก เมื่อทำปฏิกิริยากับเลดอะซิเตต ทำให้เลดอะซิเตตตกตะกอน เนื่องจากแทนนินมีคุณสมบัติในการจับไอออนของโลหะหนัก และตกตะกอนโปรตีน เช่น อัลบูมิน และเจลาตินได้

การตกตะกอนของแทนนิน

แทนนิน เป็นกลุ่มของสารประกอบที่ได้จากพืช อาทิ เลือก ผล และใบ ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้ดี และยังสามารถรวมกับโปรตีนในหนังสือทำให้มีการนำไปใช้ในโรงงานฟอกหนังอย่างแพร่หลาย ระหว่างที่พืชยังมีการสังเคราะห์แสงสารแทนนินจะถูกสร้างขึ้นมาในรูปของสารละลายโปรโตพลาสซึม แวตคิวโอของเซลล์ หากเซลล์ตายสารโปรโตพลาสซึมจะสลายตัวส่วนแทนนินจะอยู่ในผนังเซลล์ ปริมาณแทนนินจะมีอยู่มากที่สุด คือ เปลือกไม้ที่มีรสฝาด

สารสกัดแทนนินจะทำปฏิกิริยาที่ดีกับอะซิโตนและแอลกอฮอล์ เมื่อมีการเติมสารสกัดแทนนินลงในน้ำเสียที่จะทำการทดลองพบว่าจะมีการตกตะกอนของน้ำเสียที่อาจมีการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำเสียจะลดลง หากปล่อยให้ระยะเวลาในการตกตะกอนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณของโลหะหนักจะลดลงจากเดิมเล็กน้อย หากนำสารสกัดแทนนินไปบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แทนนินจะไม่สามารถลดปริมาณสังกะสีที่มีอยู่ในน้ำเสียจากภาคโรงงานอุตสาหกรรม เพราะปริมาณสังกะสีที่มีจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมจะมีปริมาณชนิดเดียว ทำให้การตกตะกอนไม่ชัดเจน (อัญมณี ปิณฑะบุตร, 2540: 4)

สารแทนนินมีประสิทธิภาพตกตะกอนโลหะหนักในน้ำเสีย เมื่อมีการเติมสารสกัดแทนนินลงในน้ำเสียจะพบปริมาณของโลหะหนักลดน้อยลง เมื่อระยะเวลาในการตกตะกอนเพิ่มมากขึ้น โลหะหนักที่เหลืออยู่ในน้ำเสียจะมีการลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีรูปแบบและกลไกในการตกตะกอนของ ตะกั่ว เหล็กและสังกะสีที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างการตกตะกอนโลหะหนัก 3 ชนิด ดังนี้ (อิสราภรณ์ หริมพานิช, 2552)

1. สารสกัดแทนนินต่อน้ำเสีย เท่ากับ 1:4 ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ปริมาณเหล็กในน้ำเสียจะลดลงได้เป็นอย่างดี เมื่อคิดเป็นร้อยละประสิทธิภาพในการตกตะกอนเหล็กในน้ำเสียของโรงงานรีดเหล็ก โรงงานผลิตเหล็ก และ โรงงานประกอบยนต์ เท่ากับ 65.46, 83.26, และ 81.97 ตามลำดับ

2. สารสกัดแทนนินในการสร้างการตกตะกอนของสังกะสีในโรงงานอุตสาหกรรมไม่สามารถลดสังกะสีได้ เนื่องจากปริมาณสังกะสีเริ่มต้นในน้ำเสียมีปริมาณเพียงเล็กน้อย การตกตะกอนของสังกะสีจึงไม่ชัดเจน

3. สารสกัดแทนนินต่อน้ำเสีย เท่ากับ 1:6 ที่ระยะเวลาการบำบัดในการตกตะกอนของตะกั่ว สามารถลดปริมาณของตะกั่วที่เริ่มต้นได้ 31.823 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการบำบัดลดลงเพียง 1.439 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ที่ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละประสิทธิภาพในการตกตะกอนของตะกั่วได้เท่ากับ 95.48

ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียด้วยแทนนินเป็นการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำ เช่น ค่าความขุ่น การนำไฟฟ้า ค่าการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ และค่าความต้องการปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ (BOD) สารสกัดแทนนินจะมีการแตกตัวในน้ำเสียให้ออนไฮโดรเจนอิสระแตก

ตัวออกมาในปริมาณมากแล้วทำการบำบัดน้ำเสียโดยการจับตัวกับไอออนในน้ำทำให้โมเลกุลในน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นและเหนียวจึงทำให้ตะกอนจมลงด้านล่าง และน้ำส่วนบนจะใสจึงทำให้แสงแดดสามารถส่องผ่านและเกิดก๊าซออกซิเจนระหว่างพื้นน้ำ จึงเกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติโดยการทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำเป็นไปตามกระบวนการ หลังจากการบำบัดแล้วคุณภาพน้ำเสียจะมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชิตชม อีรางะ และวิภา สุโรจนะเมธากุล (2537) ได้ทำการศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ที่มีระยะเวลาในการสุกแตกต่างกันคือ ดิบ ห่าม และสุก พบว่าพันธุ์กล้วยและระยะเวลาในการสุกมีผลต่อปริมาณแทนนิน กล้วยหอมทองจะมีปริมาณแทนนินสูงกว่ากล้วยน้ำว้า เมื่อระยะเวลาในการสุกเท่ากับ 1 และ 3 และสูงกว่ากล้วยไข่ เมื่อระยะเวลาในการสุกเท่ากับ 1, 3 และ 6 กล้วยดิบมีปริมาณแทนนินสูงสุดและจะลดต่ำเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น อัตราการลดลงของปริมาณแทนนินในเปลือกกล้วยไข่สูงกว่าในกล้วยพันธุ์อื่น การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย โดยศึกษาชนิดของสารละลายสกัด อุณหภูมิ เวลา และอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยต่อสารแยกสกัด พบว่าเมื่อใช้สารละลายผสมของน้ำและเอทานอล (1:1) โดยปริมาตร อุณหภูมิการสกัด 50 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 2 ชั่วโมง และอัตราส่วนของน้ำหนักเปลือกกล้วยต่อปริมาตรสารละลาย 1:30 หรือ 1:40 แช่เพียงครั้งเดียวจะให้ผลการสกัดสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 81-85 ของปริมาณแทนนินเริ่มต้น แทนนินจากเปลือกกล้วยนี้สามารถแยกและทำให้บริสุทธิ์ได้โดยอาศัยขบวนการดูดซับ (adsorption) บนคอลัมน์ Sephadex LH-20 เมื่อนำผงแทนนินบริสุทธิ์ที่มีสีน้ำตาลอ่อน มาทดสอบปฏิกิริยาทางเคมีเปรียบเทียบกับกรดแทนนิก สรุปได้ว่าแทนนินจากเปลือกกล้วยเป็นชนิด Condensed tannin ซึ่งมีคุณสมบัติในการตกตะกอนโปรตีนและจับกับไอออนของโลหะได้ดี

อัญมณี ปิณฑะบุตร (2540) ได้ทำการศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกลูกตาล ด้วยวิธีการสกัดสารแทนนิน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 สกัดแบบแช่ครั้งเดียวจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดจะใช้อุณหภูมิที่ 90 °C อัตราส่วนของเปลือกลูกตาลและน้ำ ในอัตราส่วน 1:10 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่สกัดในร้อยละ 22.57 ของน้ำหนักเปลือกลูกตาลที่สด รูปแบบที่ 2 สกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยไม่มีการกวนและใช้เอทานอล (50%) เป็นตัวทำละลายในรูปแบบที่ 2 และใช้อุณหภูมิที่ 90°C เช่นเดียวกัน อัตราส่วนของเปลือกลูกตาลและน้ำ ในอัตราส่วน 1:10 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่สกัดในร้อยละ 26.64 ของน้ำหนักเปลือกลูกตาลที่สด

วิภา พลันสังเกต (2542) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ด้านจุลชีพและประสิทธิภาพในการตกตะกอนกับไอออนโลหะของสารสกัดแทนนินจากพืชบางชนิด โดยจะใช้พืชในการทดลอง 11 ชนิด ได้แก่

หมาก หมากนวล หมากเขียว หมากเหลือง ใบ เปลือกต้น และเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สดและคั่ว เปลือกต้นหว่า ผลสมอจินทั้งอ่อนและสุก ผลการทดสอบปริเจนต์ต่าง ๆ โดยใช้วิธี Disc diffusion พบว่าตัวอย่างที่ทำการทดลองด้วย 50% เอธานอล ผลสมอจินสุก เยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และหมากสามารถยับยั้ง *B. cereus* ได้ใกล้เคียงกับกรดแทนนิก (MIC 0.15 mg/disc) โดยการสกัดผลสมอจินสุก (3.0 mg/disc) ยับยั้งได้เป็น 1:1.18 เท่าของ Oxytetracycline (0.03 mg/disc) ส่วนเปลือกต้นมะม่วงหิมพานต์ เปลือกต้นหว่า และผลสมอจินอ่อนช่วยยับยั้งได้ต่ำกว่า (MIC 1.5-0.3 mg/disc) และผลสมอจินสุกสามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ (MIC 0.3 mg/disc) สารสกัด 50% เอธานอลของผลสมอจินอ่อนและสุก เยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เปลือกต้นมะม่วงหิมพานต์ ใบมะม่วงหิมพานต์ เปลือกต้นหว่า หมาก และกรดแทนนิน สามารถยับยั้ง *E. coli* ได้ต่ำกว่าและยับยั้ง *B. cereus* โดยใช้สารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถยับยั้งได้ดีกว่าหมากและกรดแทนนิก ส่วน *Salmonella* sp. พบว่าเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และใบ หมากยับยั้งได้ดีกว่าผลสมอจินสุก โดยจะใช้สารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (0.3 mg/disc) ยับยั้งเป็น 1:1.1 เท่าของ Oxytetracycline (0.3 mg/disc) และนอกจากนี้จะได้ทำการแยกสารแทนนินจากหมาก หมากเหลือง หมากนวล และเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยจะใช้วิธี Bathwish gel filtration จะพบว่าได้สารสกัดแทนนิน 10.9, 5.3, 3.3 และ 7.2% ของน้ำหนักพืชที่แห้ง ตามลำดับ พบว่ามีฤทธิ์สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ดีขึ้นกว่าสารสกัดหยาบเพียงเล็กน้อย ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียโดยวิธี Agar dilution ในช่วงความเข้มข้น 0.25-16.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ควมมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่า ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งดีเท่ากับเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง และส่วนเปลือกของต้นมะม่วงหิมพานต์นั้นยับยั้งแบคทีเรียได้น้อยกว่า จากที่กล่าวมาจะไม่แสดงการยับยั้งของแบคทีเรียแกรมลบ ผลการศึกษากการตกตะกอนไอออนโลหะจากสารละลายในน้ำใช้สารสกัดแทนนินของเปลือกต้นมะม่วงหิมพานต์และเปลือกของต้นหว่า ที่ pH 3-6 ที่เวลา 0-180 นาที จะพบการตกตะกอนของไอออนทองแดง เกิดขึ้นได้ดีในสภาวะ pH 5-6 ส่วนการตกตะกอนกับไอออนตะกั่ว จะเกิดขึ้นได้ดีที่สภาวะ pH 4.5-6 และการจับกันจะเกิดมากที่สุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และยังพบสารสกัดของเปลือกต้นมะม่วงหิมพานต์และเปลือกของต้นหว่าสามารถกำจัดไอออนทองแดงได้ 75.9 และ 40% ตามลำดับ และไอออนตะกั่วได้ 55.2 และ 35.9% ตามลำดับ

ฤทัยรัตน์ น้อยคนตี (2551) ได้ทำการศึกษาสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย โดยใช้แอลกอฮอล์ น้ำกลั่น และอะซิโตน โดยการสกัดด้วยอะซิโตรในการสกัด จะได้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง และอะซิโตนที่ 60% 70% 80% และ 90% ตามลำดับ ซึ่งสามารถสกัดแทนนินได้ 8.822, 8.815, 8.829 และ 8.820 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณการสกัดสารแทนนินได้มากที่สุดคือ อะซิโตน 60% ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณสารแทนนินที่เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดในระยะเวลาที่เท่ากัน และน้ำกลั่นสามารถสกัดสารแทนนินได้ในปริมาณน้อยสุดใน

ระยะเวลาที่เท่ากัน และสารสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังที่ดีที่สุดคือ อะซิโตน 80% เพราะสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีของค่าความขุ่น การนำไฟฟ้า ค่าการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ และค่า BOD ได้เป็นอย่างดี

วิชัญ ยิ่งประเสริฐ (2557) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพา โดยหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาจะใช้น้ำกลั่นในการสกัด และใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 30, 40, 60, 80 และ 100 ระยะเวลาในการสกัด จะใช้เวลาที่ 4 ชั่วโมง และนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ผลโดยสารฟอสฟิโนลทั้งหมด ค่า stiasny number และ ปริมาณคอนเดนส์แทนนิน จากการทดลองที่อุณหภูมิ 80 ° C จะได้สารสกัด (ร้อยละ 14.49) และสารฟอสฟิโนลทั้งหมด (11.52 mg GAE/g bark) ปริมาณมากที่สุด ส่วนสารสกัดที่ได้จะมีค่า stiasny number ร้อยละ 86.16 หรือมีสารฟีนอลิกซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 12.48 ของน้ำหนักกระถินเทพา การสกัดที่อุณหภูมิ 100 ° C ให้สารสกัดที่มีคอนเดนส์แทนนินสูงสุด เท่ากับ 17.75 mg GAE/g bark

กณชนก วงศ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังของอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา การสกัดจะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของชนิดตัวทำละลายน้ำ และเมทานอลกับน้ำ ร้อยละ 30, 50, 70, 80 และ 90 เอทานอล เอทานอลกับน้ำ ร้อยละ 30, 50, 70, 80 และ 90 และอะซิโตน อะซิโตนกับน้ำ ร้อยละ 30, 50, 70, 80 และ 90 โดยปริมาตรอัตราส่วนใบมันสำปะหลังต่อตัวทำละลาย 1:10, 1:20, 1:30 และ 1:40 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ อุณหภูมิห้องและ อุณหภูมิที่ 50 °C เวลาที่ใช้ในการสกัดจะอยู่ที่ 1,3 และ 5 ชั่วโมง โดยใช้วิธีการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว และทำการวิเคราะห์หาสารแทนนินทั้งหมดไปทำปฏิกิริยากับฟอลิน-เดนนิสรีเอเจนต์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 762 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จะพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คืออะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 °C ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินมากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

Norinann (1966) ได้ทำการศึกษาการใช้สารละลายเจลาติน หรือ เกลือเจลาติน พบว่าสารแทนนินสามารถตกตะกอนได้โดยโปรตีนซึ่งเป็นสารประกอบที่ซับซ้อน การเติมสารละลายเกลือเจลาตินเพื่อไปช่วยเร่งให้ตกตะกอนของโปรตีนช่วยให้เห็นชัดเจนมากขึ้น ในการทดลองเพื่อตรวจสอบหาแทนนินสามารถใช้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ตะกอนเกิดสีเป็นสีเขียว น้ำเงินดำ หรือสีน้ำเงินอมเขียว และในการทดลองจะมีตะกอนเกิดขึ้น เนื่องจากฟีนอลิกทำปฏิกิริยากับเฟอร์ริกคลอไรด์ หากมีฟีนอลิก 2 หมู่จะได้สารที่มีสีเขียว หรือหากมีฟีนอลิก 3 หมู่จะเกิดสารสีน้ำเงิน

Seigler, Seilherimer, Keesy ua Huang (1986) ได้ทำการศึกษาการทดลองสกัดแทนนินของต้นไม้ 4 ประเภท A. berandieri, A. farnesiana, A. greggii และ A. rigidula ซึ่งใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ, 80 % เมทานอล และ 70 % อะซิโตน โดยวิเคราะห์ปริมาณแทนนินโดยสารละลาย Folin – Denis ซึ่งคิดเป็นปริมาณฟีนอลิก ทั้งหมดที่มีอยู่ และตรวจสอบปริมาณแทนนินอีกรอบด้วย casein และ วิธีผ่งหนึ่ง พบว่าสารละลาย อะซิโตนสามารถสกัดแทนนินได้มากที่สุด และสำหรับส่วนต่าง ๆ ของพืชที่นำมาทดลอง ได้แก่ ใบ, เนื้อไม้ ผลอ่อน พบว่าเปลือกไม้กับผลอ่อนให้มีปริมาณแทนนินสูงที่สุด

Viraraghavan and Wimmer (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการสร้างตะกอนที่เหมาะสมของสารส้ม และ PAC ที่อุณหภูมิ 7, 10 และ 20°C นั้นพบว่าการกำจัดความขุ่นนั้น PAC มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นที่ 1/3 ถึง 2/3 ของปริมาณสารส้ม และ PAC สามารถกำจัดความขุ่นได้มากกว่าการใช้สารส้ม ร้อยละ 20 ในทุก ๆ อุณหภูมิที่ทดสอบซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้มีการเพิ่มสารโพลิเมอร์เพื่อใช้เป็นสารช่วยในการตกตะกอนและสามารถใช้ PAC ได้ในช่วงของอุณหภูมิที่กว้างกว่าการใช้สารส้ม นอกจากนี้คุณสมบัติของน้ำหลังการบำบัดยังคงมี pH สูงกว่าการใช้สารส้ม จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชของน้ำในภายหลัง

Hagerman (1988) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การสกัดสารแทนนินจากใบพืช โดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ระยะเวลาเจริญเติบโตในแต่ละฤดูกาล และช่วงอายุของใบ ทั้งนี้สารละลายที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ อะซิโตน เมทานอล และสารละลายกรดไตรคลอริกผสมเมทานอล ซึ่งผลจากการสกัดสารแทนนินในใบพืช 3 ชนิด ที่เลือกศึกษา ได้แก่ Burr Oak, Sugar Maple และ Shagbark Hickory พบว่า สารละลายที่สามารถสกัดสารแทนนินออกจากพืชได้สูงที่สุด ได้แก่ อะซิโตน โดยในการศึกษารั้งนี้ได้เลือกใช้อะซิโตนที่ความเข้มข้น 70% นอกจากนี้พบว่า ชนิดของพืชที่เลือกศึกษาทั้ง 3 ชนิดนั้น Sugar Maple เป็นพืชที่สามารถสกัดได้สารแทนนินสูงที่สุด

วิภา พลันสังเกต (2554) อ้างถึง Hagerman (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารแทนนินจากใบโอ๊คและใบเมเปิล ซึ่งการทดลองจะใช้สารละลายอะซิโตน 70% พบว่าเป็นสารละลายอะซิโตน 70% มีความเหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบโอ๊คและใบเมเปิลทั้งสองชนิด

ชรินทร์ โมฬี และณกัญญภัทร จินดา (2557) ได้ทำการศึกษาสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะเพื่อเป็นสีย้อมในพลาสติกชีวภาพ พบว่าเปลือกเงาะเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้การศึกษารั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะต่อค่าสมบัติของฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิด (PLA) เพื่อใช้เป็นสีย้อมในพลาสติกชีวภาพ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะด้วยน้ำคือที่ อัตราส่วน 1:10 (w/v) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดหยาบจากเปลือกเงาะ $17.85 \pm 1.45\%$ (w/v) มีปริมาณแทนนินทั้งหมด

25.36±1.10% (w/w) เมื่อนำสารสกัดแทนนินที่ได้มาทดสอบปฏิกิริยาเยือกกับสารแทนนินมาตรฐานพบว่า เป็นชนิดคอนเดนส์แทนนิน ผลของฟิล์มผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะพบว่า การเพิ่มสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะลงในฟิล์มพอลิแลกติกแอซิดทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดลดลง ซึ่งควรศึกษาและทำการปรับปรุงแผ่นฟิล์มพอลิแลกติกผสมสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะต่อไป

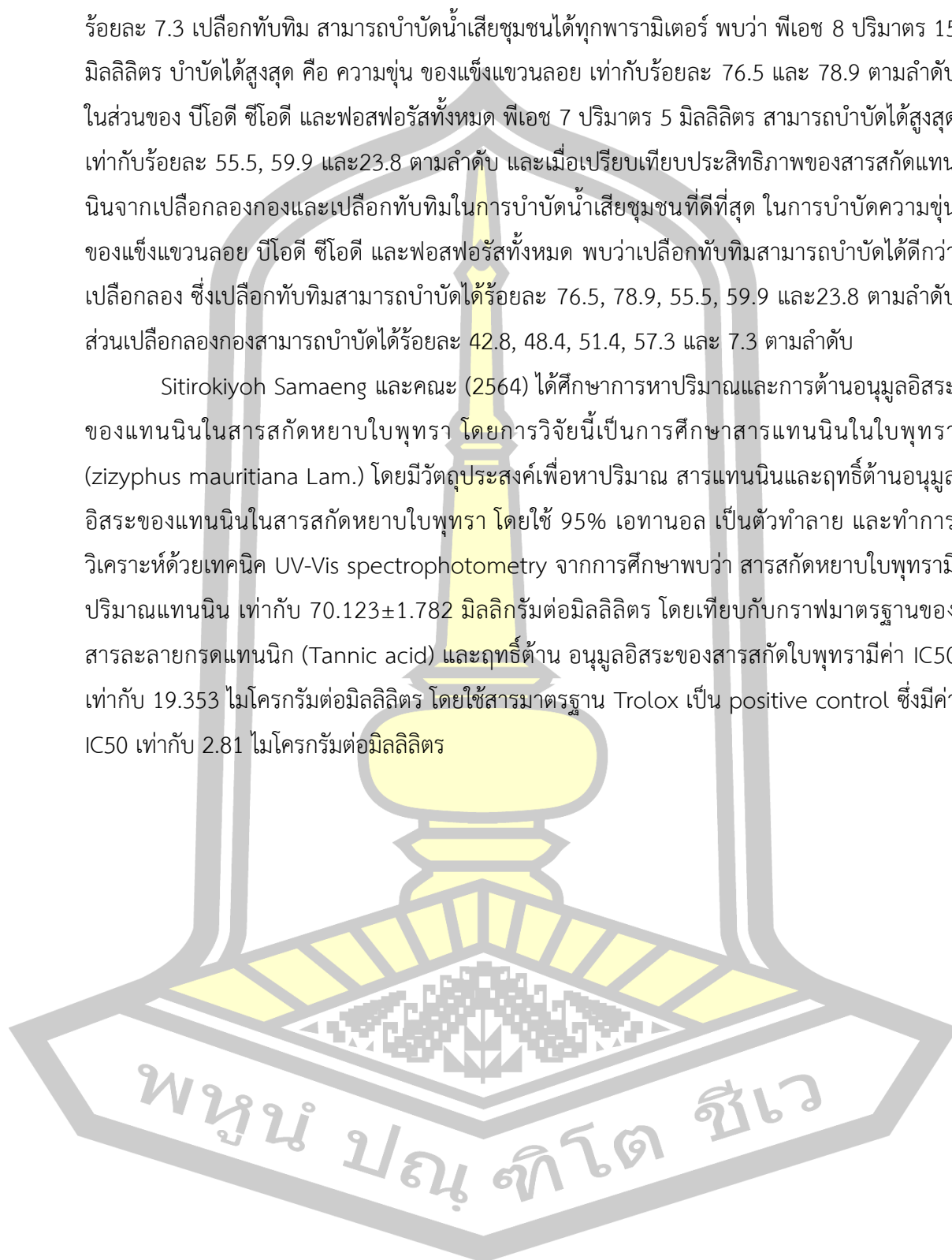
Palma (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ผงเปลือกต้น *Pinus radiata* และสารสกัดแทนนินจากเปลือกต้นไม้มาทำการดัดแปลงโดยการทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วมาทำการศึกษาการดูดซับไอออนโลหะ เหล็ก ทองแดง แคดเมียม และอะลูมิเนียม ซึ่งพบว่า pH มีผลต่อการดูดซับ และยังพบว่า สารแทนนินจากการดัดแปลงโดยการทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ดูดซับได้ไม่ดีเท่าผงเปลือกต้น *Pinus radiata*

Tatsi และคณะ (2003) ศึกษา น้ำชะขยะจากการฝังกลบขยะมูลฝอย ความแปรผันเชิงพื้นที่ของพารามิเตอร์ทางกายภาพและทางเคมี เพื่อบำบัดและกำจัดที่มีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เพื่อตรวจสอบการประยุกต์ใช้ Coagulation-flocculation ในการบำบัด และน้ำชะขยะที่เสถียรบางส่วน มีการใช้การทดลองทดสอบเพื่อกำหนดสภาวะที่เหมาะสมที่สุด การกำจัดอินทรีย์และสี เช่น การรวมกันของสารตกตะกอนปริมาณที่มีประสิทธิภาพ และการควบคุม pH เพอริก ทดสอบคลอไรด์ อะลูมิเนียมซัลเฟต เป็นสารตกตะกอน ได้รับความสามารถในการกำจัด (ประมาณ 80%) ในระหว่างการเติมเพอริกคลอไรด์ลงในน้ำชะขยะที่มีความเสถียรบางส่วนในขณะทำการลด COD ต่ำ (เช่น ต่ำกว่า 35%) ถูกวัดในระหว่างการเติมสารตกตะกอนในตัวอย่างดิบ การเติมโพสฟอรัสไดออกไซด์และการปรับ pH ในบริเวณที่เป็นต่างพบว่า มีผลกระทบเล็กน้อยในการกำจัดมลพิษ กระบวนการเคมีภายนอกอาจใช้เป็นขั้นตอนการปรับปรุงสภาพที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับน้ำชะขยะจริงไปจนถึงการบำบัดทางชีวภาพหรือเป็นขั้นตอนหลังการบำบัด

ศักดิ์สิทธิ์ ฤกษ์สุข และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกลองกองและเปลือกทับทิม พบว่า เปลือกลองกองและเปลือกทับทิมสามารถสกัดสารแทนนิน คือ 15 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ได้สารละลายแทนนินเข้มข้น 1.16 และ 4.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ในส่วนของการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกลองกองและเปลือกทับทิม โดยใช้น้ำเสียชุมชนจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีจรัลเทศ ทำการทดลองคือ 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 1 ลิตร และปรับพีเอชที่ใช้ในการทดลองคือ 7, 8 และ 9 ต่อน้ำเสียปริมาตร 1 ลิตร พบว่า เปลือกลองกองสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ทุกพารามิเตอร์ พบว่า พีเอช 8 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บำบัดได้สูงสุด คือ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี และซีโอดี เท่ากับร้อยละ 42.8, 48.4, 57.3 และ 55.6 ตามลำดับ ในส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมด พีเอช 7 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร สามารถบำบัดได้สูงสุด เท่ากับ

ร้อยละ 7.3 เปลือกหับหิม สามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ทุกพารามิเตอร์ พบว่า พีเอช 8 ปริมาตร 15 มิลลิลิตร บำบัดได้สูงสุด คือ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย เท่ากับร้อยละ 76.5 และ 78.9 ตามลำดับ ในส่วนของ บีโอดี ซีโอดี และฟอสฟอรัสทั้งหมด พีเอช 7 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร สามารถบำบัดได้สูงสุด เท่ากับร้อยละ 55.5, 59.9 และ 23.8 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินจากเปลือกถั่วลิสงและเปลือกหับหิมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ดีที่สุดในการบำบัดความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี และฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าเปลือกหับหิมสามารถบำบัดได้ดีกว่า เปลือกถั่วลิสง ซึ่งเปลือกหับหิมสามารถบำบัดได้ร้อยละ 76.5, 78.9, 55.5, 59.9 และ 23.8 ตามลำดับ ส่วนเปลือกถั่วลิสงสามารถบำบัดได้ร้อยละ 42.8, 48.4, 51.4, 57.3 และ 7.3 ตามลำดับ

Sitirokiyoh Samaeng และคณะ (2564) ได้ศึกษาการหาปริมาณและการต้านอนุมูลอิสระ ของแทนนินในสารสกัดหยาบใบพุทรา โดยการวิจัยนี้เป็นการศึกษาสารแทนนินในใบพุทรา (*zizyphus mauritiana* Lam.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณ สารแทนนินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแทนนินในสารสกัดหยาบใบพุทรา โดยใช้ 95% เอทานอล เป็นตัวทำละลาย และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UV-Vis spectrophotometry จากการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบใบพุทรา มีปริมาณแทนนิน เท่ากับ 70.123 ± 1.782 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ สารละลายกรดแทนนิก (Tannic acid) และฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระของสารสกัดใบพุทรา มีค่า IC50 เท่ากับ 19.353 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารมาตรฐาน Trolox เป็น positive control ซึ่งมีค่า IC50 เท่ากับ 2.81 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณสารแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ มีผลต่อการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. อุปกรณ์และสารเคมี

1) อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความชื้น
2. ปีกเกอร์ (Beaker)
3. เครื่องวัด pH
4. ขวดเจลาตาล์ขนาด 800 มิลลิลิตร
5. ชุดเครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย
6. ชุดเครื่องการกลั่นแอมโมเนีย
7. ขวดรูปชมพู่
8. ขวดปรับปริมาตร
9. บิวเรต
10. ขาตั้งบิวเรต
11. เตาให้ความร้อน
12. กระจกทรง
13. ตู้อบ
14. หลอดทดลองฝาเกลียวบุด้วย TFE
15. เทอร์โมมิเตอร์
16. โถทำแห้ง
17. เครื่องดูดสุญญากาศ
18. ถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์
19. Forceps

2) สารเคมีในการวิเคราะห์

1. สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
3. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
4. โปรทออกไซด์ (HgO)
5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.02 นอร์มอล
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
7. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein Indicator)
8. โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
9. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
10. โปรทซัลเฟต (HgSO_4)
11. ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)
12. เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] 1,10-Phenanthroline
13. Monohydrate ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
14. เฟอรัสซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
15. Sulfamic acid
16. สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิน
17. สาร Folin-Ciocalteu Phenol Reagent
18. สารโซเดียมคาร์บอเนต
19. สารอะลูมิเนียมซัลเฟต

2. การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การหาปริมาณแทนนินทั้งหมด

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm และ 100 ppm
สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm เตรียมโดยการชั่งกรดแทนนิก 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเจือจาง 10 เท่าให้ได้สารมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm ด้วยการปิเปตมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

2. การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

2.1 นำสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยแยกแต่ละหลอดทดลอง

2.2 จากนั้นนำทุกหลอดมาเติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์ริน ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7% โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

2.3 นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที

2.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A_{760}) จากนั้นหาค่า A_{760} และความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแทนนิกมาเขียนกราฟมาตรฐานและหาค่าความชัน (m) เพื่อใช้วิเคราะห์แทนนินในสารสกัดต่อไป

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดในสารสกัดเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

3.1 นำเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์มาตัวอย่างละ 0.05, 0.10 และ 0.15 กรัมมาละลายด้วยเอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2 นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 3.1 โดยบีบประมาณ 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

3.3 นำสารสกัดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติม 7% โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

3.4 นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที

3.5 นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

3.6 หาปริมาณสารประกอบแทนนินจากกราฟมาตรฐานแทนนิกที่ทำในวันเดียวกัน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.7 คำนวณหาปริมาณแทนนินทั้งหมดในสารสกัด

4. เตรียมเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

นำเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดให้เป็นผง ด้วยเครื่องปั่น อบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. น้ำชะขยะสังเคราะห์

การเตรียมน้ำชะขยะสังเคราะห์ ซึ่งมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังตารางที่ 4
ตารางที่ 4 องค์ประกอบน้ำชะขยะสังเคราะห์

สารเคมีทั่วไป	กรัม/ลิตร
Sugar	1000
CH ₃ COONa	100
K ₂ HPO ₄	2.22
NaHCO ₃	35.73
K ₂ CO ₃	35.37
NaCl	9.96
CaCl ₂	15.96
MgCl ₂ .6H ₂ O	15.89
MgSO ₄ . 7H ₂ O	8.04
CO(NH ₂) ₂	1000
โลหะหนัก	มิลลิกรัม/ลิตร
FeSO ₄	200
H ₃ BO ₄	5
ZnSO ₄ . 7H ₂ O	5
CuSO ₄ . 5H ₂ O	4
MnSO ₄ . 7H ₂ O	50
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ . 4H ₂ O	5
Al(SO ₄) ₃ . 16H ₂ O	3
CoSO ₄ . 7H ₂ O	15
NiSO ₄ . 7H ₂ O	50
96% conc. H ₂ SO ₄ (AnalR)	1 ml

ที่มา : Jamie และคณะ (2004)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบน้ำชะขยะสังเคราะห์ซึ่งทำเป็น Stock ปริมาตร 1 ลิตร เมื่อจะใช้ให้เจือจางเป็น 4 เท่าของ Stock แล้วนำไปใช้

3. การศึกษาสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ศึกษาสารสกัดสารแทนนิน

1. ชั่งเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ ที่บดเป็นผงปริมาณต่าง ๆ กัน คือ 0.05, 0.10 และ 0.15 กรัม ต่อดัวทำละลายน้ำกลั่นและเอทานอล 20 มิลลิลิตร นำไปสกัดโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 30, 60, 90, 120 และ 180 นาที

2. ในการสกัดแทนนินเตรียมจากข้อ 1 มาปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายแทนนินด้วยวิธีการวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแทนนิน

3. นำปริมาณของเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ ที่นำไปสกัดสารแทนนินที่มีความเข้มข้นที่มากที่สุด ทำการทดลองในขั้นต่อไป

4. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

การทดลองใช้น้ำชะขยะสังเคราะห์ (ตารางที่ 5) โดยใช้วิธีการสร้างตะกอน ปักจี้ที่ศึกษาได้แก่

1. ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้สูงสุดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อน้ำชะขยะสังเคราะห์ 1 ลิตร

2. พีเอช (pH) ที่เหมาะสมต่อน้ำชะขยะสังเคราะห์ 1 ลิตร ปรับพีเอชด้วยกรดไนตริก ที่ พีเอช 5, 6, 7 และ 8

3. ระยะเวลาการกวนเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที และกวนช้า 40 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาในการตกตะกอนที่ 30 นาที

4. ใช้น้ำชะขยะสังเคราะห์โดยไม่ใส่แทนนินเป็น Blank ปรับพีเอชตามข้อ 2 และทำตามข้อ 3 ต่อไป

5. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

5.1 เก็บตัวอย่างน้ำชะขยะสังเคราะห์เพื่อทำการวิเคราะห์ก่อนทำการทดลอง (ตารางที่ 5) มีองค์ประกอบดังตารางที่ 4 ต่อไปนี้

5.2 นำสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ที่มีความเข้มข้นและสภาวะที่เหมาะสม ทำการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์

5.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ตารางพารามิเตอร์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ลำดับที่	พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1	อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer
2	ความขุ่น (Turbidity)	Turbidity Meter
3	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter
4	ทีเคเอ็น (TKN)	Total Kjeldahl Meter
5	ซีโอดี (COD)	Close Reflux Titrimetric Method
6	สารแขวนลอย (SS)	Glass Fiber Filter Disk
7	ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC)	ใช้วิธีอิเล็กทริก คอนดักติวิตี (Electrical Conductivity)
8	นิเกิล (Ni)	อะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรเมตรี (Atomic Absorption)
9	ทองแดง (Cu)	อะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรเมตรี (Atomic Absorption)
10	สังกะสี (Zn)	อะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรเมตรี (Atomic Absorption)
11	แมงกานีส (Mn)	อะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรเมตรี (Atomic Absorption)

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2559)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%)

การคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \left(\frac{\text{ประเมินคุณภาพน้ำก่อนบำบัด} - \text{หลังบำบัด}}{\text{ประเมินคุณภาพน้ำก่อนบำบัด}} \right) \times 100$$

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการเปรียบเทียบวัสดุเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์และใบชาสกัดในน้ำกลั่นและเอทานอล

ตารางที่ 6 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.05 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	30	30	92.90	33.46
		60	98.69	53.40
		90	104.43	73.02
		120	126.87	85.02
		180	135.55	98.22
	40	30	99.90	44.56
		60	118.53	64.57
		90	124.17	82.60
		120	129.56	87.43
		180	141.73	107.56
	50	30	105.50	42.48
		60	118.70	55.94
		90	125.19	64.89
		120	137.58	70.73
		180	143.00	80.25
	60	30	126.74	47.68
		60	135.65	54.29
		90	154.76	69.65
		120	173.97	79.87
		180	183.39	91.24
	70	30	124.08	49.97
		60	147.33	58.29

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		90	152.98	82.10
		120	165.27	86.98
		180	187.71	90.67

จากตารางที่ 6 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.05 กรัม พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุดเท่ากับ 187.71 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 107.56 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ การสกัดเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่สกัดจากน้ำกลั่น พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ กณชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 7 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	30	30	48.61	35.63
		60	54.01	37.07
		90	60.30	59.37
		120	64.57	61.85
		180	69.25	65.82
	40	30	59.50	78.29
		60	70.51	92.76
		90	77.36	98.35
		120	82.06	103.33

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	50	180	87.00	117.59
		30	68.07	73.24
		60	75.69	103.21
		90	84.01	108.63
		120	87.94	115.37
		180	91.16	120.41
	60	30	77.90	82.10
		60	95.85	109.30
		90	101.63	122.70
		120	105.30	125.71
		180	117.62	131.62
	70	30	90.41	92.63
		60	105.80	107.21
		90	107.42	123.87
		120	125.90	127.59
		180	135.24	132.57

จากตารางที่ 7 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.10 กรัม พบว่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เปลือกมังคุดที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยพบว่าเปลือกมังคุด 0.10 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่นที่ เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 135.24 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.10 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 132.57 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดเปลือกมังคุด 0.10 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าปริมาณแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของจุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปริมาณแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลงโดยใช้วิธีการสกัดและวิธีการวิเคราะห์ของวันเพ็ญ คงเพชร และเยาวลักษณ์ (2523) ซึ่งใช้น้ำกลั่นในการสกัด Hydrolyzed Tannins และใช้เมทานอลในการสกัด Condensed Tannins โดยใบมันสำปะหลังที่ทำการศึกษามี 3

สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ห้วยบงและพันธุ์ระยอง ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ใบมันสำปะหลังที่สามารถสกัดได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง อีกทั้งปริมาณของสารแทนนินที่สกัดได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับอายุของต้นมันสำปะหลัง โดยปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้น

ตารางที่ 8 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	30	30	89.05	75.49
		60	91.71	79.39
		90	99.28	89.74
		120	107.01	91.83
		180	111.03	96.53
	40	30	83.59	71.07
		60	96.08	87.01
		90	99.84	93.33
		120	105.34	104.53
		180	113.96	106.84
	50	30	85.66	71.72
		60	97.09	96.32
		90	106.11	99.58
		120	113.83	106.03
		180	115.59	109.97
	60	30	99.61	78.39
		60	105.58	96.23
		90	108.27	103.56
		120	114.67	104.04
		180	117.78	112.19
	70	30	99.80	79.01
		60	110.16	99.70

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		90	114.32	105.23
		120	117.50	111.05
		180	121.43	115.70

จากตารางที่ 8 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.15 กรัม พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าเปลือกมังคุด 0.15 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุดเท่ากับ 121.43 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.15 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 115.70 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดเปลือกมังคุด 0.15 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ ภริติย์ ชินโรจน์บรรกุล. (2557) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้า 10 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที สามารถสกัดแทนนินเข้มข้น เท่ากับ 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 9 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.05 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	30	30	220.83	164.89
		60	231.15	231.87
		90	253.51	275.75
		120	277.74	281.33
		180	313.46	296.38
	40	30	254.72	201.59
		60	298.91	255.75
		90	308.65	274.54
		120	321.25	278.92

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	50	180	334.75	299.68
		30	257.45	120.19
		60	288.31	128.89
		90	300.11	144.25
		120	337.05	169.90
		180	341.49	188.38
	60	30	242.44	125.21
		60	283.90	149.65
		90	299.56	178.92
		120	334.72	195.81
		180	370.37	214.67
	70	30	291.42	121.65
		60	322.96	156.83
		90	352.70	179.94
		120	363.49	184.70
		180	376.12	193.84

จากตารางที่ 9 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.05 กรัม พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าเปลือกเงาะ 0.05 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 376.12 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกเงาะ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 299.68 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดเปลือกเงาะ 0.05 จากน้ำกลั่น พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัด ซึ่งงานวิจัยของ ประภาณี สัมภาวะผล (2554) การสกัด องค์ประกอบ คุณสมบัติบางประการ และการประยุกต์ใช้ของสารสกัดแทนนินจากวัสดุเศษเหลือของพืช พบว่า จากวัสดุเศษเหลือของพืช จำนวน 30 ตัวอย่าง สารแทนนินมี 2 ชนิด คือ คอนแดนซ์แทนนิน และไฮโดรไลซ์แทนนิน โดยใบมังคุดมีคอนแดนซ์แทนนินมากที่สุด 241.41 มิลลิกรัมสมมูลของ tannin acid ต่อกรัมน้ำหนักแห้งของสารสกัด รองลงมาคือ ใบฝรั่ง

เปลือกลูกตาล ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบยาง มีปริมาณคอนแดนซ์แทนนิน เท่ากับ 128.33, 126.94, 124.57 และ 100.72 มิลลิกรัมสมมูลของ tannin acid ต่อกรัมน้ำหนักแห้งของสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งไม่พบไฮโดรไลซ์แทนนินในวัสดุเศษเหลือของพืชทั้งหมด

ตารางที่ 10 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	30	30	252.74	111.43
		60	288.61	168.06
		90	312.13	182.96
		120	317.20	185.92
		180	336.32	187.85
	40	30	264.42	122.54
		60	296.03	183.00
		90	319.27	188.77
		120	333.66	204.05
		180	346.40	215.43
	50	30	289.52	132.38
		60	327.27	185.57
		90	336.67	189.77
		120	342.57	198.84
		180	369.21	218.36
	60	30	308.19	144.86
		60	320.27	187.87
		90	326.95	189.50
		120	354.25	207.87
		180	378.72	228.04
	70	30	255.96	164.00
		60	345.66	188.81
		90	354.88	196.01

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		120	367.71	226.08
		180	394.50	241.08

จากตารางที่ 10 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.10 กรัม พบว่า เปลือกเงาะ ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าเปลือกเงาะ 0.10 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 394.50 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกเงาะ 0.10 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 241.08 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัด เปลือกเงาะ 0.10 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลา การสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่ง งานวิจัยของ พรพิมล พิมลรัตน์ และคณะ (2560) การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง วิธีการสกัดแทนนิน 2 วิธี คือ การหมักกับน้ำและการให้ความร้อน ตัวทำลาย คือ น้ำ ปริมาณของแทนนินที่ใช้ในการ ทดลอง 10, 20 และ 30 กรัม พบว่า วิธีการหมักกับน้ำ โดยหมัก 28 วัน ผลการทดลองพบว่า ใบหูกวาง 30 กรัมให้ความเข้มข้นของแทนนินที่มากที่สุดจะอยู่ในวันที่ 14 ของการทดลอง เท่ากับ 191.03 ± 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของสารแทนนิน เท่ากับ 136.94 ± 7.29 และ 58.52 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการสกัดแทนนินจากใบหูกวางโดยวิธีการใช้ความร้อน พบว่าการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เวลาในการสกัด 30 นาที มีสารแทนนิน เท่ากับ 825.54 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 11 การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.15 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	30	30	165.93	79.04
		60	195.49	111.26
		90	205.69	123.34
		120	213.19	125.67
		180	226.31	129.38
	40	30	176.65	82.51

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		60	186.38	136.58
		90	215.60	150.99
		120	224.98	160.90
		180	250.31	167.31
	50	30	209.12	104.17
		60	228.38	147.08
		90	243.90	152.04
		120	250.33	171.53
		180	252.99	188.26
	60	30	209.20	122.26
		60	217.40	155.82
		90	234.17	162.14
		120	250.23	181.60
		180	253.31	188.86
	70	30	223.24	122.38
		60	238.25	167.86
		90	251.91	187.76
		120	252.05	188.24
		180	267.02	195.52

จากตารางที่ 11 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.15 กรัม พบว่า เปลือกเงาะ ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าเปลือกเงาะ 0.15 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 267.02 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกเงาะ 0.15 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 195.52 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดเปลือกเงาะ 0.15 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ ปาริชาติ พจนศิลป์ และคณะ (2561) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน โดย

การสกัดจะแบ่งเปลือกมะพร้าวเป็น 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอล 1 : 6 สารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75 และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอล ร้อยละ 75 สามารถสกัดแทนนินจากเปลือกส่วนนอกได้มากที่สุด เท่ากับ 207.6 กรัมต่อกิโลกรัม และ เปลือกมะพร้าวส่วนในสกัดแทนนินได้ เท่ากับ 104.0 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 12 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทิต)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	30	30	49.79	57.65
		60	62.03	63.78
		90	63.71	75.43
		120	64.98	77.27
		180	67.89	83.11
	40	30	50.79	58.98
		60	62.17	63.87
		90	65.27	70.29
		120	69.25	78.10
		180	81.12	80.51
	50	30	65.52	62.16
		60	69.40	63.24
		90	72.00	66.60
		120	82.75	73.90
		180	86.41	75.24
	60	30	65.73	53.14
		60	71.05	58.48
		90	73.34	61.84
		120	84.22	74.48
		180	90.04	78.35
	70	30	68.06	58.54
		60	83.53	63.11

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		90	98.53	70.67
		120	106.16	77.90
		180	111.26	83.43

จากตารางที่ 12 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 111.26 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 83.43 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม จากน้ำกลั่น พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ ศักดิ์สิทธิ์ ฤกษ์สุข และคณะ (2562) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกลองกองและเปลือกทับทิม พบว่า เปลือกลองกองและเปลือกทับทิมสามารถสกัดสารแทนนิน คือ 15 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ได้สารละลายแทนนินเข้มข้น 1.16 และ 4.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 13 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	30	30	31.12	31.37
		60	34.41	34.89
		90	37.74	45.21
		120	40.64	47.17
		180	43.37	47.33
	40	30	35.50	33.48
		60	42.38	39.65
		90	45.09	43.11
		120	47.14	45.05
		180	53.07	47.73

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	50	30	36.68	33.62
		60	41.67	38.79
		90	50.92	42.48
		120	55.71	43.14
		180	61.70	46.03
	60	30	44.54	40.16
		60	51.94	57.43
		90	54.72	61.90
		120	60.35	63.97
		180	65.16	64.54
	70	30	45.30	42.60
		60	52.67	57.33
		90	55.82	61.37
		120	63.02	63.30
		180	66.72	78.67

จากตารางที่ 13 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม พบว่า แนนโน้ม ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 66.72 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ หรือเท่ากับ 78.67 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบกระถินณรงค์ 0.10 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่น และเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ สุภัตตรา กองดา และคณะ. (2563) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเศษไม้และการประยุกต์ให้เป็นฟิล์มแทนนินชีวภาพเพื่อยับยั้ง *Aspergillus flavus* ในกระเทียม พบว่า เศษไม้นำมาสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล (1:1 v/v) สกัดด้วย เครื่องไมโครเวฟที่ระดับกำลังไฟที่ 100, 300 และ 450 วัตต์ พบว่าวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือการ สกัดด้วยน้ำกลั่น : 95% ethanol (1:1 v/v) ด้วยกำลังไฟ 100 วัตต์ ความเข้มข้นของสารแทนนิน 0, 2.5, 5, 10 และ 20 ผลวิจัยพบว่าสารแทนนินความเข้ม 20 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของ

เส้นใยเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และเมื่อนำผงแทนนิน 20 เปอร์เซ็นต์ผลิตแผ่นฟิล์มชีวภาพร่วมกับเจลาติน พบว่า แผ่นฟิล์มที่ผสมแทนนินสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 14 การสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	30	30	16.25	28.93
		60	39.34	39.56
		90	41.46	57.50
		120	44.52	58.67
		180	47.77	62.29
	40	30	29.42	33.88
		60	42.72	48.55
		90	46.79	53.78
		120	50.28	55.94
		180	55.17	63.13
	50	30	58.26	39.89
		60	61.91	55.85
		90	68.54	56.63
		120	69.40	62.43
		180	73.49	65.86
	60	30	110.67	41.57
		60	116.36	54.33
		90	125.78	55.47
		120	133.00	62.18
		180	139.18	72.40
	70	30	112.89	45.80
		60	118.94	52.87
		90	124.40	62.24

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		120	133.24	63.94
		180	152.30	82.46

จากตารางที่ 14 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยพบว่าใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากน้ำกลั่น ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 152.30 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม ด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 82.46 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่า แทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ ปาริชาติ พจนศิลป์ และคณะ (2561) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยการสกัดจะแบ่งเปลือกมะพร้าวเป็น 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอล 1 : 6 สารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75 และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 75 สามารถสกัดแทนนินจากเปลือกส่วนนอกได้มากที่สุด เท่ากับ 207.6 กรัมต่อกิโลกรัม และเปลือกมะพร้าวส่วนในสกัดแทนนินได้ เท่ากับ 104.0 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 15 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.05 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	30	30	42.95	103.06
		60	45.47	134.18
		90	65.77	147.43
		120	73.26	153.15
		180	77.60	155.55
	40	30	44.25	111.57
		60	55.33	138.48
		90	76.65	148.44

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		120	85.27	159.81
		180	86.29	168.58
	50	30	50.15	113.56
		60	56.05	141.97
		90	82.96	152.10
		120	89.04	166.52
		180	90.58	184.82
	60	30	54.01	136.76
		60	57.99	187.47
		90	87.31	189.78
		120	92.45	196.89
		180	94.43	210.75
	70	30	57.76	159.75
		60	59.99	191.68
		90	88.60	200.83
		120	94.41	207.12
		180	96.40	232.15

จากตารางที่ 15 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.05 กรัม พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยพบว่าใบชา 0.05 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 232.15 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบชา 0.05 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่ามีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 96.40 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบชา 0.05 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นสามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ ภริติย์ ชินโรจน์ บวรกุล (2557) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า เปลือกกล้วยน้ำว้า 10 กรัมต่อน้ำ 200

มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที สามารถสกัดแทนนินเข้มข้น เท่ากับ 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 16 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.10 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	30	30	115.13	75.84
		60	135.97	88.03
		90	142.79	122.97
		120	149.10	126.93
		180	150.09	133.09
	40	30	119.11	131.61
		60	144.33	151.67
		90	148.43	182.97
		120	156.92	186.89
		180	161.76	188.91
	50	30	125.65	144.84
		60	146.51	164.53
		90	165.30	185.80
		120	170.31	203.29
		180	171.61	227.85
	60	30	135.57	242.12
		60	152.88	260.15
		90	157.62	279.77
		120	168.48	284.79
		180	174.86	288.29
	70	30	146.34	252.15
		60	158.25	263.16
		90	168.36	281.36
		120	171.05	287.10

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		180	180.20	290.25

จากตารางที่ 16 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.10 กรัม พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยพบว่าใบชา 0.10 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 290.25 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบชา 0.05 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 180.20 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบชา 0.10 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้น สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ กนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 17 การสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.15 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	30	30	79.73	79.46
		60	91.13	86.65
		90	99.03	88.59
		120	101.97	92.48
		180	109.31	94.21
	40	30	84.72	87.77
		60	98.79	104.21
		90	108.11	114.01
		120	119.83	124.74
		180	125.33	126.13
	50	30	86.43	97.47

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
		60	103.25	110.67
		90	118.42	124.74
		120	126.58	139.37
		180	142.22	159.99
	60	30	111.56	165.95
		60	117.06	185.05
		90	129.16	201.05
		120	147.67	212.91
		180	152.78	224.86
	70	30	106.46	186.53
		60	122.35	199.90
		90	160.16	222.02
		120	179.85	232.16
		180	205.87	251.42

จากตารางที่ 17 แสดงผลการสกัดสารแทนนินจากใบชา 0.15 กรัม พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยพบว่าใบชา 0.15 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 251.42 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบชา 0.15 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 205.87 กรัม/กิโลกรัม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการสกัดใบชา 0.10 กรัม จากน้ำกลั่นและเอทานอล พบว่าแทนนินจะเพิ่มตามไปด้วยและเมื่อระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้น สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลเพิ่มตามเวลาในการสกัดที่มากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ กณชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2. การเปรียบเทียบน้ำหนักวัสดุ

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	30	0.05	30	92.90	33.46
			60	98.69	53.40
			90	104.43	73.02
			120	126.87	85.02
			180	135.55	98.22
	30	0.10	30	48.61	35.63
			60	54.01	37.07
			90	60.30	59.37
			120	64.57	61.85
			180	69.25	65.82
	30	0.15	30	89.05	75.49
			60	91.71	79.39
			90	99.28	89.74
			120	107.01	91.83
			180	111.03	96.53

จากตารางที่ 18 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่เวลา 180 นาที สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลได้มากที่สุด รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัมตามลำดับ โดยพบว่า เปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่สกัดจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 135.55 กรัม/กิโลกรัม ในขณะที่เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่สกัดจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 98.22 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งงานวิจัยของ ภิรติย์ ชินโรจน์บรรกุล (2557) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า เปลือกกล้วยน้ำว้า

10 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที สามารถสกัดแทนนินเข้มข้น เท่ากับ 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	40	0.05	30	99.90	44.56
			60	118.53	64.57
			90	124.17	82.60
			120	129.56	87.43
			180	141.73	107.56
	40	0.10	30	59.50	78.29
			60	70.51	92.76
			90	77.36	98.35
			120	82.06	103.33
			180	87.00	117.59
	40	0.15	30	83.59	71.07
			60	96.08	87.01
			90	99.84	93.33
			120	105.34	104.53
			180	113.96	106.84

จากตารางที่ 19 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 141.73 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกมังคุด 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 117.59 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ พรพิมล

พิมลรัตน์ และคณะ (2560) การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง วิธีการสกัดแทนนิน 2 วิธี คือ การหมักกับน้ำและการให้ความร้อน ตัวทำลาย คือ น้ำ ปริมาณของแทนนินที่ใช้ในการทดลอง 10, 20 และ 30 กรัม พบว่า วิธีการหมักกับน้ำ โดยหมัก 28 วัน ผลการทดลองพบว่า ใบหูกวาง 30 กรัมให้ความเข้มข้นของแทนนินที่มากที่สุดจะอยู่ในวันที่ 14 ของการทดลอง เท่ากับ 191.03 ± 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของสารแทนนิน เท่ากับ 136.94 ± 7.29 และ 58.52 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการสกัดแทนนินจากใบ หูกวางโดยวิธีการใช้ความร้อน พบว่าการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เวลาในการสกัด 30 นาที มีสารแทนนิน เท่ากับ 825.54 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	50	0.05	30	105.50	42.48
			60	118.70	55.94
			90	125.19	64.89
			120	137.58	70.73
			180	143.00	80.25
	50	0.10	30	68.07	73.24
			60	75.69	103.21
			90	84.01	108.63
			120	87.94	115.37
			180	91.16	120.41
	50	0.15	30	85.66	71.72
			60	97.09	96.32
			90	106.11	99.58
			120	113.83	106.03
			180	115.59	109.97

จากตารางที่ 20 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 143.0 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกมังคุด 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุดคือ เท่ากับ 120.41 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของกมลชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	60	0.05	30	126.74	47.68
			60	135.65	54.29
			90	154.76	69.65
			120	173.97	79.87
			180	183.39	91.24
	60	0.10	30	77.90	82.10
			60	95.85	109.30
			90	101.63	122.70
			120	105.30	125.71
			180	117.62	131.62
	60	0.15	30	99.61	78.39
			60	105.58	96.23
			90	108.27	103.56

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
			120	114.67	104.04
			180	117.78	112.19

จากตารางที่ 21 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 183.39 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกมังคุด 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 131.62 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ ปาริชาติ พจนศิลป์ และคณะ (2561) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยการสกัดจะแบ่งเปลือกมะพร้าวเป็น 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอล 1 : 6 สารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75 และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 75 สามารถสกัดแทนนินจากเปลือกส่วนนอกได้มากที่สุด เท่ากับ 207.6 กรัมต่อกิโลกรัม และเปลือกมะพร้าวส่วนในสกัดแทนนินได้ เท่ากับ 104.0 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกมังคุด	70	0.05	30	124.08	49.97
			60	147.33	58.29
			90	152.98	82.10
			120	165.27	86.98
			180	187.71	90.67
	70	0.10	30	90.41	92.63

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
			60	105.80	107.21
			90	107.42	123.87
			120	125.90	127.59
			180	135.24	132.57
	70	0.15	30	99.80	79.01
			60	110.16	99.70
			90	114.32	105.23
			120	117.50	111.05
			180	121.43	115.70

จากตารางที่ 22 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกมังคุดที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 187.71 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัม ในขณะที่น้ำหนักเปลือกมังคุด 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 132.57 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ ศักดิ์สิทธิ์ ฤกษ์สุข และคณะ (2562) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกลองกองและเปลือกทับทิม พบว่า เปลือกลองกองและเปลือกทับทิมสามารถสกัดสารแทนนิน คือ 15 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ได้สารละลายแทนนินเข้มข้น 1.16 และ 4.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

พูน ปณ จิต ชเว

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	30	0.05	30	220.83	164.89
			60	231.15	231.87
			90	253.51	275.75
			120	277.74	281.33
			180	313.46	296.38
	30	0.10	30	252.74	111.43
			60	288.61	168.06
			90	312.13	182.96
			120	317.20	185.92
			180	336.32	187.85
	30	0.15	30	165.93	79.04
			60	195.49	111.26
			90	205.69	123.34
			120	213.19	125.67
			180	226.31	129.38

จากตารางที่ 23 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกเงาะที่แตกต่างกันที่ สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมี ความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม สามารถ สกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 336.32 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือ น้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 296.38 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ สุภัตรา กองตา และคณะ (2563) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเศษไม้และการประยุกต์ให้เป็นฟิล์มแทนนิน ชีวภาพเพื่อยับยั้ง *Aspergillus flavus* ในกระเทียม พบว่า เศษไม้นำมาสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นและ

เอทานอล (1:1 v/v) สกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ระดับกำลังไฟที่ 100, 300 และ 450 วัตต์ พบว่าวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือการสกัดด้วยน้ำกลั่น : 95% ethanol (1:1 v/v) ด้วยกำลังไฟ 100 วัตต์ ความเข้มข้นของสารแทนนิน 0, 2.5, 5, 10 และ 20 ผลวิจัยพบว่าสารแทนนินความเข้ม 20 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และเมื่อนำผงแทนนิน 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมแผ่นฟิล์มชีวภาพร่วมกับเจลาติน พบว่า แผ่นฟิล์มที่ผสมแทนนินสามารถยับยั้งการออกของสปอร์เชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	40	0.05	30	254.72	201.59
			60	298.91	255.75
			90	308.65	274.54
			120	321.25	278.92
			180	334.75	299.68
	40	0.10	30	264.42	122.54
			60	296.03	183.00
			90	319.27	188.77
			120	333.66	204.05
			180	346.40	215.43
	40	0.15	30	176.65	82.51
			60	186.38	136.58
			90	215.60	150.99
			120	224.98	160.90
			180	250.31	167.31

จากตารางที่ 24 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกเงาะที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม สามารถ

สกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 346.40 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกเงาะ ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 299.68 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ พรพิมล พิมลรัตน์ และคณะ (2560) การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง วิธีการสกัดแทนนิน 2 วิธี คือ การหมักกับน้ำและการให้ความร้อน ตัวทำลาย คือ น้ำ ปริมาณของแทนนินที่ใช้ในการทดลอง 10, 20 และ 30 กรัม พบว่า วิธีการหมักกับน้ำ โดยหมัก 28 วัน ผลการทดลองพบว่า ใบหูกวาง 30 กรัมให้ความเข้มข้นของแทนนินที่มากที่สุดจะอยู่ในวันที่ 14 ของการทดลอง เท่ากับ 191.03 ± 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของสารแทนนิน เท่ากับ 136.94 ± 7.29 และ 58.52 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการสกัดแทนนินจากใบ หูกวางโดยวิธีการให้ความร้อน พบว่าการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เวลาในการสกัด 30 นาที มีสารแทนนิน เท่ากับ 825.54 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	50	0.05	30	257.45	120.19
			60	288.31	128.89
			90	300.11	144.25
			120	337.05	169.90
			180	341.49	188.38
	50	0.10	30	289.52	132.38
			60	327.27	185.57
			90	336.67	189.77
			120	342.57	198.84
			180	369.21	218.36
	50	0.15	30	209.12	104.17
			60	228.38	147.08
			90	243.90	152.04

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
			120	250.33	171.53
			180	252.99	188.26

จากตารางที่ 25 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกเงาะที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 369.21 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 218.40 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ กณชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	60	0.05	30	242.44	125.21
			60	283.90	149.65
			90	299.56	178.92
			120	334.72	195.81
			180	370.37	214.67
	60	0.10	30	308.19	144.86

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
			60	320.27	187.87
			90	326.95	189.50
			120	354.25	207.87
			180	378.72	228.04
	60	0.15	30	209.20	122.26
			60	217.40	155.82
			90	234.17	162.14
			120	250.23	181.60
			180	253.31	188.86

จากตารางที่ 26 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกเงาะที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 378.70 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกเงาะ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 228.04 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของจุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปริมาณแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลงโดยใช้วิธีการสกัดและวิธีการวิเคราะห์ของวันเพ็ญ คงเพ็ชร และเยาวลักษณ์ (2523) ซึ่งใช้น้ำกลั่นในการสกัด Hydrolyzed Tannins และใช้เมทานอลในการสกัด Condensed Tannins โดยใบมันสำปะหลังที่ทำการศึกษามี 3 สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ห้วยบงและพันธุ์ระยอง ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ใบมันสำปะหลังที่สามารถสกัดได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง อีกทั้งปริมาณของสารแทนนินที่สกัดได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับอายุของต้นมันสำปะหลัง โดยปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้น

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบแทนนินจากเปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
เปลือกเงาะ	70	0.05	30	291.42	121.65
			60	322.96	156.83
			90	352.70	179.94
			120	363.49	184.70
			180	376.12	193.84
	70	0.10	30	255.96	164.00
			60	345.66	188.81
			90	354.88	196.01
			120	367.71	226.08
			180	394.50	241.08
	70	0.15	30	223.24	122.38
			60	238.25	167.86
			90	251.91	187.76
			120	252.05	188.24
			180	267.02	195.52

จากตารางที่ 27 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักเปลือกเงาะที่แตกต่างกันที่ สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เปลือกเงาะที่สกัดจากน้ำกลั่นมี ความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.10 กรัม สามารถ สกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 394.50 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือ น้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักเปลือกเงาะ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 241.08 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกเงาะที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ สุภัตรา กองตา และคณะ (2563) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเศษไม้และการประยุกต์ให้เป็นฟิล์มแทนนิน ชีวภาพเพื่อยังยั้ง *Aspergillus flavus* ในกระเทียม พบว่า เศษไม้นำมาสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นและ

เอทานอล (1:1 v/v) สกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ระดับกำลังไฟที่ 100, 300 และ 450 วัตต์ พบว่าวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือการสกัดด้วยน้ำกลั่น : 95% ethanol (1:1 v/v) ด้วยกำลังไฟ 100 วัตต์ ความเข้มข้นของสารแทนนิน 0, 2.5, 5, 10 และ 20 ผลวิจัยพบว่าสารแทนนินความเข้ม 20 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และเมื่อนำผงแทนนิน 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมแผ่นฟิล์มชีวภาพร่วมกับเจลาติน พบว่า แผ่นฟิล์มที่ผสมแทนนินสามารถยับยั้งการออกของสปอร์เชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 28 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	30	0.05	30	49.79	57.65
			60	62.03	63.78
			90	63.71	75.43
			120	64.98	77.27
			180	67.89	83.11
	30	0.10	30	31.12	31.37
			60	34.41	34.89
			90	37.74	45.21
			120	40.64	47.17
			180	43.37	47.33
	30	0.15	30	16.25	28.93
			60	39.34	39.56
			90	41.46	57.50
			120	44.52	58.67
			180	47.77	62.29

จากตารางที่ 28 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่แตกต่างกัน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม

สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 67.89 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบกระถินณรงค์ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 83.11 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของปาริชาติ พจนศิลป์ และคณะ (2561) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยการสกัดจะแบ่งเปลือกมะพร้าวเป็น 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอล 1 : 6 สารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75 และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 75 สามารถสกัดแทนนินจากเปลือกส่วนนอกได้มากที่สุด เท่ากับ 207.6 กรัมต่อกิโลกรัม และเปลือกมะพร้าวส่วนในสกัดแทนนินได้ เท่ากับ 104.0 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	40	0.05	30	50.79	58.98
			60	62.17	63.87
			90	65.27	70.29
			120	69.25	78.10
			180	81.12	80.51
	40	0.10	30	35.50	33.48
			60	42.38	39.65
			90	45.09	43.11
			120	47.14	45.05
			180	53.07	47.73
	40	0.15	30	29.42	33.88
			60	42.72	48.55
			90	46.79	53.78
			120	50.28	55.94

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
			180	55.17	63.13

จากตารางที่ 29 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่แตกต่างกัน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 81.12 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 80.51 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ พรพิมล พิมลรัตน์ และคณะ (2560) การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง วิธีการสกัดแทนนิน 2 วิธี คือ การหมักกับน้ำและการให้ความร้อน ตัวทำลาย คือ น้ำ ปริมาณของแทนนินที่ใช้ในการทดลอง 10, 20 และ 30 กรัม พบว่า วิธีการหมักกับน้ำ โดยหมัก 28 วัน ผลการทดลองพบว่า ใบหูกวาง 30 กรัม ให้ความเข้มข้นของแทนนินที่มากที่สุดจะอยู่ในวันที่ 14 ของการทดลอง เท่ากับ 191.03 ± 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของสารแทนนิน เท่ากับ 136.94 ± 7.29 และ 58.52 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการสกัดแทนนินจากใบหูกวางโดยวิธีการใช้ความร้อน พบว่าการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เวลาในการสกัด 30 นาที มีสารแทนนิน เท่ากับ 825.54 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	50	0.05	30	65.52	62.16
			60	69.40	63.24
			90	72.00	66.60
			120	82.75	73.90
			180	86.41	75.24

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที่)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	50	0.10	30	36.68	33.62
			60	41.67	38.79
			90	50.92	42.48
			120	55.71	43.14
			180	36.68	46.03
	50	0.15	30	58.26	39.89
			60	61.91	55.85
			90	68.54	56.63
			120	69.40	62.43
			180	73.49	65.86

จากตารางที่ 30 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่แตกต่างกัน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำกลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 86.41 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 75.24 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของกมลชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	60	0.05	30	65.73	53.14
			60	71.05	58.48
			90	73.34	61.84
			120	84.22	74.48
			180	90.04	78.35
	60	0.10	30	44.54	40.16
			60	51.94	57.43
			90	54.72	61.90
			120	60.35	63.97
			180	65.16	64.54
	60	0.15	30	110.67	41.57
			60	116.36	54.33
			90	125.78	55.47
			120	133.00	62.18
			180	139.18	72.40

จากตารางที่ 31 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่แตกต่างกัน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำ กลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 139.18 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบ กระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม มาสารสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 78.35 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ ภิรติย์ ชินโรจน์บรรกุล (2557) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดย ใช้สารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า เปลือกกล้วย

น้ำว่า 10 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที สามารถสกัด แแทนนินเข้มข้น เท่ากับ 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบกระถินณรงค์	70	0.05	30	68.06	58.54
			60	83.53	63.11
			90	98.53	70.67
			120	106.16	77.90
			180	111.26	83.43
	70	0.10	30	45.30	42.60
			60	52.67	57.33
			90	55.82	61.37
			120	63.02	63.30
			180	66.72	78.67
	70	0.15	30	112.89	45.80
			60	118.94	52.87
			90	124.40	62.24
			120	133.24	63.94
			180	152.30	82.46

จากตารางที่ 32 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่แตกต่างกัน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ใบกระถินณรงค์ที่สกัดจากน้ำ กลั่นมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากเอทานอล โดยน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 152.30 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบ กระถินณรงค์ที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ

83.43 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบกระถินณรงค์ที่ 0.15 กรัม และ 0.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของจุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปริมาณแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลงโดยใช้วิธีการสกัดและวิธีการวิเคราะห์ของวัญเพ็ญ คงเพชร และเยาวลักษณ์ (2523) ซึ่งใช้น้ำกลั่นในการสกัด Hydrolyzed Tannins และใช้เมทานอลในการสกัด Condensed Tannins โดยใบมันสำปะหลังที่ทำการศึกษามี 3 สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ห้วยยางและพันธุ์ระยอง ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ใบมันสำปะหลังที่สามารถสกัดได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด ได้แก่ พันธุ์ห้วยยาง อีกทั้งปริมาณของสารแทนนินที่สกัดได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับอายุของต้นมันสำปะหลัง โดยปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้น

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	30	0.05	30	42.95	103.06
			60	45.47	134.18
			90	65.77	147.43
			120	73.26	153.15
			180	77.60	155.55
	30	0.10	30	115.13	75.84
			60	135.97	88.03
			90	142.79	122.97
			120	149.10	126.93
			180	150.09	133.09
	30	0.15	30	79.73	79.46
			60	91.13	86.65
			90	99.03	88.59
			120	101.97	92.48
			180	109.31	94.21

จากตารางที่ 33 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบชาที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 150.09 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบชาที่ 0.05 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 155.55 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของสุภัตรา กองตา และคณะ (2563) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเศษไม้และการประยุกต์ให้เป็นฟิล์มแทนนินชีวภาพเพื่อยับยั้ง *Aspergillus flavus* ในกระเทียม พบว่า เศษไม้นำมาสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล (1:1 v/v) สกัดด้วยเครื่องมือโครเวฟที่ระดับกำลังไฟที่ 100, 300 และ 450 วัตต์ พบว่าวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือการสกัดด้วยน้ำกลั่น : 95% ethanol (1:1 v/v) ด้วยกำลังไฟ 100 วัตต์ ความเข้มข้นของสารแทนนิน 0, 2.5, 5, 10 และ 20 ผลวิจัยพบว่าสารแทนนินความเข้มข้นร้อยละ 20 เพอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และเมื่อนำผงแทนนินร้อยละ 20 เพอร์เซ็นต์ ผลิตแผ่นฟิล์มชีวภาพร่วมกับเจลาติน พบว่า แผ่นฟิล์มที่ผสมแทนนินสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	40	0.05	30	44.25	111.57
			60	55.33	138.48
			90	76.65	148.44
			120	85.27	159.81
			180	86.29	168.58
	40	0.10	30	119.11	131.61
			60	144.33	151.67
			90	148.43	182.97
			120	156.92	186.89

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	40	0.15	180	161.76	188.91
			30	84.72	87.77
			60	98.79	104.21
			90	108.11	124.73
			120	119.83	124.74
			180	125.33	126.13

จากตารางที่ 34 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบชาที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยน้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 161.76 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบชา 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 188.91 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ คักดีสิทธิ์ ฤกษ์สุข และคณะ (2562) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกลองกองและเปลือกทับทิม พบว่า เปลือกลองกองและเปลือกทับทิมสามารถสกัดสารแทนนิน คือ 15 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ได้สารละลายแทนนินเข้มข้น 1.16 และ 4.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	50	0.05	30	50.15	113.56
			60	56.05	141.97
			90	82.96	152.10
			120	89.04	166.52
			180	90.58	184.82

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาทีก)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
	50	0.10	30	125.65	144.84
			60	146.51	164.53
			90	165.30	185.80
			120	170.31	203.29
			180	171.61	227.85
	50	0.15	30	86.43	97.47
			60	103.25	110.67
			90	118.42	124.74
			120	126.58	139.37
			180	142.22	159.99

จากตารางที่ 35 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบชาที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยน้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 171.61 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัด แทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 227.85 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.05 กรัม และ 0.15 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของกมลชนก วงษ์สุขสิน (2558) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ อะซิโตนกับน้ำที่ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วน 1:20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินที่มากที่สุด คือ 644.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาท)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	60	0.05	30	54.01	136.76
			60	57.99	187.47
			90	87.31	189.78
			120	92.45	196.89
			180	94.43	210.75
	60	0.10	30	135.57	242.12
			60	152.88	260.15
			90	157.62	279.77
			120	168.48	284.79
			180	174.86	288.29
	60	0.15	30	111.56	165.95
			60	117.06	185.05
			90	129.16	201.05
			120	147.67	212.91
			180	152.78	224.86

จากตารางที่ 36 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบชาที่แตกต่างกันที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยน้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 94.43 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัด แทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 288.29 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักเปลือกมังคุดที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ พรพิมล พิมลรัตน์ และคณะ (2560) การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง วิธีการสกัดแทนนิน 2 วิธี คือ การหมักกับน้ำและการให้ความร้อน ตัวทำลายคือ น้ำปริมาณของแทนนินที่ใช้ในการทดลอง 10, 20 และ 30 กรัม พบว่า วิธีการหมักกับน้ำ โดยหมัก

28 วัน ผลการทดลองพบว่า ใบหูกวาง 30 กรัมให้ความเข้มข้นของแทนนินที่มากที่สุดจะอยู่ในวันที่ 14 ของการทดลอง เท่ากับ 191.03 ± 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของสารแทนนิน เท่ากับ 136.94 ± 7.29 และ 58.52 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการสกัดแทนนินจากใบหูกวางโดยวิธีการใช้ความร้อน พบว่าการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เวลาในการสกัด 30 นาที มีสารแทนนิน เท่ากับ 825.54 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบแทนนินจากใบชาที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	เวลา (นาที)	แทนนินสกัด ในน้ำกลั่น (g/kg)	แทนนินสกัด ในเอทานอล (g/kg)
ใบชา	70	0.05	30	57.76	159.75
			60	59.99	191.68
			90	88.60	200.83
			120	94.41	207.12
			180	96.40	232.15
	70	0.10	30	146.34	252.15
			60	158.25	263.16
			90	168.36	281.36
			120	171.05	287.10
			180	180.20	290.25
	70	0.15	30	106.46	186.53
			60	122.35	199.90
			90	160.16	222.02
			120	179.85	232.16
			180	205.87	251.42

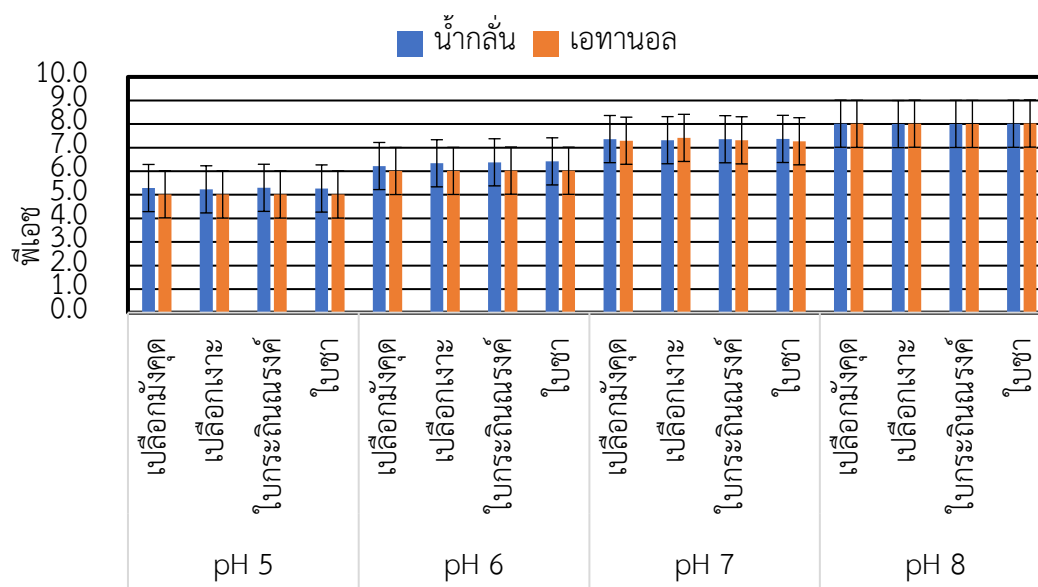
จากตารางที่ 37 แสดงผลการเปรียบเทียบแทนนินจากน้ำหนักใบชาที่แตกต่างกันที่สกัดจาก น้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ใบชาที่สกัดจากเอทานอลมีความเข้มข้น ของแทนนินมากกว่าสกัดจากน้ำกลั่น โดยน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม สามารถสกัดแทนนินจากน้ำกลั่น

ที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 205.87 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักใบชาที่ 0.10 กรัม สามารถสกัด แทนนินจากเอทานอลที่เวลา 180 นาที ได้มากที่สุด เท่ากับ 290.25 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือน้ำหนักใบชาที่ 0.15 กรัม และ 0.05 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ ปรุณณานิ สัมภาวะผล (2554) การสกัดองค์ประกอบ คุณสมบัติบางประการ และการประยุกต์ใช้ของสารสกัดแทนนินจากวัสดุเศษเหลือของพืช พบว่า จากวัสดุเศษเหลือองพืช จำนวน 30 ตัวอย่าง สารแทนนินมี 2 ชนิด คือ คอนแดนซ์แทนนิน และไฮโดรไลซ์แทนนิน โดยใบมังคุดมีคอนแดนซ์แทนนินมากที่สุด 241.41 มิลลิกรัมสมมูลของ tannin acid ต่อกรัม น้ำหนักแห้งของสารสกัด รองลงมาคือ ใบฝรั่ง เปลือกลูกตาล ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบยาง มีปริมาณคอนแดนซ์แทนนิน เท่ากับ 128.33, 126.94, 124.57 และ 100.72 มิลลิกรัมสมมูลของ tannin acid ต่อกรัม น้ำหนักแห้งของสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งไม่พบไฮโดรไลซ์แทนนินในวัสดุเศษเหลือของพืชทั้งหมด

3. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยใช้สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชาที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ โดยศึกษาค่าความขุ่น พีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น ซีโอดี การนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) นิเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และแมกนีเซียม (Mn) ผลการศึกษาดังนี้

3.1 พีเอช

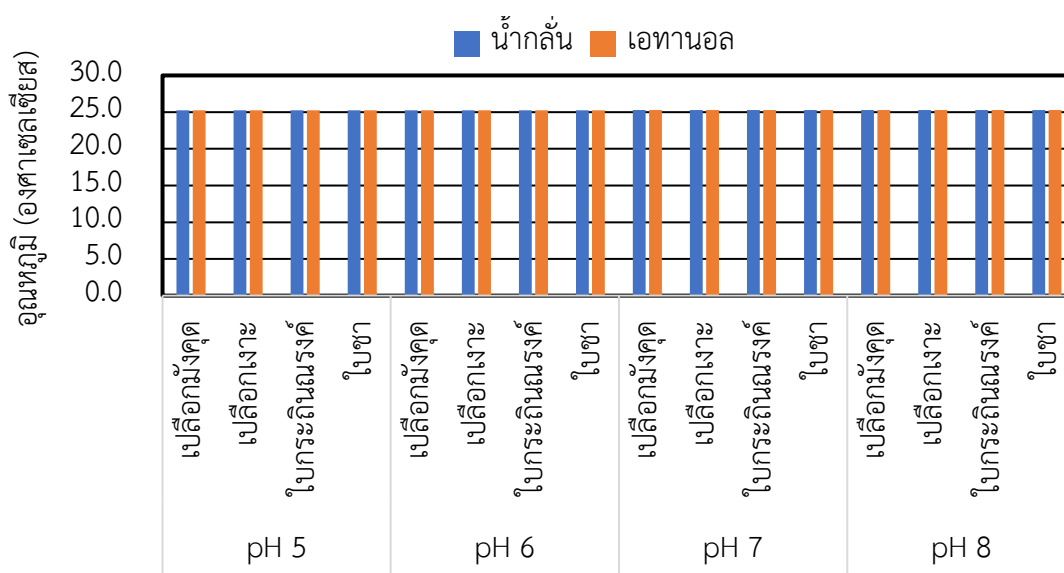


ภาพประกอบที่ 8 พีเอชของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

ค่าพีเอชหรือความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลาย บอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H^+]$ หรืออาจกล่าวได้ว่าความเป็นกรดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ความเป็นด่าง คือ ความเข้มข้นของ ไฮดรอกซิลไอออน $[OH^-]$ ค่าพีเอชของแหล่งน้ำมีความสำคัญเนื่องจากพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในแหล่งน้ำได้นำคาร์บอนที่มีอยู่ในรูปที่เป็นกรดไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงตลอดช่วงกลางวันจึงส่งผลให้น้ำมีสภาพต่างอ่อนๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

จากภาพประกอบที่ 8 พบว่าน้ำชะขยะสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบบำบัด มีค่าพีเอชเฉลี่ย 8.3 เมื่อทำการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์จากแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา โดยปรับพีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ พบว่าค่าพีเอชหลังการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ เมื่อสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นของวัสดุ 4 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับ เอทานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น ซึ่งที่พีเอช 5 ที่สกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้นโดยใบกระถินณรงค์มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 5.3 พีเอช 6 ที่สกัดสารแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากใบชาค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 6.4 พีเอช 7 ที่สกัดสารแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากใบชามีค่าพีเอชมากที่สุดเท่ากับ 7.3 และพีเอช 8 ที่สกัดสารแทนนินด้วยน้ำกลั่นและสกัดสารแทนนินด้วยเอทานอล พบว่าค่าพีเอชหลังการบำบัดไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.2 อุณหภูมิ

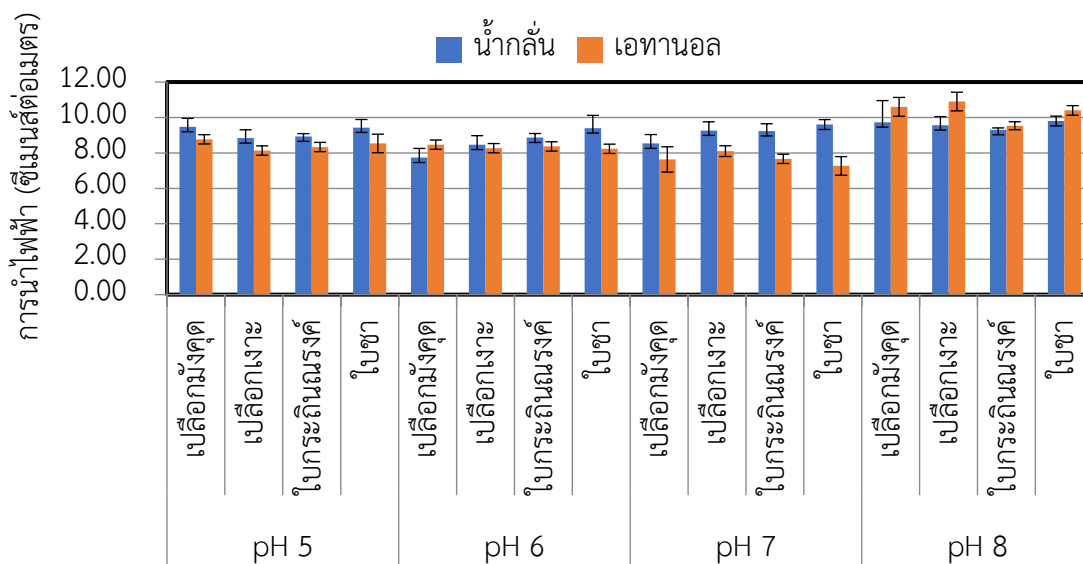


ภาพประกอบที่ 9 อุณหภูมิของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

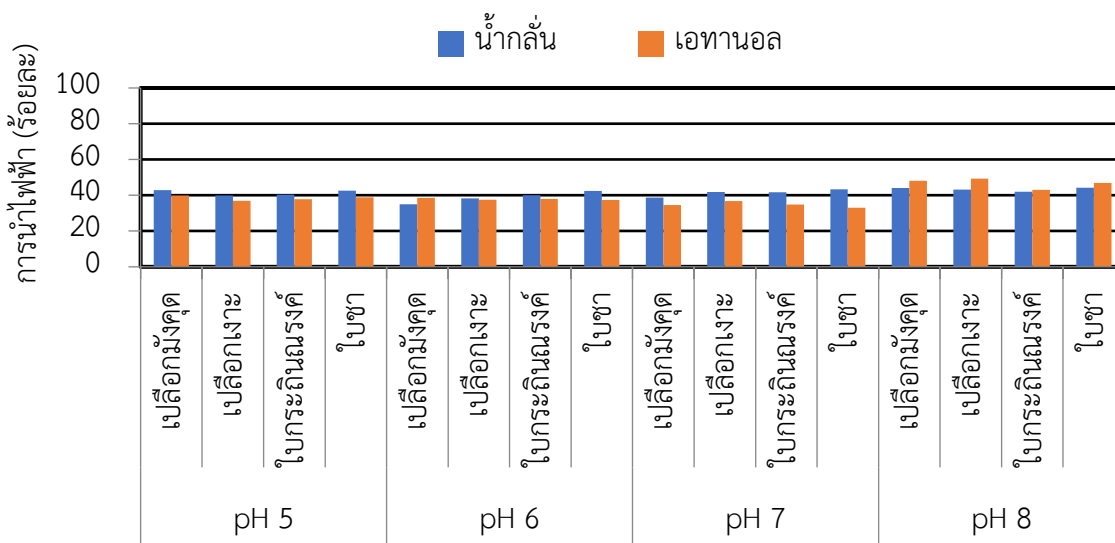
อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่นของแหล่งน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีอัตราผกผัน กับอุณหภูมิของน้ำ คือ อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง (รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2538)

ภาพประกอบที่ 9 และภาพประกอบที่ 10 แสดงอุณหภูมิการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุดเปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ อุณหภูมิก่อนการบำบัดของวัสดุทั้ง 4 ชนิดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.2 ± 0.03 ถึง 25.3 ± 0.04 องศาเซลเซียส และหลังการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์จากการสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ปรับพีเอชที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.2 ± 0.03 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิก่อนบำบัดและหลังการบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นเมื่อใส่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ไม่ค่อยมีผลต่ออุณหภูมิ

3.3 การนำไฟฟ้าในน้ำ



ภาพประกอบที่ 10 ประสิทธิภาพการบำบัดการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์สังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



ภาพประกอบที่ 11 ร้อยละการบำบัดการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์สังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนิน ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปือกมั่งคุด เปือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

การนำไฟฟ้า คือ ค่าที่บ่งบอกว่ามีธาตุอาหารละลายในน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์น้ำที่ตายอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ เกลือของธาตุอาหารเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบ ซึ่งจะเป็นตัวนำไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือของธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ

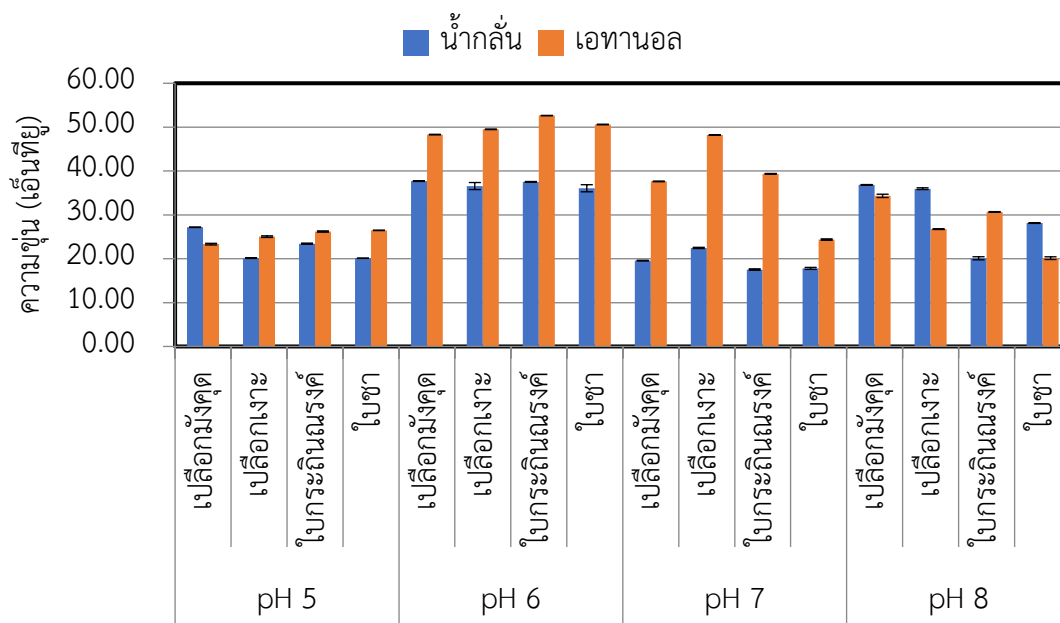
จากภาพประกอบที่ 10 และภาพประกอบที่ 11 แสดงการบำบัดการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปือกมั่งคุด เปือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเมื่อบำบัดน้ำชะขยะด้วยสารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นมีแนวโน้มลดค่าการนำไฟฟ้าได้ดีกว่าสกัดแทนนินด้วยเอทานอล

การนำไฟฟ้าที่สกัดแทนนินจากเปือกเงาะด้วยเอทานอลที่พีเอช 8 สามารถลดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด คือ เปือกเงาะ เท่ากับ 10.90 ± 0.53 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 49.24) การนำไฟฟ้าที่สกัดจากใบชาด้วยน้ำกลั่นสามารถลดการนำไฟฟ้าได้สูงที่สุด เท่ากับ 9.80 ± 0.28 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 44.21)

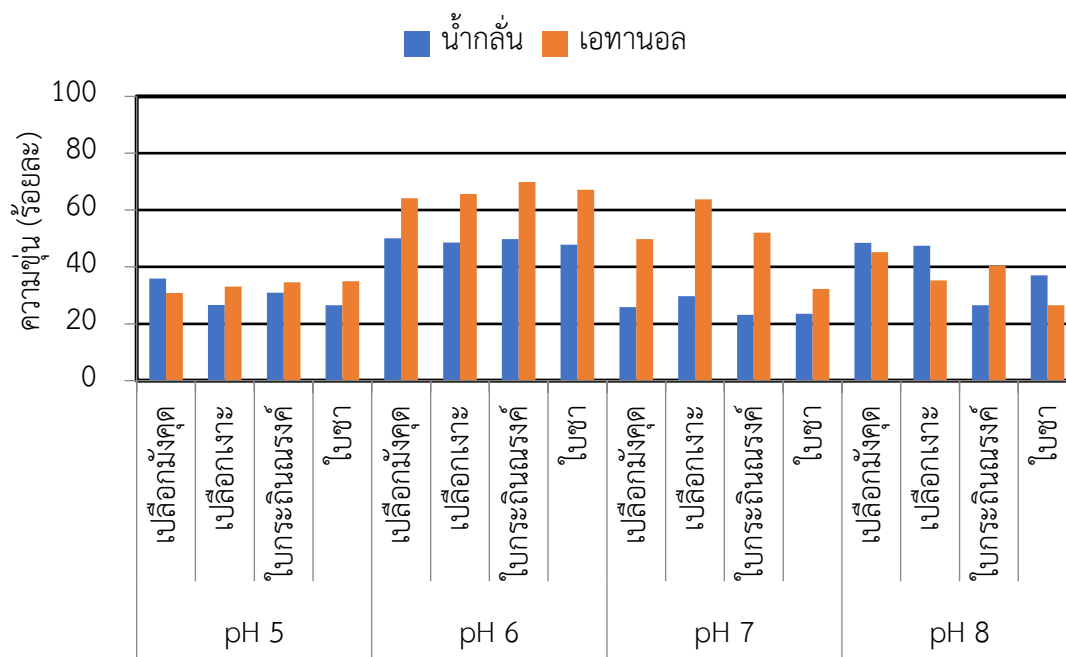
พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปือกมั่งคุดสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุดเท่ากับ 9.47 ± 0.48 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 42.90) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปือกมั่งคุดสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด เท่ากับ 8.77 ± 0.26 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 39.84) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น

จากใบชาสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะได้ดีที่สุด เท่ากับ 9.40 ± 0.72 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 42.40) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 8.47 ± 0.26 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 38.48) พืช 7 สารแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นของวัสดุ 4 ชนิดสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอล โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชาสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $9.60 \pm$ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 43.30) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $8.10 \pm$ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 36.70) และพืช 8 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะขยะได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $10.90 \pm$ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 49.24) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดค่าการนำไฟฟ้าจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $9.80 \pm$ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ร้อยละ 44.21)

3.4 ความชุ่ม



ภาพประกอบที่ 12 ประสิทธิภาพการบำบัดความชุ่มของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



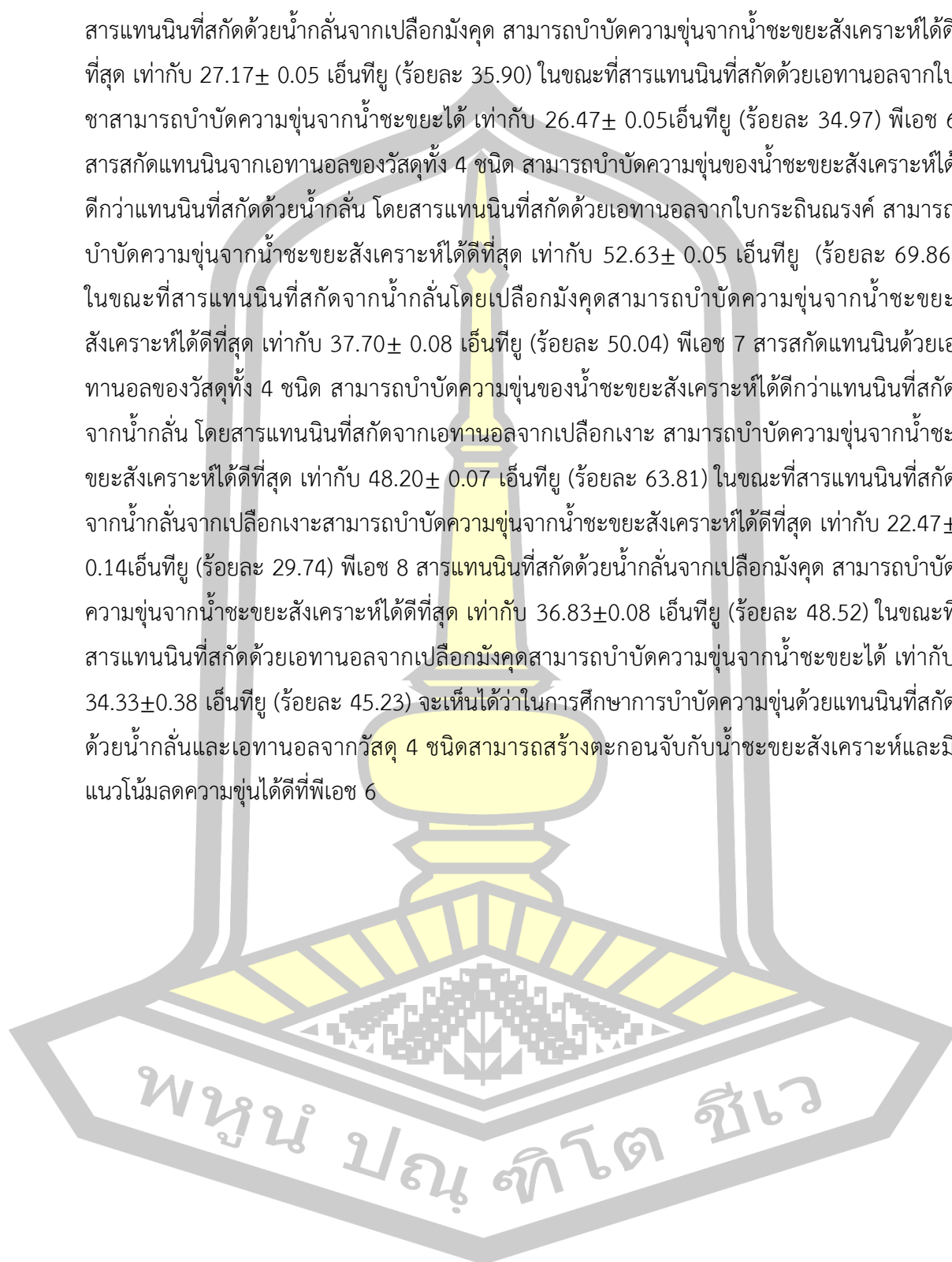
ภาพประกอบที่ 13 ร้อยละการบำบัดความขุ่นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจาก

เปื๋อแม่มังคุด เปื๋อแม่มะ ไบโกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

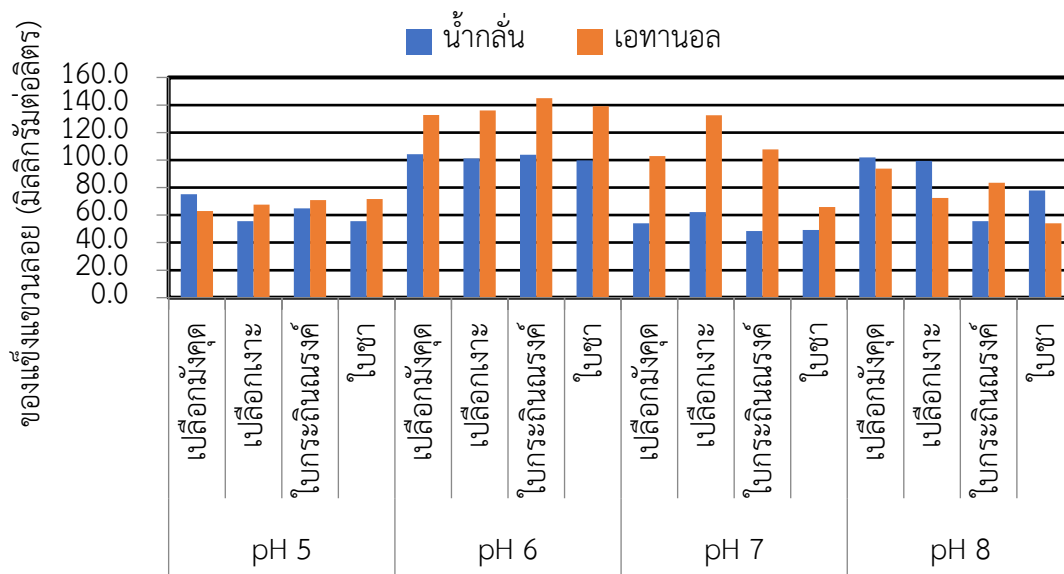
ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ ในรูปสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์หรือ คอลลอยด์โดยสิ่งเหล่านี้จะไปบดบังทำให้แสงหักเหเมื่อมีแสงส่องผ่านทำให้มองเห็นความขุ่นในน้ำขึ้น ความขุ่นของน้ำจึงขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของสารแขวนลอย การกระจายและ ความสามารถในการดูดซับแสงของสารแขวนลอยเหล่านั้น ความขุ่นของน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่ สังเกตเห็นได้ง่ายที่สุด ค่าความขุ่นจึงมีความสำคัญต่อทัศนคติในการเลือกอุปโภค บริโภคของผู้ใช้น้ำ ค่าความขุ่นยังมีผลต่อต่อปริมาณสารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ น้ำที่มีความขุ่นสูง จะทำให้ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคลดลงโดยจุลินทรีย์บางส่วนอาจอาศัยหลบซ่อนอยู่ตามอนุภาค แขนวนลอยทำให้โอกาสที่สัมผัสกับสารเคมีที่ฆ่าเชื้อโรคน้อยลง (กองมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล, 2567)

จากภาพประกอบที่ 12 และ ภาพประกอบที่ 13 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นของ น้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปื๋อแม่มังคุด เปื๋อแม่มะ ไบโกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปื๋อแม่มังคุด เปื๋อแม่มะ ไบโกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มลดลงโดยที่ พีเอช 6 สารสกัดแทนนินด้วยเอทานอลจากไบโกระถินณรงค์ สามารถลดความขุ่นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ สูงที่สุด เท่ากับ 52.63 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 69.86) และสารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากเปื๋อแม่มังคุดบำบัดความขุ่นได้สูงที่สุด ที่พีเอช 6 เท่ากับ 37.70 ± 0.08 เอ็นทียู (ร้อยละ 50.04) พีเอช 5

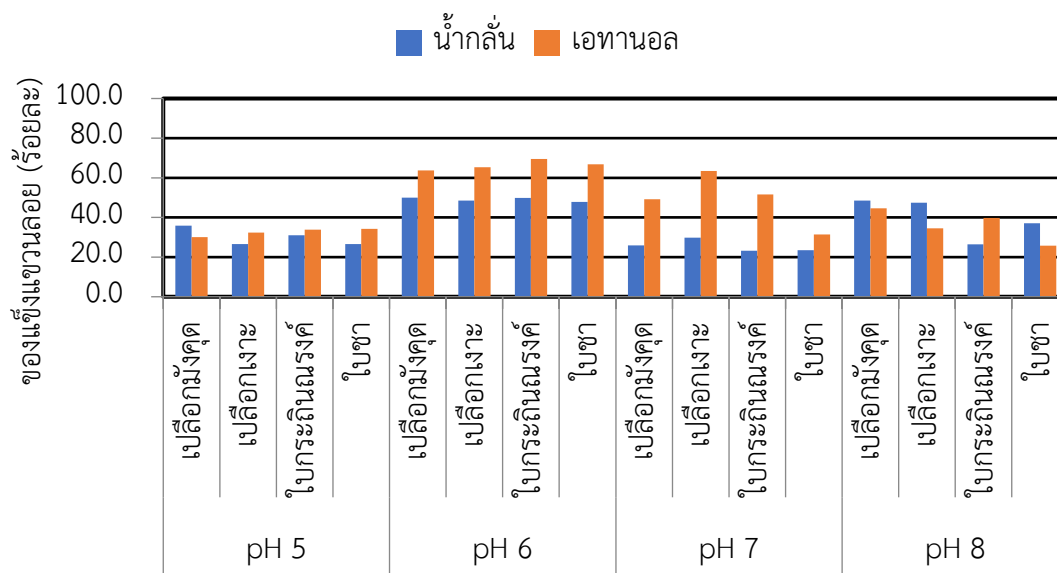
สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 27.17 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 35.90) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาสามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะได้ เท่ากับ 26.47 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 34.97) พืช 6 สารสกัดแทนนินจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดความชุ่มชื้นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 52.63 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 69.86) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นโดยเปลือกมังคุดสามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 37.70 ± 0.08 เอ็นทียู (ร้อยละ 50.04) พืช 7 สารสกัดแทนนินด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดความชุ่มชื้นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 48.20 ± 0.07 เอ็นทียู (ร้อยละ 63.81) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 22.47 ± 0.14 เอ็นทียู (ร้อยละ 29.74) พืช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 36.83 ± 0.08 เอ็นทียู (ร้อยละ 48.52) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดความชุ่มชื้นจากน้ำชะขยะได้ เท่ากับ 34.33 ± 0.38 เอ็นทียู (ร้อยละ 45.23) จะเห็นได้ว่าในการศึกษาการบำบัดความชุ่มชื้นด้วยแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากวัสดุ 4 ชนิดสามารถสร้างตะกอนจับกับน้ำชะขยะสังเคราะห์และมีแนวโน้มลดความชุ่มชื้นได้ดีที่พืช 6



3.5 ของแข็งแขวนลอย (TSS)



ภาพประกอบที่ 14 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

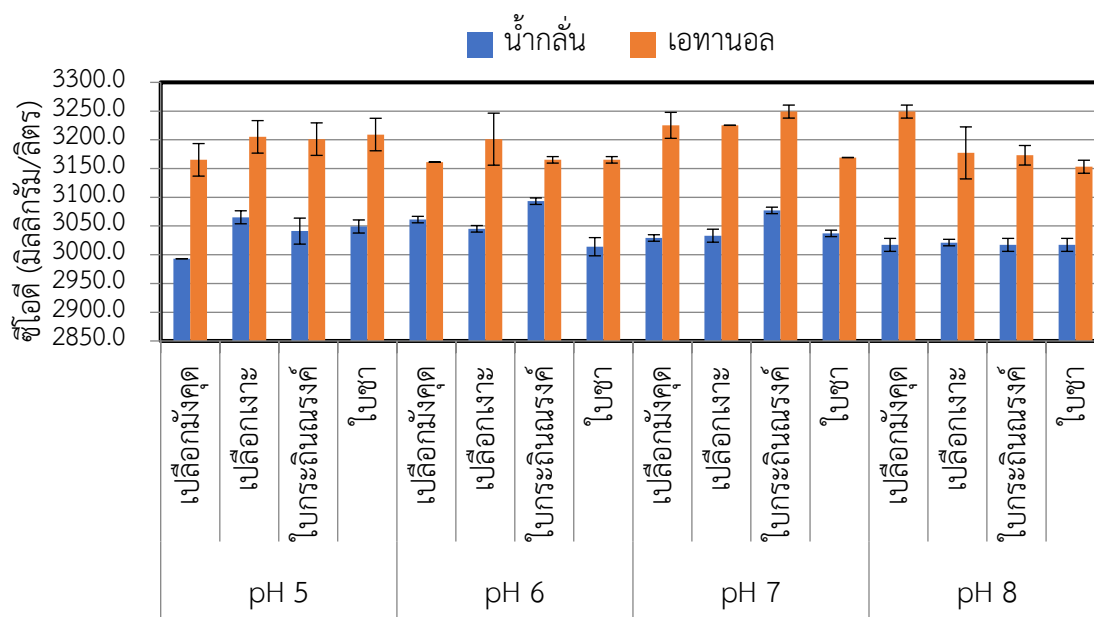


ภาพประกอบที่ 15 ร้อยละการบำบัดของแข็งแขวนลอยของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

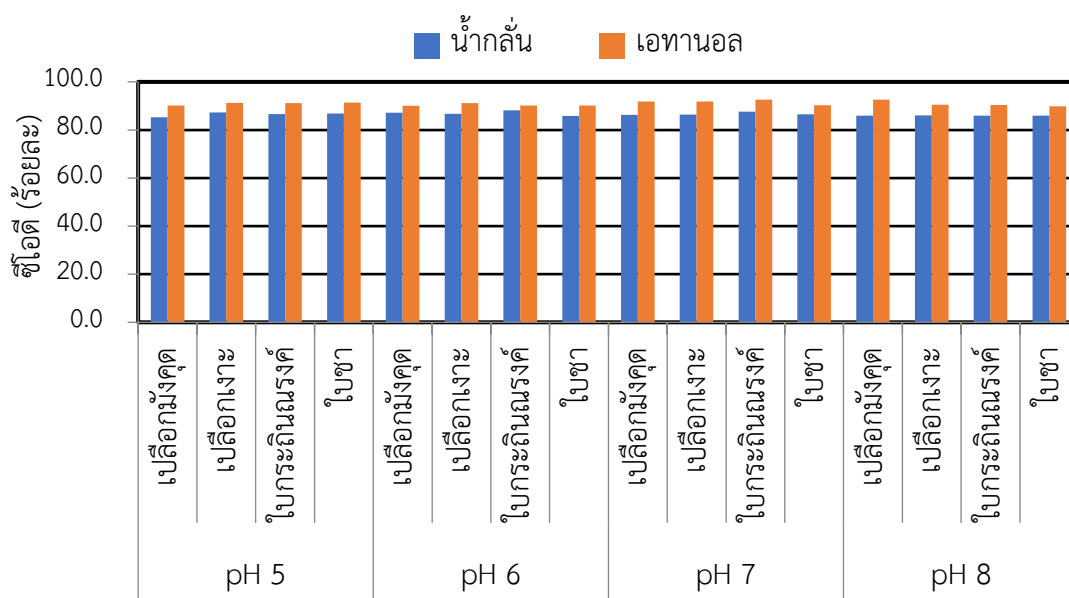
สารแขวนลอย (Suspension) หมายถึง สารผสมของสารที่ต่างชนิดกันไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และมีอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตร เราสามารถมองเห็นอนุภาคของสารชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด ลอยกระจายอยู่ในสารอีกชนิดหนึ่งที่เป็นตัวกลางได้ด้วยตาเปล่า เมื่อตั้งทิ้งไว้สักพักจะตกตะกอน สามารถแยกสารแขวนลอยที่อยู่ในสารเนื้อผสมออกมาได้ด้วยการกรอง สารแขวนลอยจะใหญ่กว่า อนุภาคของสารคอลลอยด์ (มิตร นิรันดร์, 2565)

จากภาพประกอบที่ 14 และ ภาพประกอบที่ 15 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำกลั่นมีแนวโน้มลดลง โดยที่พีเอช 6 แทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 144.89 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.53) และ สารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดเท่ากับ 104.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 50.04) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 75.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 35.90) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 71.70 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 34.26) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลจากใบกระถินณรงค์สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 144.89 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.53) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 104.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 50.04) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 132.48 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 63.41) สารแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 62.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 29.74) และพีเอช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ 101.88 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 48.53) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุดเท่ากับ 93.69 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 44.63)

3.6 ซีไอดี



ภาพประกอบที่ 16 ประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปเลียมังคุด เปเลียมะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

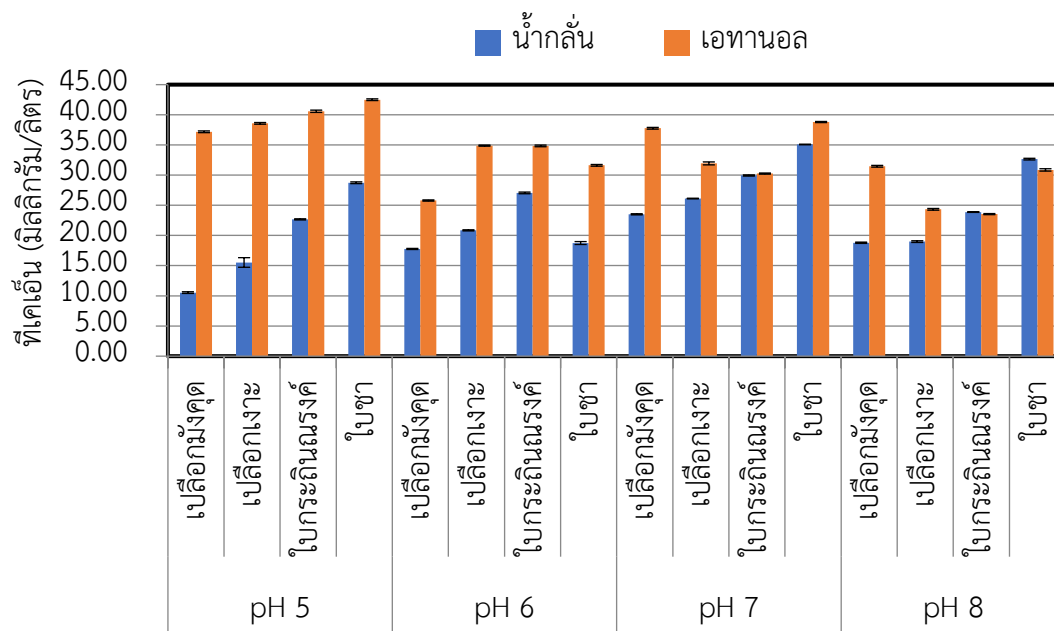


ภาพประกอบที่ 17 ร้อยละการบำบัดซีไอดีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปเลียมังคุด เปเลียมะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

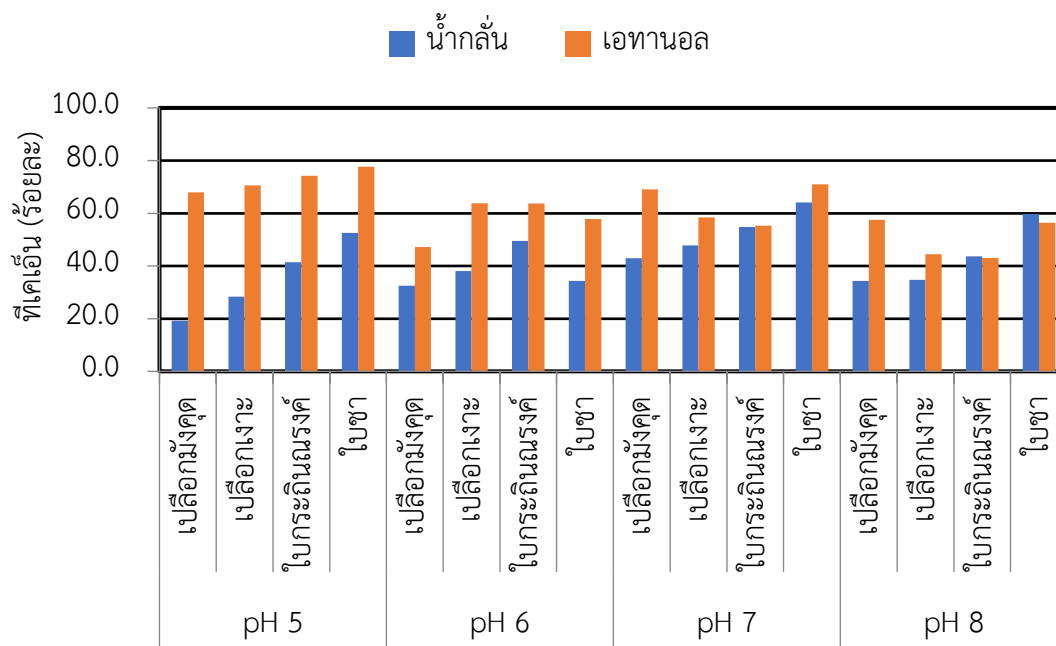
ซีโอดี คือ Chemical Oxygen Demand ค่าที่บอกคุณภาพของน้ำ แสดงความสกปรกของน้ำเสียจากบ้านเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรม วิธีหาค่า ซีโอดี โดยใช้สารเคมีซึ่งเป็นออกซิไดซิงเอเจนต์ ที่สามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ แล้ววัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้เพื่อการออกซิไดส์สารอินทรีย์นั้น ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในสภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและมีอุณหภูมิสูง น้ำที่มีค่าซีโอดีสูงแสดงว่ามีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์สูงแสดงถึงแหล่งน้ำมีความสกปรกมาก (สุทธรรศน์, 2566)

จากภาพประกอบที่ 16 และภาพประกอบที่ 17 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา สามารถบำบัดซีโอดีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 7 และเปลือกมังคุดที่พีเอช 8 สามารถบำบัดซีโอดีจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) และ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) ตามลำดับ

4.3.7 ทีเคเอ็น



ภาพประกอบที่ 18 ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจากการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



ภาพประกอบที่ 19 ร้อยละการบำบัดที่เคเอ็นจากการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปือกม้งคุด เปือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

ธาตุไนโตรเจน เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต โดยการนำมาใช้สร้างโปรตีนกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของยีน และสารประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ ถึงแม้เราจะพบไนโตรเจน ในบรรยากาศ แต่มีสิ่งมีชีวิตเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ได้โดยตรง โดยสิ่งมีชีวิตที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้แก่แบคทีเรียและสาหร่ายบางชนิด ดังนั้นสิ่งมีชีวิตอื่น จะได้รับไนโตรเจนจากการบริโภคสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองประกอบกันเป็นห่วงโซ่อาหารหากมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปสิ่งมีชีวิตที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ก็จะเจริญเติบโตมากเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีหรือแพลงก์ตอนบูม (Plankton blooms) จึงควรมีการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนก่อนการปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (ภิญโญ, 2542)

จากภาพประกอบที่ 18 และภาพประกอบที่ 19 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นจากการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปือกม้งคุด เปือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปือกม้งคุด เปือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มลดลงโดยที่พีเอช 5 ใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 42.50 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 77.72) และสารแทนนินที่สกัดด้วย น้ำกลั่นที่พีเอช 7 จากใบชาสามารถลดซีโอดีได้ดีที่สุด เท่ากับ 35.08 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 64.16) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด

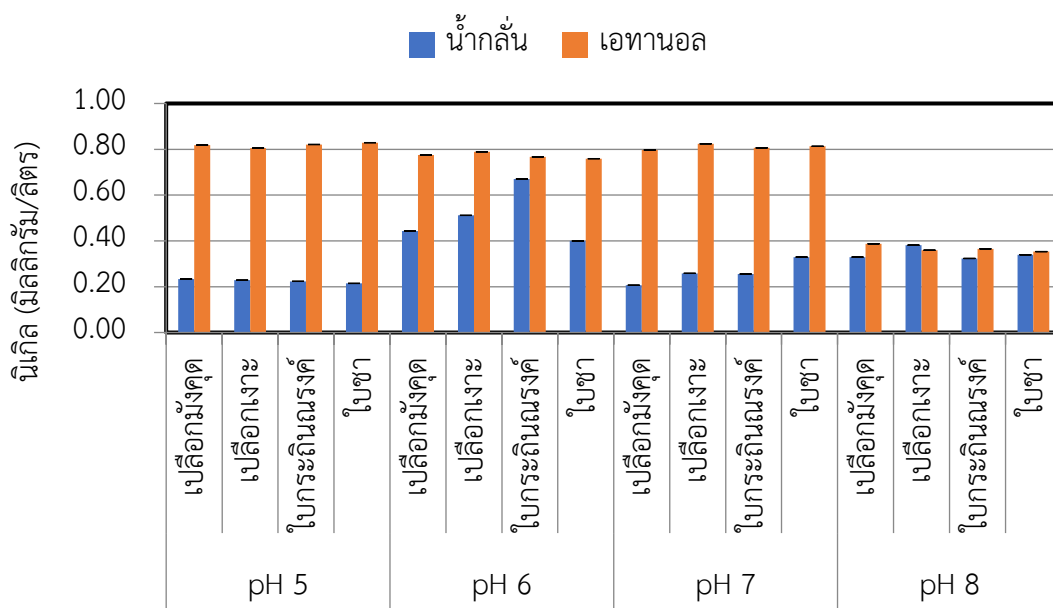
สามารถบำบัดที่เคเอ็นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 42.50 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 77.72) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 28.73 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 52.55) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดที่เคเอ็นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 34.89 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 63.81) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 27.05 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 49.48) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดที่เคเอ็นของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 38.80 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 70.96) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 35.08 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 64.16) พีเอช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากจากใบชา สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 32.65 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 59.72) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 31.47 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 57.56)

3.8 โลหะหนัก

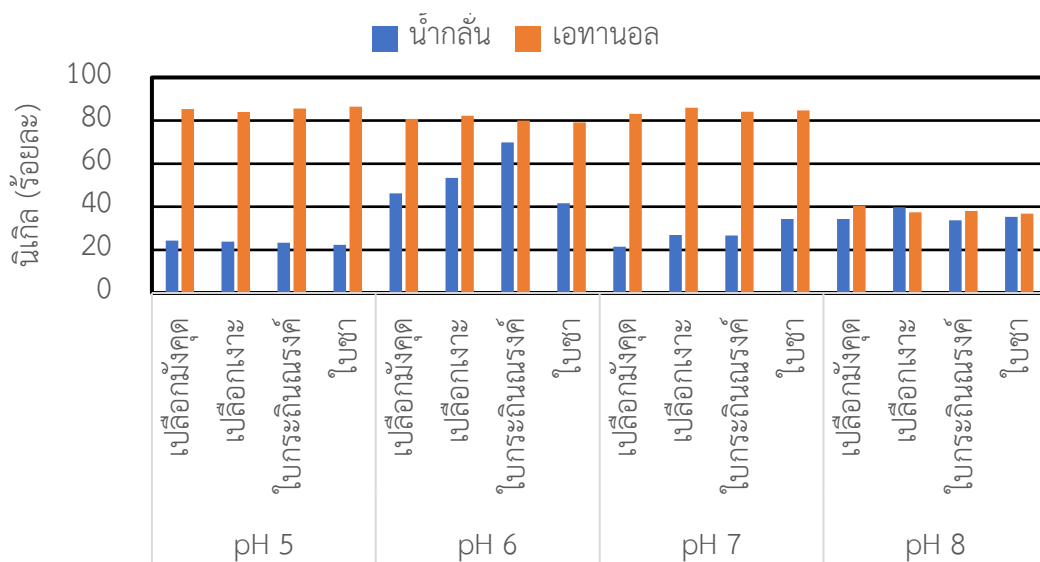
ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาโลหะหนักที่มีการปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์อยู่ 4 ชนิด ได้แก่ นิเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมกนีเซียม (Mn) ซึ่งโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด มีทั้งที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และมีความเป็นพิษต่อร่างกาย โลหะหนักเป็นวัตถุอันตรายที่หลายภาคส่วนนำมาใช้ในการกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งด้านอุตสาหกรรม เช่นการผลิตพลาสติก สี หรือ ถ่านไฟฉาย หรือด้านการเกษตร จะมีโลหะหนักเป็นส่วนผสมในยาฆ่าแมลงและปุ๋ยต่าง ๆ ซึ่งจากการวิเคราะห์จะเห็นว่าปริมาณของโลหะหนักทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

พูน ปณ จิต ชีวะ

1) นิเกิล



ภาพประกอบที่ 20 ประสิทธิภาพการบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปอเลอแมงคุด เปอเลอแกงะ ไบกะระณินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

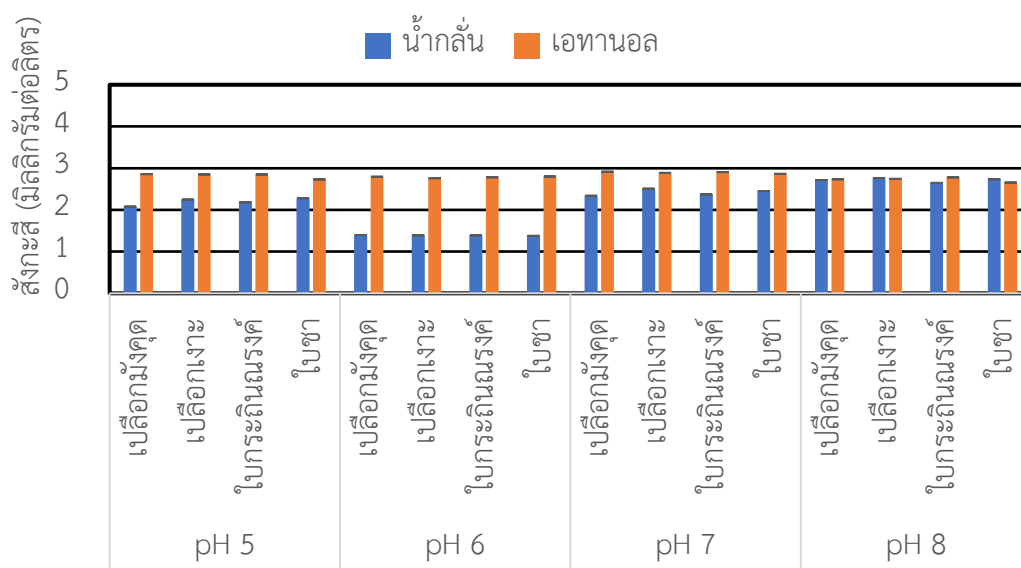


ภาพประกอบที่ 21 ร้อยละการบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปอเลอแมงคุด เปอเลอแกงะ ไบกะระณินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

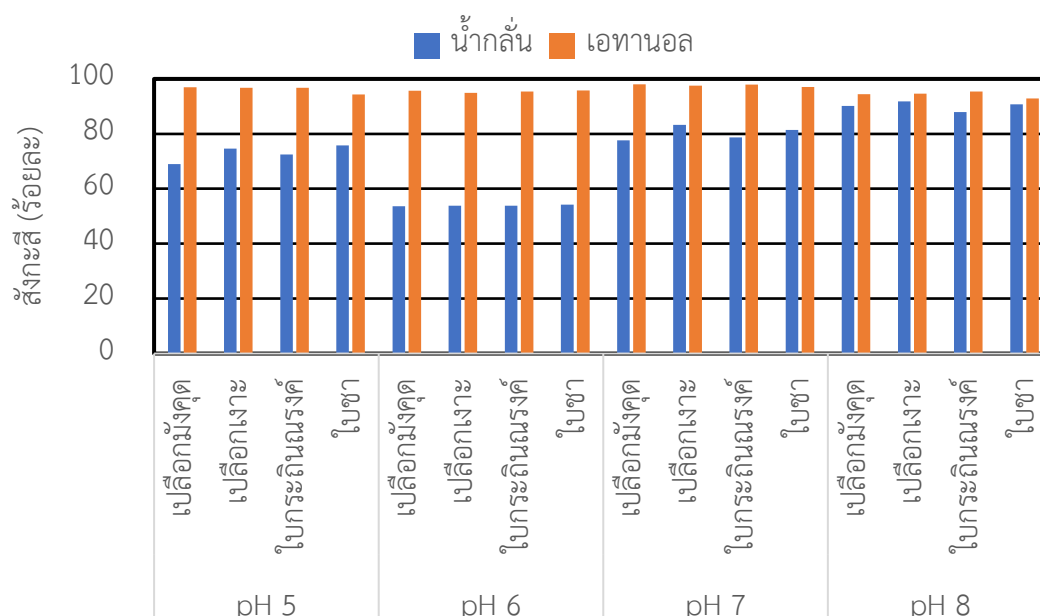
จากภาพประกอบที่ 20 และภาพประกอบที่ 21 แสดงการบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มลดลงโดยที่พีเอช 5 ใบชา สามารถลดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.8290 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 86.45) และสารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากใบกระถินณรงค์บำบัดนิเกิลจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด ที่พีเอช 6 เท่ากับ 0.6702 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.89) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชา สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.8290 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 86.45) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.2334 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 24.34) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.7890 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 82.28) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบกระถินณรงค์สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.6702 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.89) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดนิเกิลของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.8240 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 85.93) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.3294 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 34.34) และพีเอช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดสามารถบำบัดนิเกิลจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.3873 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 40.39) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดนิเกิลได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.3813 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 39.76)

พูน ปณ จิต ชเว

2) สังกะสี



ภาพประกอบที่ 22 ประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

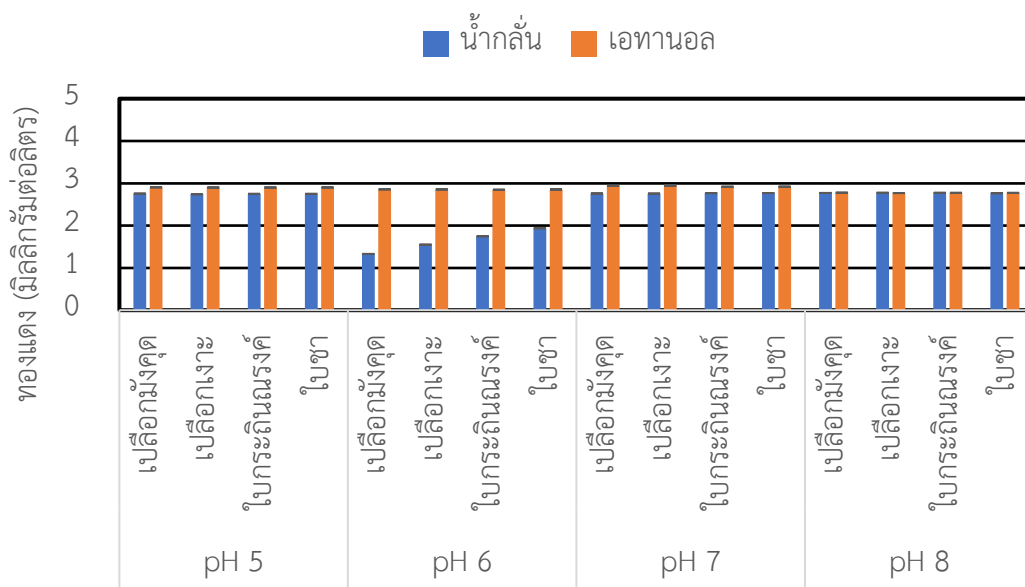


ภาพประกอบที่ 23 ร้อยละการบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

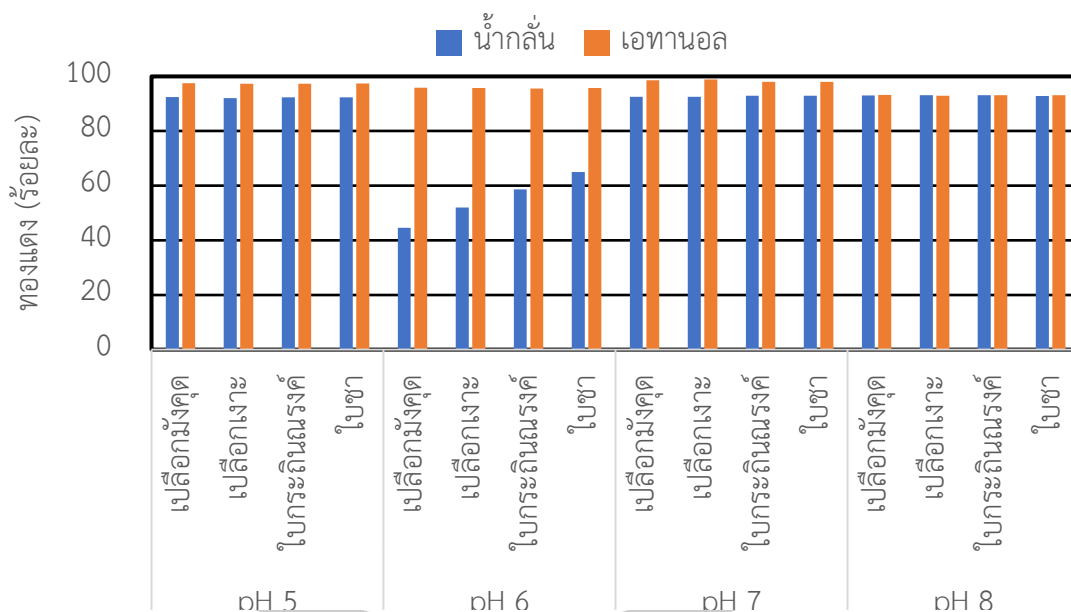
จากภาพประกอบที่ 22 และภาพประกอบที่ 23 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วย เอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา สามารถบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดที่พีเอช 7 สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.9152 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.06) และสารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด ที่พีเอช 8 เท่ากับ 2.7634 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 91.76) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.8576 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 96.91) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.2807 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 75.73) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชา สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.8003 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 95.76) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.3970 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 54.24) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดจากเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดสังกะสีของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด 2.9152 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.06) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดสังกะสีได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.5083 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 83.29) และเอช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดสังกะสีจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุดเท่ากับ 2.7802 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 95.35) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดสังกะสีจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.7634 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 91.76)

พูน ปณ จิต ชเว

3) ทองแดง



ภาพประกอบที่ 24 ประสิทธิภาพการบำบัดทองแดงของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเป็ลือกม้งคุด เป็ลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

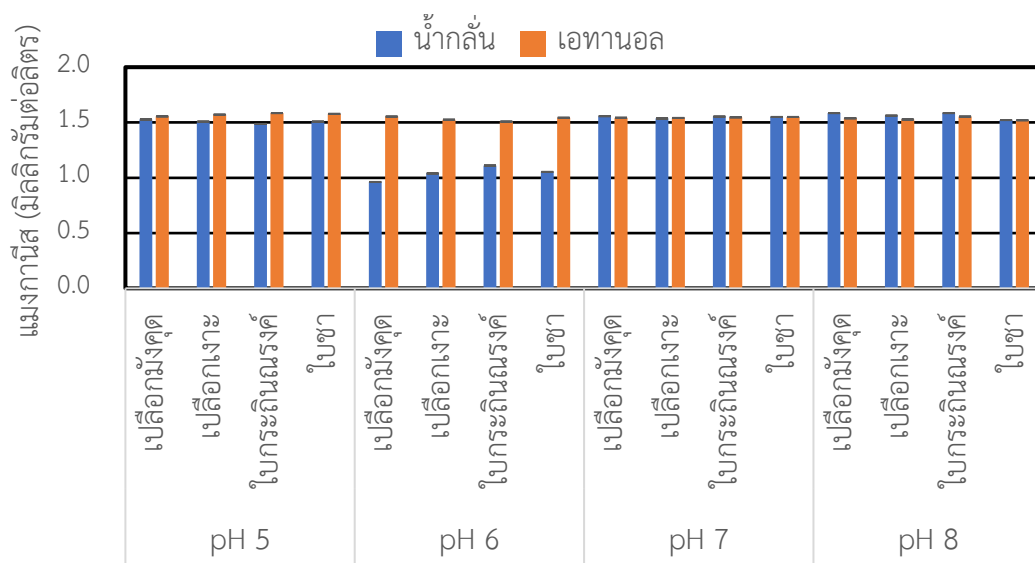


ภาพประกอบที่ 25 ร้อยละการบำบัดทองแดงของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเป็ลือกม้งคุด เป็ลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

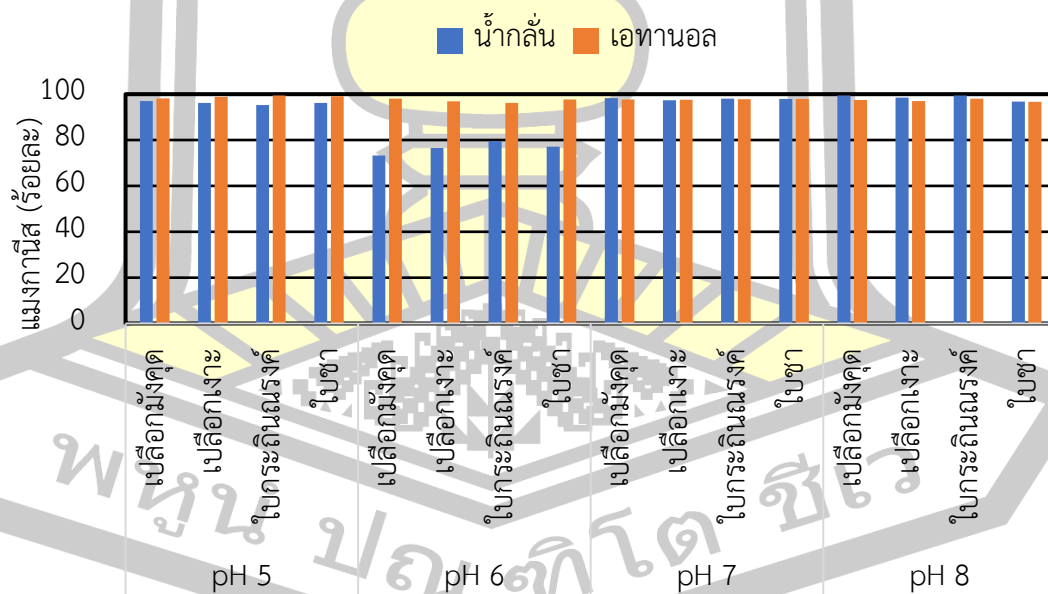
จากภาพประกอบที่ 24 และภาพประกอบที่ 25 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดทองแดงของ น้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำ กลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลมี แนวโน้มลดลงโดยที่พีเอช 7 สารสกัดแทนนินด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะ สามารถลดทองแดงจาก น้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.9451 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.85) และสารสกัด แทนนินด้วยน้ำกลั่นจากใบชาบำบัดทองแดงจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด ที่พีเอช 7 เท่ากับ 2.7692 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.95) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุ ทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดทองแดงของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสาร แทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.9040 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 97.48) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.7553 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.49) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดทองแดงของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด สามารถ บำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.8561 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 95.87) ในขณะที่สาร แทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.9376 ± 0.00 มิลลิกรัม ต่อลิตร (ร้อยละ 65.04) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัด ทองแดงของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทา นอลจากเปลือกเงาะ สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.9451 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.86) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบชา สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.7692 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.95) และพีเอช 8 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทา นอลจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.7781 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 93.25) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกเงาะสามารถบำบัดทองแดงได้สูงที่สุด เท่ากับ 2.7754 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 93.16)

พูน ปรณ จิต ชเว

4) แมกานีส



ภาพประกอบที่ 26 ประสิทธิภาพการบำบัดแมกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



ภาพประกอบที่ 27 ร้อยละการบำบัดแมกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

จากภาพประกอบที่ 26 และภาพประกอบที่ 27 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 พบว่า สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา ที่สกัดด้วยเอทานอลมีแนวโน้มลดลงโดยที่ พีเอช 5 สารสกัดแทนนินสกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดแมงกานีสจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.58487 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 99.41) และสารสกัดแทนนินด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดบำบัดแมงกานีสจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด ที่พีเอช 7 เท่ากับ 1.55687 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.24) พีเอช 5 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.58487 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 99.41) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.52712 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 96.99) พีเอช 6 สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.55337 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.09) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากใบกระถินณรงค์ สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.11062 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 79.55) พีเอช 7 สารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำจากเปลือกมังคุด สามารถบำบัดแมงกานีสจากน้ำชะขยะสังเคราะห์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.55687 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.24) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชา สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.54987 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 97.95) และพีเอช 8 สารแทนนินที่สกัดจากน้ำกลั่นของวัสดุทั้ง 4 ชนิด สามารถบำบัดแมงกานีสของน้ำชะขยะได้ดีกว่าแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอล โดยสารแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากเปลือกมังคุดและใบกระถินณรงค์สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.58487 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 99.41) และ 1.58487 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 99.41) ในขณะที่สารแทนนินที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์สามารถบำบัดแมงกานีสได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.55337 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.09)

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผล

การสกัดแทนนินจากวัชสุพรรณชาติเพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ และเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์ ที่น้ำหนัก 0.05, 0.10 และ 0.15 กรัม ตัวทำละลาย คือ น้ำกลั่นและเอทานอลที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 30, 60, 90, 120 และ 180 นาที การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยใช้สารแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา โดยนำปริมาณแทนนินสูงสุดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์และใบชาที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล โดยใช้ความเข้มข้นแทนนิน เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อ 1 ลิตรของน้ำชะขยะสังเคราะห์ ปรับพีเอชที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที เวลา 3 นาที กวนช้าความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที เวลา 30 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่ระยะเวลา 30 นาที สรุปผลการศึกษา ดังนี้

1) การศึกษาการสกัดสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบชา และใบกระถินณรงค์

1. ปริมาณแทนนินจากเปลือกมังคุด 0.05 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 187.71 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกมังคุด 0.10 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 132.57 กรัม/กิโลกรัม

2. ปริมาณแทนนินจากเปลือกเงาะ 0.10 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 394.50 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดเปลือกเงาะ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 299.68 กรัม/กิโลกรัม

3. ปริมาณแทนนินจากใบชา 0.15 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 205.87 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบชา 0.10 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 290.25 กรัม/กิโลกรัม

4. ปริมาณแทนนินจากใบกระถินณรงค์ 0.15 กรัม ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 152.30 กรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดใบกระถิน

ณรงค์ 0.05 กรัม ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า มีแทนนินมากที่สุด เท่ากับ 83.43 กรัม/กิโลกรัม

2) การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์โดยใช้สารแทนนินจากเปลือกมังคุด เปลือกเงาะ ใบกระถินณรงค์ และใบชา

1. ค่าพีเอชเมื่อสกัดแทนนินโดยใช้น้ำกลั่นมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชจากน้ำชะขยะสังเคราะห์เริ่มต้นเพียงเล็กน้อย เมื่อสกัดแทนนินโดยใช้เอทานอลพบว่าค่าพีเอชของน้ำชะขยะสังเคราะห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น

2. อุณหภูมิเฉลี่ยของการบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์เท่ากับ 25.2 ± 0.03 องศาเซลเซียส

3. การบำบัดน้ำชะขยะด้วยแทนนินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีแนวโน้มลดค่าการนำไฟฟ้าได้ดีกว่า แทนนินที่สกัดด้วยเอทานอล โดยที่พีเอช 7 แทนนินจากใบชาที่สกัดด้วยน้ำกลั่นสามารถลดค่าการนำไฟฟ้าได้มากที่สุด เท่ากับ 7.27 ± 0.12 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร

4. การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์พบว่าค่าความขุ่นมีแนวโน้มลดลงที่พีเอช 6 และสามารถลดความขุ่นได้ดีที่สุด เท่ากับ 52.63 ± 0.05 เอ็นทียู (ร้อยละ 69.86)

5. การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 6 สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุดเท่ากับ 144.89 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 69.53)

6. การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 7 และเปลือกมังคุดที่พีเอช 8 สามารถบำบัดซีโอไซด์ได้ดีที่สุด เท่ากับ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) และ $3,249.2 \pm 11.31$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 92.56) ตามลำดับ

7. การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาที่พีเอช 5 สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้ดีที่สุด เท่ากับ 42.50 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 77.72)

8. การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบชาที่พีเอช 5 สามารถบำบัด นิเกิลได้ดีที่สุด 0.8180 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 85.30)

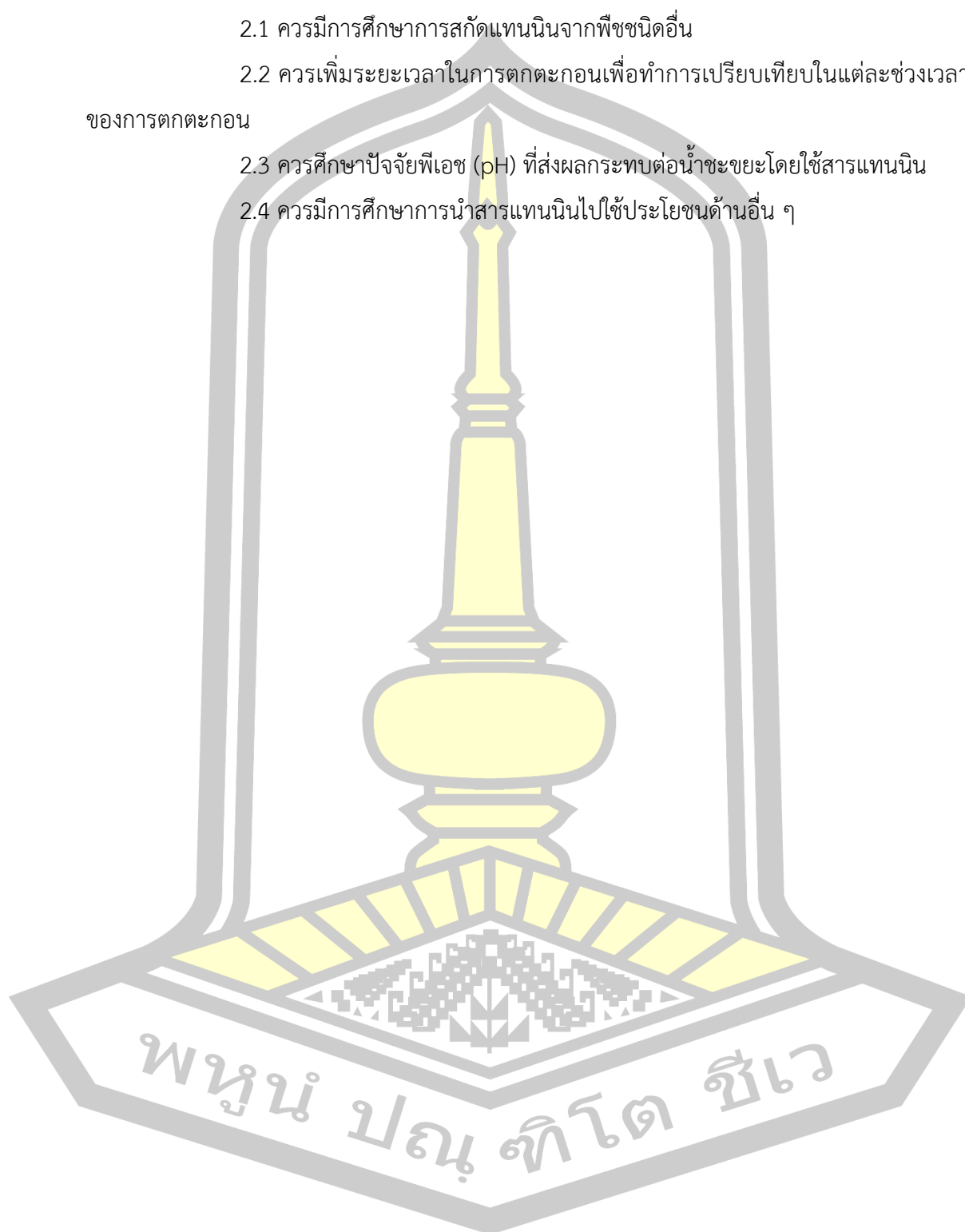
9. การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกมังคุดที่พีเอช 7 สามารถบำบัดสังกะสีได้ดีที่สุด เท่ากับ 2.91 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.06)

10. การบำบัดด้วยน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากเปลือกเงาะที่พีเอช 7 สามารถบำบัดทองแดงได้ดีที่สุด เท่ากับ 2.94 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.63)

11. การบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์ที่สกัดด้วยเอทานอลจากใบกระถินณรงค์ที่พีเอช 5 สามารถบำบัดแมงกานีสได้ดีที่สุด เท่ากับ 1.58 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 98.82)

2. ข้อเสนอแนะ

- 2.1 ควรมีการศึกษาการสกัดแทนนินจากพืชชนิดอื่น
- 2.2 ควรเพิ่มระยะเวลาในการตกตะกอนเพื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาของการตกตะกอน
- 2.3 ควรศึกษาปัจจัยพีเอช (pH) ที่ส่งผลกระทบต่อน้ำชะขยะโดยใช้สารแทนนิน
- 2.4 ควรมีการศึกษาการนำสารแทนนินไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ



บรรณานุกรม



กณชนก วงษ์สุขสิน. 2558. การสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการระดับชาติ งานวิจัย เพื่อพัฒนาท้องถิ่น ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. แนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้น การลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล. http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_sanitarylandfill.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563.

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม. สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2563.

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2560. ขยะมูลฝอยและการใช้ประโยชน์. สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2563.

เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2537. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มิตรนภาการพิมพ์.

คู่มือจัดการขยะกองอาคารสถานที่. 2561. คู่มือการจัดเก็บและจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ. 2558. สารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง. วารสารนทรี, (1), 52-53.

ชิดชม อีรางะ และ วิภา สุโรจน์เมธากุล. 2537. การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย. วารสารวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 28(4), 578-586.

นรินทร์ เจริญพันธ์ และคณะ. 2563. “องค์ประกอบทางเคมีและแนวโน้มการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ และ เศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลไม้เซตร้อน 4 ชนิด.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1:121.

นันทวรรณ บุญยะประภัตร. 2542. “สมุนไพรไม้พื้นบ้าน เล่ม 4.” กรุงเทพฯ. 823.

ปริญญช พัฒนาการค้า. 2558. การบำบัดน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเก่าด้วยกระบวนการโฟโต คะไลติกโดยใช้ไทเทเนียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ปาริชาติ พจนศิลป์ และคณะ. 2561. การสกัดแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน. พัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวให้เพียงพอับความต้องการภายใต้แผนบูรณาการ วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม. สถาบันวิจัยพืชสวน.

พรพิมล พิมลรัตน์ และคณะ. 2560. การสกัดแทนนินจากใบหูกวาง: วิธีการเตรียมอย่างง่ายและการประยุกต์ใช้ในปลาสมอง. สาขาวิชาการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร.

นฤมล ประดิษฐ์เสรี. 2556. การบำบัดน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบด้วยวิธีเฟินต้น. สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปทุมณาริ สัมภาวะผล. 2554. การสกัด องค์ประกอบ คุณสมบัติบางประการ และการประยุกต์ใช้ของสารสกัดแทนนินจากวัสดุเศษเหลือของพืช. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พัฒน์ สุจำนงค์. 2539. อนามัยสิ่งแวดล้อม. เชียงใหม่: หน่วยวารสารวิชาการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภริติย์ ชินโรจน์บรรกุล. 2557. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2555. เรื่องน้ำรู้เกี่ยวกับชา ตอนที่ 1:สายพันธุ์ชา. ได้จาก www.mfu.ac.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2542. วิศวกรรมการประปา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

มัลลิกา ปัญญาคะโป. 2556. การบำบัดน้ำและน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี. มหาวิทยาลัยศิลปากร พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม.

ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี. 2551. สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภา พลันสังเกต. 2542. *ฤทธิ์ด้านจุลชีพและประสิทธิภาพในการตกตะกอนกับไฮออนโลหะของสารสกัดแทนนินจากพืชบางชนิด*. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2537. “การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย.” *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* 28(4):578–86.

วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ. 2557. *การสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพา*. สาขาเทคโนโลยีไม้ คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี.

ศักดิ์สิทธิ์ ฤกษ์สุข. 2562. *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกองค และเปลือกทับทิม*. สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม.

ศูนย์ปฏิบัติการพืชเศรษฐกิจ. 2542. *กระถินณรงค์*. ได้จาก http://www.dnp.go.th/EPAC/plant_economic/01krathinnarong.htm. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน. 2554. *การผลิตไม้ผลเมืองร้อน*. ได้จาก <http://www.natres.psu.ac.th/researchcenter/tropicalfruit/agrarian-i>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

ศูนย์วิทยบริการสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2555. *เคล็ด(ไม่)ลับเลือกดื่ม ชาเพื่อสุขภาพ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

สมศักดิ์ วรมงคลชัย. 2532. *การสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางในคอลัมน์แบบพัลล์ประเภทวงแหวนกับจาน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สารานุกรมพืช. 2562. *ต้นกระถินณรงค์*. ได้จาก <http://www.dnp.go.th/botany/mindexdictdetail.aspx?runno=205>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

สุกัญญา ตาลสิทธิ์. 2560. *ผลไม้ไทย*. ได้จาก <https://sites.google.com/site/fruit1234m/phl-mithiy/ngeaa>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

สุวรรณค์ วงษ์ศิริ. 2536. การสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สุภัตรา กองตา. 2563. การสกัดแทนนินจากเศษไม้และการประยุกต์ให้เป็นฟิล์มแทนนินชีวภาพเพื่อ
ยับยั้ง *Aspergillus flavus* ในกระเทียม. หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

สีตโรกียะสา แซแมง, อัสลีนา เละสัน และ ปิยศิริ สุนทรนนท์ สิ้นไชย 2564. “การหาปริมาณและการ
ต้านอนุมูลอิสระของแทนนินในสารสกัดหยาบใบพุทรา.” งานประชุมวิชาการระดับชาติ
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6 “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับวิถี
ชีวิตใหม่ เพื่อความยั่งยืน”.

อัญมณี ปินทะบุตร. 2540. การสกัดแทนนินจากเปลือกลูกตาล. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันราช ภัฏเพชรบุรี.

อิสราภรณ์ หริมพานิช. 2552. การสกัดกอนโลหะหนักด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง.
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.E., Hagerman. 1988. “Extraction of Tannin from Fresh and Preserved Leaves.”
Jouranl Chemical Ecology 14:453–61.

A.A., Halim et al. 2011. “Ammonia and COD Removal from Synthetic Leachate Using
Rice Husk Composite Adsorbent.” *Journal of Urban and Environmental
Engineering* 5(1):24–3124.

V., Kumar et al. 2017. “Applications of Natural Coagulants to Treat Wastewater – A
Review.” *Journal of MATEC Web of Conferences*.

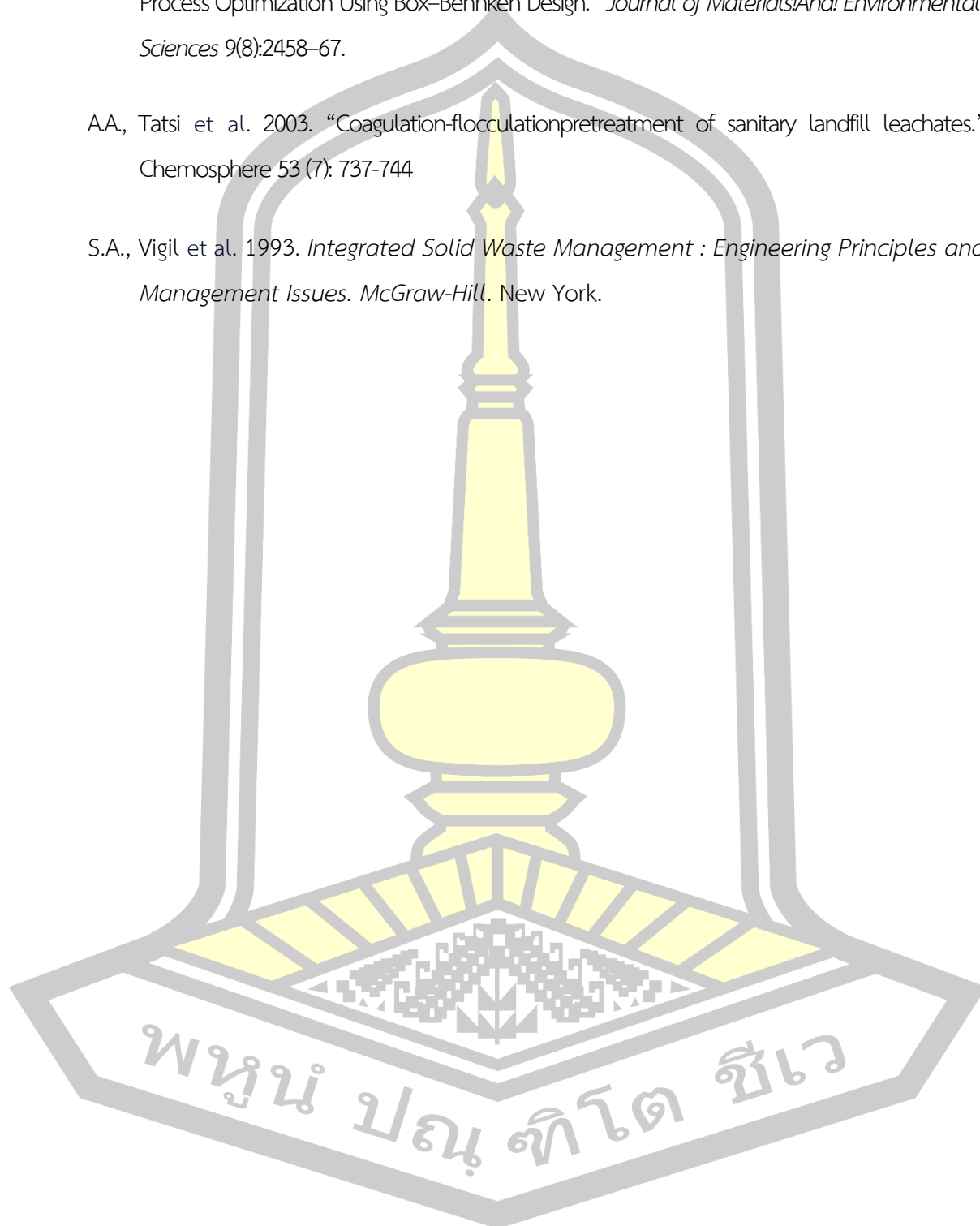
M.J., Hammer. 1996. *Water and Wastewater Technology*. 3d Ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Graciela Palma et al. 2003. “Removal of Metal Ions by Modified Pinus Radiata Bark
and Tannin from Water Solutions.” *Water Research* 37:4974–80.

M., Taoufik et al. 2018. "Treatment of Landfill Leachate by Coagulation-Flocculation with FeCl_3 : Process Optimization Using Box-Behnken Design." *Journal of Materials and Environmental Sciences* 9(8):2458–67.

AA., Tatsi et al. 2003. "Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates." *Chemosphere* 53 (7): 737-744

S.A., Vigil et al. 1993. *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill. New York.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวจิตราพร อาษาจิตร
วันเกิด 21 พฤษภาคม 2537
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 27 ม.5 ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร 35150
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2562 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะ
สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2567 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่าง
ยั่งยืน คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปรณ จิตโต ชีเว