



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย

Tannin Extract from Cassava Leaves for Waste Water Treatment

นามผู้วิจัย นางสาวฤทัยรัตน์ น้อยคนดี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วัลลภ อารีรบ, Dr.Agr.Sci.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุทธชาย กำเนิดมณี, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทรแก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย

Tannin Extract from Cassava Leaves for Waste Water Treatment

โดย

นางสาวฤทัยรัตน์ น้อยคนดี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2551

ฤทัยรัตน์ น้อยคนตี 2551: สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วัลลภ อาริรบ,
Dr.Agr.Sci. 122 หน้า

การศึกษาสารสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สารสกัดที่เหมาะสมที่สามารถสกัดสารแทนนินมากที่สุด ที่เวลาการสกัด 5 ชั่วโมง คือ อะซิโตน 80% โดยสามารถสกัดสารแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ได้ 8.829 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดที่สามารถสกัดได้ีรอลงมา คือ อะซิโตน 60% , 90% และ 70% ตามลำดับ ซึ่งสามารถสกัดสารแทนนินได้ 8.822, 8.820 และ 8.815 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ ปริมาณสารแทนนินที่อะซิโตน 60% สามารถสกัดได้มากที่สุด ที่เวลา 5 ชั่วโมง คือ 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น เท่ากับ ปริมาณสารแทนนินที่เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดได้ทีละระยะเวลาเท่ากัน ส่วนน้ำกลั่นสามารถสกัดสารแทนนินได้ในปริมาณที่น้อยกว่า คือ 1.111 มิลลิกรัมต่อลิตร ทีละระยะเวลาสกัดเท่ากัน

ผลการศึกษา ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย พบว่า สารสกัดแทนนิน สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี เรื่อง ค่าความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ค่าการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ (DO) และค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพในแหล่งน้ำ (BOD) ผลจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีทั้ง 4 ตัวนี้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนอุณหภูมิ และค่าพีเอช พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า สารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้ดีที่สุด คือ อะซิโตน 80% และสารสกัดแทนนินสามารถบำบัดน้ำเสีย เรื่อง ค่าความขุ่น การนำไฟฟ้า ค่าการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ (DO) และค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ (BOD) ได้เป็นอย่างดี

Ruthairat Noikondee 2008: Tannin Extract from Cassava Leaves for Waste Water Treatment. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Wallop Arirob, Dr.Agr.Sci. 122 pages.

The research of tannin extraction from cassava leaves demonstrate that tannin extract would be extracted very well about 8.829 milligram per liter by using acetone 80% at 5 hours of time. The runner up of acetone 80% are acetone 60% , 90% and 70% which can produce tannin extraction 8.822, 8.820 and 8.815 milligram per liter in sequence in the same period of time. Also, tannin extraction could be extracted at the same amount both ethyl alcohol 80% and acetone 60% in 5 hours. In addition, water could be employed to extract tannin extraction as well, but in 5 hours water could produce only 1.111 milligram per liter of tannin extraction.

Furthermore, the study of efficiency of waste water treatment shows that tannin extraction is able to treat turbidity of water, electrical conductivity, dissolved the oxygen (DO) and biochemical or biological oxygen demand (BOD). Considering the Least Significant Difference (LSD) by using IRRISTAT 4.3 statistically program at probability 95% indicate that the average of 4 indexes has variance at very high significant but temperature and pH has no difference.

In conclusion, the most efficient to extract tannin extraction from cassava leaves is acetone 80% which can be perfectly applied to treat waste water, turbidity of water, electrical conductivity, dissolved the oxygen (DO) and biochemical or biological oxygen demand (BOD).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วัลลภ อารีรบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และอาจารย์สุคชาย กำเนิดมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และสารเคมีต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วิทยา ปั่นสุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์เชษฐ์ พิชิตกุล คุณสุรพล สืบเสาะ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และอาจารย์ฉลองชัย คุ่มภัย ที่ได้คำแนะนำ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขอกราบขอบพระคุณท่านศาสตราจารย์ชำนาญ ฉัตรแก้ว และรองศาสตราจารย์อิทธิพล ราชศิริเกรียงไกร ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ในการตรวจวิจารณ์ผลงานวิจัย และเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย รวมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะ และข้อคิดต่างๆ ในการทำงาน ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่มีส่วนร่วม และให้การสนับสนุน พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษาต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือเสมอมา และท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่คอยสั่งสอน คอยปลอบใจ เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อย่างเต็มกำลังความสามารถ จนกระทั่งประสบความสำเร็จ

ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี

กันยายน 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	45
อุปกรณ์และสารเคมี	45
การเตรียมการทดลอง	47
วิธีการ	50
ผลและวิจารณ์	55
สรุปและข้อเสนอแนะ	95
สรุป	95
ประโยชน์ที่ได้รับ	96
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	97
ภาคผนวก	103
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)	26
2	ค่ามาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์หา Total Phenlic Compound ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteaus reagent ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร	51
3	สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน	56
4	สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยอะซิโตน ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน	57
5	สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน	58
6	สารสกัดแทนนินที่สกัดได้ จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยสารผสมระหว่างอะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน	61
7	สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยสารผสมระหว่างอะซิโตน 60% กับเอทิลแอลกอฮอล์ 80% จากใบมันสำปะหลังที่มีปริมาณ และระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	63
8	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	66
9	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	66
10	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์ม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	67
11	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ล้อม มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	68
13	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	69
14	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	70
15	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ล้อม มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	70
16	คุณภาพน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง	71
17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัด แทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน	74
18	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัด แทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน	78
19	การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัด แทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน	82
20	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสาร สกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	86
21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และ ระยะเวลาที่แตกต่างกัน	90
22	การเปลี่ยนแปลงค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) ของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	104
2 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	104
3 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	105
4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	105
5 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	106
6 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	106
7 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	107
8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	107
9 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตภัณฑนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
10 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์ม ฝั่งอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	108
11 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์ม ฝั่งอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	109
12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์ม ฝั่งอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	109
13 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	110
14 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	110
15 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	111
16 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	111
17 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ล้อม มหาวิตายาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	112
18 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ล้อม มหาวิตายาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
19 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	113
20 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	113
21 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	114
22 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	114
23 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	115
24 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	115
25 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	116
26 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	116
27 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
28 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	117
29 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	118
30 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	118
31 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	119
32 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	119
33 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ คูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551	120
34 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ คูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551	120
35 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551	121
36 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน สำปะหลังบริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตถัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร	121

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โมเลกุลแทนนิน	7
2 โโมเลกุล Hydrolyzed Tannins ที่ชื่อว่า Gallotannins	9
3 ค่ามาตรฐานการวิเคราะห์หา Total Phenolic Compound โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร	51
4 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	73
5 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	73
6 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	73
7 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	77
8 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	77
9 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	77
10 ค่าความขุ่นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	81
11 ค่าความขุ่นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	81
12 ค่าความขุ่นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	81
13 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	85
15	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	85
16	ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	89
17	ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	89
18	ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	89
19	ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำเสีย ที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	92
20	ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำเสีย ที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	92
21	ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำเสีย ที่ได้รับการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน	92

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

pH	=	ค่าความเป็นกรด-เบส
EC	=	ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity)
DO	=	ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen)
BOD	=	ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (biochemical oxygen demand)
TEM	=	อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (temperature)
°C	=	องศาเซลเซียส (degree Celsius)
TUR	=	ค่าความขุ่นของน้ำ มีหน่วยเป็น NTU (turbidity)
CV	=	Coefficient Variation
LSD	=	Least Significant Difference
ml.	=	มิลลิลิตร
L.	=	ลิตร
ppm.	=	พีพีเอ็ม มีสัดส่วนเป็น หนึ่งในล้านในล้านส่วน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย

Tannin Extract from Cassava Leaves for Waste Water Treatment

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ และมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจาก มนุษย์ต้องใช้น้ำในการอุปโภค การบริโภค การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การคมนาคม ตลอดจนเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวของชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการน้ำ เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ มีมากขึ้น ได้มีผู้ทำการประเมินปริมาณการใช้น้ำของประชากรไว้ว่า ในแต่ละวัน ปริมาณการใช้น้ำต่อประชาชนหนึ่งคน มีปริมาณ 200-400 ลิตรต่อวัน ในจำนวนนี้มีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ แปรสภาพเป็นน้ำเสีย พบว่า น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ มีสิ่งสกปรก และสารเคมีตกค้างอยู่เป็นจำนวนมาก และส่วนใหญ่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ทั้งที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยตรง ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพลง จนไม่สามารถนำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้

ปัญหามลพิษทางน้ำ จัดว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากประการหนึ่ง เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ ปัญหาน้ำเสียจึงเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประชาชนอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านสุขภาพอนามัย ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภค บริโภค การแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำจึงต้องบำบัดคุณภาพน้ำให้ต่ำกว่า หรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

โดยทั่วไปวิธีการบำบัดคุณภาพน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การเติมสารเคมี การใช้เทคโนโลยี หรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อช่วยกำจัดสารพิษที่เจือปนในน้ำ และการเพิ่มก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นการบำบัดโดยวิธีการทางกายภาพ และทางเคมี ที่ใช้เทคโนโลยี และต้นทุนสูง ดังนั้น การพัฒนาวิธีการบำบัดคุณภาพน้ำเสียทางชีวภาพ ด้วยการนำกากของเสีย หรือวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำเสีย ที่ได้ผลดี ไม่มีสารเคมีตกค้าง และใช้ต้นทุนต่ำกว่าอีกด้วย

งานวิจัยนี้ให้ความสนใจการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยใช้สารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ เนื่องจาก พืชมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย จากการสำรวจโดย สมาคมแปรงมันสำปะหลังไทย ร่วมกับสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าราคารับซื้อหัวมันสดทั้งใน และต่างประเทศมีราคาสูงขึ้น อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้เกษตรกรเร่งขยายพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น คุณอภิชาติ จงสกุล เลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เผยว่าช่วงระยะเวลา 1–2 ปีที่ผ่านมา อัตราการส่งออกพืชมันสำปะหลัง มีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากประเทศจีน สั่งนำเข้าเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ใช้ในกีฬาโอลิมปิก อีกทั้งพืชมันสำปะหลัง ยังเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เพื่อใช้เป็นพลังงาน คาดว่าในช่วงเดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกันยายน 2552 ประเทศไทย จะมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสูงถึง 7.824 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิต 28.891 ล้านตัน นอกจากนี้ ปริมาณแปรงมันสำปะหลังที่ประเทศญี่ปุ่นนำเข้าถึงปีละมากกว่า 3.0–3.2 ล้านตันนั้น ร้อยละ 60 เป็นแปรงมันสำปะหลังจากประเทศไทย (ดอกสะเบง, 2551)

นอกจากนี้ มันสำปะหลัง ยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนสภาพอากาศแล้งได้ดี ด้านทานโรค และแมลงสูง ผลผลิตที่นำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ราก หรือที่เรียกว่า หัวมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแปรงมันสำปะหลัง ส่วนอื่นๆ ของลำต้นจึงกลายเป็นเศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรมไปโดยปริยาย แต่แต่ละปีพบเศษเหลือใช้เหล่านี้ในปริมาณที่สูงมาก ได้มีการคิดค้นวิธีการนำเอาเศษเหลือใช้เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น อาทิ เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมัก ที่ผ่านมามีการนำเศษเหลือใช้เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์มากมาย แต่ก็ไม่สามารถกำจัดได้หมด จึงได้คิดค้นวิธีการสกัดเอาสารที่มีประโยชน์ออกมาใช้ เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ขึ้น

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสกัดเอาสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง มาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งนอกจากเป็นการแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำเสียแล้ว ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้เศษเหลือใช้ทางการเกษตรแทนที่จะกลายเป็นของเสียเพื่อรอการกำจัด อันเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังรุนแรงในทุกวันนี้ โดยใช้ธรรมชาติบำบัด รวมทั้งเป็นการบรรเทาภาวะปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคมในภาวะปัจจุบันได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ เพื่อการเผยแพร่ข้อมูลทางด้านการเกษตร และทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นประโยชน์ อันส่งผลให้เกิดความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารสชาติ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง ที่มีผลต่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสียทางกายภาพ และทางเคมี

ขอบเขตการวิจัย

1. ใบมันสำปะหลังที่ใช้ คือ ส่วนของแผ่นใบที่โตเต็มที่ ตากแดดให้แห้งและบดให้ละเอียด
2. สารละลายที่ใช้ในการสกัด คือ น้ำกลั่น อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์
3. ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ที่เลือกใช้ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินในการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย คือ

(1) ทางกายภาพ คือ สี (color) กลิ่น อุณหภูมิ (temperature) ค่าความขุ่น (turbidity) และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

(2) ทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรดเป็นเบส (พีเอช) ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) และ ค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical or Biological Oxygen: BOD)

4. สถานที่ในการศึกษาวิจัย คือ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

5. ระยะเวลาที่ใช้ทำการศึกษาวิจัย คือ ช่วงระยะเวลาระหว่าง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 15 เดือน

การตรวจเอกสาร

การศึกษาวิจัยเรื่อง สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย นั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายส่วนมาประกอบกัน เพื่อความละเอียด และสมบูรณ์ของงาน โดยข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ สารแทนนิน คุณสมบัติของน้ำเสีย ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี และ พืชมันสำปะหลัง เพื่อให้ทราบถึงที่มา และคุณสมบัติด้านต่างๆ รวมทั้งผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้งานวิจัยมีความถูกต้อง และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

1. แทนนิน

1.1 ประวัติ

ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ พบว่า มีการใช้หนังสัตว์ห่อหุ้มร่างกาย และทำรองเท้า เพื่อใช้ในการป้องกันอากาศหนาวเหน็บในเขตหนาว หนังสัตว์ที่นำมาใช้แม้จะทำให้แห้งแล้วก็ตาม แต่มักเกิดการเน่าเปื่อย เมื่อเปียกน้ำ และมีความแข็งแรงกระด้าง มนุษย์ในยุคนั้น พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการนำหนังสัตว์มารมควัน หลังจากนั้นก็มีการใช้น้ำมัน ไขมัน และเกลือ ต่อมาค้นพบหลักฐานทางโบราณคดีว่า มีการใช้สารแทนนิน ฟอกหนังสัตว์ ในสมัยยุคโบราณทางตอนเหนือของเยอรมัน และได้มีการพัฒนาใช้สารแทนนิน ในอุตสาหกรรมการผลิตหนังสัตว์จนถึงปัจจุบัน (พีรศักดิ์, 2544)

นักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่มให้ความเห็นว่าสารแทนนิน อาจเป็นสารที่พืชใช้ในการป้องกันโรค และวัชพืช เนื่องจาก สารกลุ่มนี้มีรสฝาด และขม รวมทั้งยังป้องกันอันตรายจากเชื้อรา และแบคทีเรีย ในบริเวณที่ไม่มีชีวิตของพืช เช่น แก่น และเปลือก ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ อีกทั้ง สารแทนนินยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร พบว่า หากกินเข้าไปมาก จะเกิดอาการเป็นพิษ ทำให้ท้องอืด แต่สามารถลดอันตรายจากการเกิดพิษได้ โดยการทำให้อุณหภูมิของน้ำรับประทาน ตัวอย่างของพืชที่มีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบ เช่น ถั่ว องุ่น ชา กาแฟ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เถา มังคุด สับปะรด และมันสำปะหลัง เป็นต้น (เมธา, 2545)

วิกิพีเดีย (2550) กล่าวว่าไว้ในหัวข้อ สารแทนนินในน้ำชาว่า ในใบชาประกอบด้วย theine (caffeine), volatile oils และ tannin ซึ่งสาร tannin คือ สารกลุ่ม polyphenol ที่มีความสามารถในการ

ตกตะกอนโปรตีน และยังก่อให้เกิดสารประกอบโดยจับกับ polysaccharides, nucleic acids และ alkaloids สารกลุ่ม condensed tannins ได้แก่ proanthocyanidin หรือ flavan-3-ols ส่วน hydrolyzable tannins ได้แก่ glycosylated gallic acids, catechin, gallo catechin, epicatechin, epigallocatechin, kaempferol และ quercetin ส่วน สี กลิ่น และรสของชา ขึ้นอยู่กับปริมาณของสาร catechin ในใบชา ซึ่งฤดูกาลเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว มีผลต่อระดับ ของปริมาณสาร catechin ในใบชา พบว่า ใบชา ในฤดูใบไม้ผลิ (ออกผลรุ่นแรก) มีสาร catechin ประมาณ 12-13 % ขณะที่ใบชาในฤดูร้อน (รุ่นสอง และรุ่นสาม) มีสาร catechin ประมาณ 13-14 % ใบชาอ่อนมีสาร catechin มากกว่าใบชาแก่ โดยที่ ใบชาในระยะแรกมีประมาณ 14 % ระยะที่สองมีประมาณ 13 % ระยะที่สามมีประมาณ 12 % และ ระยะที่สี่ มีประมาณ 12 % สังเกตได้จากรสชาติของชา พบว่า น้ำชาที่ได้จากใบชา รุ่น 2 รุ่น 3 จะมี รสขมกว่า นอกจากนี้พบว่า ในชาดำมีปริมาณสาร catechin น้อยกว่าในชาเขียว แต่มี monoterpene alcohols สูงกว่าชาเขียว จึงมีผู้นิยมกลิ่นของชาดำมากกว่า นอกจากนี้ การชงชา gunpowder 1 กรัม ในน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร พบว่ามีสาร catechin 70 มิลลิกรัม และสาร flavonols 4 มิลลิกรัม

1.2 นิยาม

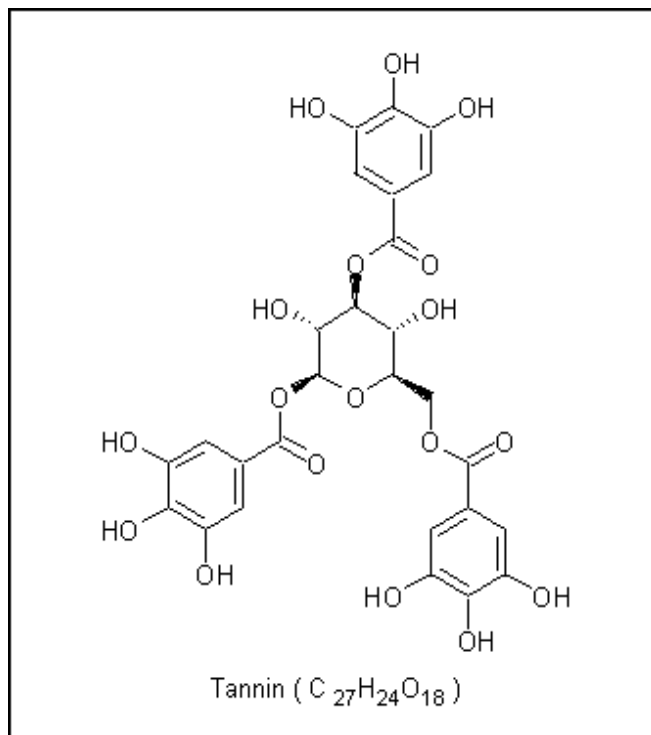
แทนนิน มีรากศัพท์มาจากคำว่า “แทนนิง (tanning)” แปลว่า การรักษาไว้และกันน้ำ แทนนิง คือ กรรมวิธีในการเปลี่ยนหนังสัตว์ที่ตายแล้ว ให้เป็นผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์ ที่สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยการใช้สารสกัดจากพืช

แทนนิน (tannin) เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน มีฤทธิ์เป็นกรด อ่อน มีรสฝาด จึงเป็นสารที่ให้ความฝาดในพืช พบได้ในส่วนต่างๆ ของพืชหลายชนิด สามารถแบ่ง ได้เป็น 2 ประเภท คือ กลุ่มคอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanin) พบในส่วนเปลือกต้น เนื้อไม้ และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และกลุ่ม ไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) ซึ่งเป็นสารแทนนินที่สามารถแตกตัวได้เป็นโมเลกุล ขนาดเล็ก พบมากในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ผล เปลือก ผล และส่วนที่ปูดออกมาจากลำต้น ปกติ เมื่อพืชได้รับอันตราย หรือทำให้เกิดรอยแผล (gall) เป็นต้น แทนนิน มีคุณสมบัติช่วยในการ ตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสัตว์ไม่เน่าเปื่อย จึงมีการใช้สารแทนนินในอุตสาหกรรมการฟอก หนังด้วย ในทางการแพทย์ พบว่า สารแทนนินสามารถใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ นอกจากนี้ยัง พบว่า สารแทนนินบางประเภท มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น theogallin, gallic acid และ ellagic acid เป็นต้น (พิรศักดิ์, 2544)

สารแทนนิน เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ ประกอบด้วย หมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก ขนาดของโมเลกุลมีขนาดใหญ่ และเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500–3,000 (Hung *et.al.*, 2008) นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงคุณสมบัติของการเกิดปฏิกิริยา ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงของฟีนอลได้ อาทิ สามารถตกตะกอนกับโปรตีนประเภทต่างๆ เช่น โมเลกุลของเจลาติน โปรตีนจากหนังสัตว์ ไกลโคไซด์ อัลคาลอยด์ รวมทั้งโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เซลลูโลส และเพคติน เป็นต้น นอกจากนี้ สารละลายแทนนิน ยังมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนักบางชนิด เช่น เหล็ก ตะกั่ว และสังกะสี ได้ (Amelot *et.al.*, 2007) การเกิดปฏิกิริยา พบว่า เมื่อ hydrolysable tannin ทำปฏิกิริยากับเกลือของ ferric เช่น ferric chloride จะให้ตะกอนสีน้ำตาล-ดำ ส่วน condensed tannin จะตกตะกอนสีน้ำตาล-เขียว ในอาณาจักรพืช แทนนินเป็นสาร secondary metabolism กลุ่มสารประกอบ phenolic (Naczyk and Shahidi, 2004)

สารแทนนิน เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นระหว่างที่พืชมีการเจริญเติบโต และเมื่อพืชอยู่ในภาวะ stress เช่น การติดเชื้อ (infection) การเกิดบาดแผล การได้รับรังสี UV และได้รับฮอร์โมน jasmonic acid เป็นต้น (Arnol *et.al.*, 2008) สารแทนนินเป็นสารในกลุ่ม polyphenol ซึ่งสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสาร macromolecule ชนิดอื่นๆ สามารถแบ่งสารแทนนินออกเป็น 2 ชนิด ชนิดแรกคือ hydrolysable tannin ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของ gallic (ellagic acid) ที่มีหมู่เอสเทอร์เชื่อมกับ sugar (Muetzel, 2006 and Osmianski *et.al.*, 2007) เป็นสารที่ถูกย่อย (hydrolysis) ออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้ด้วยกรด หรือ enzyme tannase สารในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็น amorphous มีสีเหลือง-น้ำตาล ละลายในน้ำร้อนได้เป็น colloidal dispersions ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ condensed tannin (proanthocyanin) เป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้ เมื่อได้รับกรดหรือ enzyme tannase จะให้สารสีแดงที่ไม่ละลายน้ำ (phlobaphenes) มีหมู่คาร์บอนเชื่อมต่อกัน (Muetzel, 2006) ซึ่งสาร phlobaphenes เป็นกลุ่มโพลีเมอร์ของ flavonoid (flavan-3-OI) ทั้งนี้คุณสมบัติของ condensed tannins ขึ้นอยู่กับหน่วยโมโนเมอร์ (ตำแหน่งของ hydroxylation และ 2, 3-cis- หรือ 2, 3-trans stereochemistry) (Meagher *et.al.*, 2004)

1.3 สูตรโครงสร้าง



ภาพที่ 1 โมเลกุลแทนนิน

ที่มา: Organic Chem (2550)

1.4 การแบ่งกลุ่มของสารประกอบแทนนิน

สารประกอบแทนนิน มีการกระจายทั่วไปในอาณาจักรพืช เป็นองค์ประกอบของพืชชั้นสูง โดยเฉพาะกลุ่มพืชใบเลี้ยงคู่ พบว่า เป็นวงศ์พืชที่มีปริมาณสารประกอบแทนนินค่อนข้างสูง เช่น combretaceae, fagaceae, hamamelidaceae, leguminosae, myrtaceae, polygonaceae, rosaceae, rubiaceae, guttiferae และ salicaceae แต่อาจพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้บ้าง โดยเฉพาะตระกูลปาล์ม สารประกอบกลุ่มนี้ พบมากในส่วนของเนื้อไม้ เปลือกไม้ เปลือกผล และส่วนที่เป็นโครงสร้างพิเศษ เช่น gall นอกจากนี้ยังอาจพบได้ในส่วนของใบ ผล และฝัก

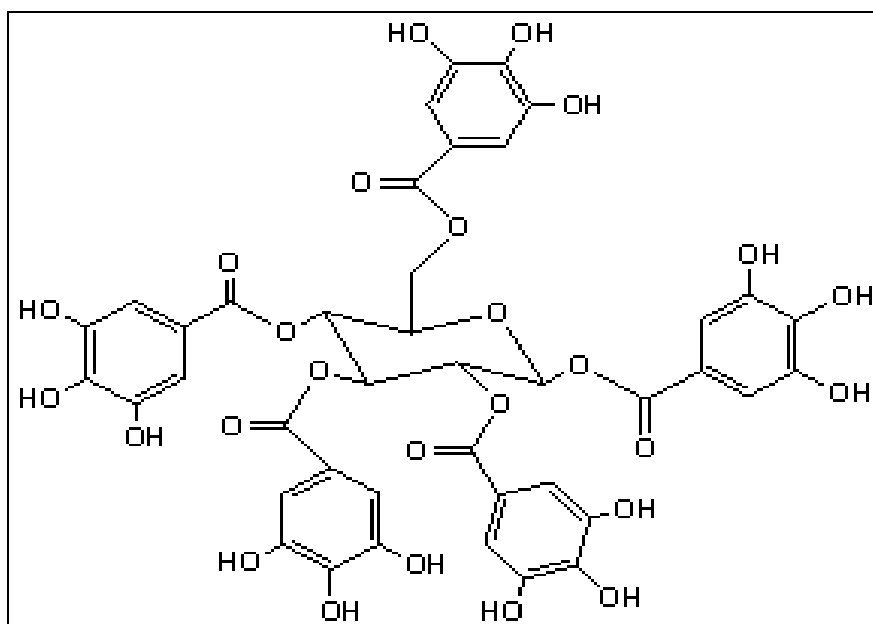
ซึ่งสารประกอบแทนนิน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1.4.1 True Tannins เป็นกลุ่มที่สามารถทนต่อการสลายตัวต่อ ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

(1) Hydrolyzable Tannins เป็นสารประกอบที่ประกอบไปด้วยส่วนโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของน้ำตาล โดยส่วนมากพบว่าเป็นน้ำตาลกลูโคส หรืออาจเป็นสารประกอบ polyols อื่นๆ และส่วนที่สองเป็น phenolic acid เช่น gallic acid หรือ hexahydroxydiphenic acid (HHDP) หรือสารอนุพันธ์ของ HHDP มักอยู่ในรูปออกซิไดซ์ พบส่วนที่เป็น phenolic acid มากกว่าส่วนของน้ำตาล หรือ polyols เชื่อมโยงกันด้วยพันธะเอสเตอร์ ที่เรียกว่า depside linkage ซึ่งพันธะเอสเตอร์นี้ สามารถเกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซิสในสภาวะที่มีน้ำ และถูกเร่งปฏิกริยาด้วยกรด เบส หรือ เอนไซม์ tannase ให้ phenolic acids และน้ำตาล หรือ polyols เมื่อนำไปกลั่นแบบแห้ง สารประกอบ phenolic acid จะเปลี่ยนเป็น pyrogallol ดังนั้น hydrolyzable tannins จึงเรียกอีกอย่างว่า pyrogallol tannins มี free hydroxy group 3 หมู่ เมื่อเกิดปฏิกริยากับสารละลาย ferric chloride จะให้สีน้ำเงิน สารประกอบกลุ่ม hydrolysable tannins แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

(1.1) Gallotannins เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วย gallic acid เชื่อมต่อกับน้ำตาลกลูโคส ด้วยพันธะเอสเตอร์ เมื่อ acid hydrolysis เกิดการสลายตัวจะให้สาร 2 ชนิด คือ gallic acid และ น้ำตาลกลูโคส ตัวอย่างของ gallotannins ได้แก่ tannic acid (chinese gallotannin) และ tara gallotannin พืชที่เป็นแหล่งของ gallotannins ได้แก่ Turkish galls, hamamelis, Chinese galls, bearberry leaves, chesnut, maple โกศน้ำเต้า กานพลู และกลีบกุหลาบแดง เป็นต้น

(1.2) Ellagitannins เป็นกลุ่มของสารประกอบโพลีฟีนอลที่ประกอบไปด้วย hexahydroxy diphenic acid หรือ modified form เช่น dehydrohexahydroxydiphenic acid และ chebulic acid เป็นต้น โดยอยู่ร่วมกับน้ำตาล ellagitannins เมื่อเกิดการสลายตัวแบบ acid hydrolysis ส่วนของ hexahydroxydiphenic acid จะแยกตัวออก และเกิดปฏิกริยา lactonization ให้ ellagic acid ตัวอย่างของ ellagitanins ได้แก่ pedunculagin และ chebulagic acid พืชที่นำไปใช้เป็นยาที่เป็นแหล่งของ ellagitannins ได้แก่ เปลือกผลทับทิม ผลสมอไทย เปลือกต้นโอ๊ค และใบยูคาลิปตัส



ภาพที่ 2 โมเลกุล Hydrolyzed Tannins ที่ชื่อว่า Gallotannins

ที่มา: Anonymoys (2007)

(2) Condensed Tannins หรือที่เรียกอีกอย่างว่า Proanthocyanidins เป็นกลุ่มของสารประกอบ polyphenols ที่มีความซับซ้อน และสลายตัวด้วยน้ำยากกว่ากลุ่ม hydrolyzable tannins โครงสร้าง polyphenols ในกลุ่มนี้ เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบในกลุ่ม flavonoids พืชที่เป็นแหล่งของ condensed tannins ได้แก่ เปลือกอบเชย เปลือกชินโคนา เปลือกหลิวัน เปลือกไอ้ค เปลือกโกโก้ เปลือก และใบของ hamamelis ราก krameria ราก male fern และใบชา สารประกอบกลุ่มนี้เมื่อนำมาต้มกับกรด หรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ จะได้สารประกอบพอร์ลิเมอร์ รูปอสัณฐานสีแดง ไม่สามารถละลายน้ำ เรียกว่า phlobaphenes หรือ tannin red จึงเรียกสารกลุ่มนี้ว่า phobatanins เมื่อนำสารประกอบกลุ่มนี้มาทำการกลั่นแบบแห้ง จะได้สารประกอบที่เป็น catechol tannins สารประกอบกลุ่มนี้ จึงถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า catechol tannins สารในกลุ่ม condensed tannins ประกอบไปด้วย free hydroxy group อยู่ 2 หมู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย ferric chloride จะให้สีเขียว

1.4.2 Pseudotannins เป็นสารประกอบที่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าสารประกอบ 2 กลุ่มแรกที่เป็น true tannins โดยมากมักเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยว สารประกอบเหล่านี้สามารถตกตะกอนกับเจลาตินได้ แต่ไม่มีความเสถียร และไม่สามารถเกิดผลบวกกับ Goldbeater's skin test ตัวอย่างเช่น catechin, chlorogenic acid, gallic acid และ ipecacuanhic acid (ชวลิต, 2539)

1.5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

สารแทนนิน เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน ไม่สามารถตกผลึกได้เอง ทำให้ไม่สามารถแยกสารสกัดสารโพลีฟีนอลหลายชนิดที่รวมกัน ให้บริสุทธิ์ได้โดยการตกผลึก เมื่อเกิดการละลายน้ำจะได้เป็น สารละลายคอลลอยด์ อัตราการละลายน้ำขึ้นกับ ความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์ หรือขนาดของโพลีเมอร์นั่นเอง (degree of polymerization) ละลายได้ในแอลกอฮอล์ และอะซิโตน ความคงตัวในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ขึ้นอยู่กับโครงสร้าง อย่างที่พบในระหว่างสกัดโดยวิธีการต้มหรือเคี้ยว สารประกอบแทนนินจำพวก geraniin เมื่อเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวจะได้เป็น gallic acid, ellagic acid และ corilagin ภายใน 30 นาที

นอกจากสารแทนนิน จะสามารถในการรวมตัวกับโปรตีน อัลคาลอยด์ และช่วยในการตกตะกอนโปรตีน เช่น เจลาติน และอัลบูมิน รวมไปถึงการตกตะกอน กับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง แล้ว สารแทนนินยังมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนัก เช่น lead acetate, zinc acetate, potassium dichromate และ ferric chloride ได้อีกด้วย (คณะเภสัชศาสตร์, 2550)

1.6 ชีวสังเคราะห์

(1) Hydrolyzable Tannins สารกลุ่มนี้ เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจาก gallic acid ซึ่งสังเคราะห์ มาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของ shikimic acid หลังจากนั้น gallic acid จะเกิดปฏิกิริยาการเติมกลูโคส (glucosylation) ได้เป็น UDP-glucose ต่อจากนั้น UDP-glucose จะสร้างพันธะเอสเตอร์ กับ gallic acid ที่ละโมเลกุล ได้เป็น pentagalloyl glucose ซึ่ง pentagalloyl glucose เป็น tannins ที่เป็นตัวกลางสำคัญ ในการเปลี่ยนแปลงเป็น gallotannins และ ellagitannins

(2) Condensed Tannins สารกลุ่มนี้ เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจาก flavan-3-ols ซึ่งมาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของ สารฟลาโวนอยด์ โดยปฏิกิริยาการเติมหมู่ hydroxy group ลงในตำแหน่งที่ 3 (3-hydroxylation) ของ flavanone แล้วทำให้เกิดเป็น 2, 3-dihydroflavon-3-ols ต่อมาจะถูก reduced ได้เป็น flavan-3, 4-diols หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น flavan-3-ols

การสร้าง oligomers และ polymers รวมทั้ง flavan-3, 4-diols นั้น ทำให้โมเลกุลดังกล่าว มีความไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าปกติ เนื่องจากที่ตำแหน่ง 4-hydroxyl group มีความสามารถในการเกิดประจุบวกได้อย่างง่ายดาย เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยากับ สารที่มีประจุลบ ที่มีคุณสมบัติเป็นพวกที่ชอบประจุบวก (nucleophilic) ได้ เช่น ตำแหน่งที่ 6 และตำแหน่งที่ 8 ของ flavan-3-ols หรือที่ตำแหน่งเดียวกันกับ flavan-3-ols แต่เป็นโมเลกุลของ flavan-3, 4-diols อีกโมเลกุลหนึ่ง (แต่กรณีหลัง มักเกิดได้ยากกว่ากรณีแรก) และท้ายที่สุดปฏิกิริยาทั้งสองนี้จะนำไปสู่การเกิด oligomers และ polymers ต่อไป

1.7 การตรวจสอบ

1.7.1 การตรวจสอบโดยใช้วิธีทางเคมี

(1) การทดสอบหา Hydrolyzable Tannins

- สารประกอบกลุ่ม hydrolyzable tannins ทุกชนิด สามารถทำการทดสอบโดยใช้น้ำปูนใส ผลบวก เกิดตะกอนเหลืองสีน้ำตาลเงินเทา

- ทดสอบสารสกัด hydrolyzable tannins ด้วย ferric salts ผลบวก เกิดสีน้ำเงินเข้ม ถึงสีดำ ในขณะที่ condensed tannins ผลบวก เกิดตะกอนสีเขียว ถึงสีเขียวอมน้ำตาล

นอกจากนี้ สามารถแยกประเภทของสารประกอบในกลุ่ม hydrolyzable tannins ได้โดยการทดสอบต่อไปนี้

- การทดสอบหา gallotannins ซึ่งเป็นสารกลุ่ม hydrolyzable tannins ด้วยการใช้ potassium iodate ผลบวกเกิด สีชมพู ส่วน free gallic acid จะเกิด สีส้มกับ reagent ชนิดนี้

- การทดสอบหา ellagitannins ซึ่งเป็นสารกลุ่ม hydrolyzable tannins ด้วยการใช้กรดไนตริก ที่มีกรดอะซิติคผสมอยู่ด้วย ผลบวก เกิดสีชมพูในตอนแรก ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงและสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็น สีฟ้า

(2) การทดสอบหา Condensed Tannins

โดยใช้ สารละลาย vanillin หรือกรดไฮโดรคลอริก ผลบวกให้ สีแดง และ สารละลาย bromine water ผลบวกเกิด ตะกอนสีเหลือง ในขณะที่ hydrolyzable tannins ไม่เกิดปฏิกิริยานี้ (คณะเภสัชศาสตร์, 2550)

1.7.2 การตรวจสอบโดยใช้ TLC

การตรวจสอบสารสกัดทั่วไปใช้เทคนิค TLC บน silica gel หรือ cellulose และพิจารณาการเรืองแสงภายใต้แสง UV โดยใช้ reagents ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ช่วยในการตรวจสอบผล หรือใช้เทคนิค HPLC reverse phase และใช้ solvent ที่เป็น slightly acidic alcoholic solvents เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่

1.8 การตรวจวิเคราะห์ (Assays)

1.8.1 การตรวจวิเคราะห์ Tannins โดยรวม (Assays for Total Tannins)

โดยวิธี blood method โดยอาศัยคุณสมบัติของ tannins ในปฏิกิริยาการรวมตัวกับ haemoglobin ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทโปรตีน และวัดปริมาณ haemoglobin ที่เหลือด้วยวิธี colorimetry แต่วิธีนี้จำเป็นต้องใช้สารมาตรฐาน เช่น tannic acid หรือ geraniin ในการเทียบผล เนื่องจาก กระบวนการในการตรวจสอบ และการตรวจสอบซ้ำ (reproducibility) ให้ผลไม่แน่นอน การใช้สาร methylene blue แทน haemoglobin จะทำให้กระบวนการตรวจสอบซ้ำแน่นอนมากขึ้น

อีกวิธีหนึ่งที่ยังคงใช้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะใน French Pharmacopoeia และ 10 th edition คือ การตกตะกอนกับผงหนัง (hide powder) ซึ่งเป็นโปรตีน โดยเริ่มจากการสกัดแทนนินด้วยวิธี infusion แล้วแบ่งส่วนหนึ่งมาระเหยแห้ง เพื่อหาปริมาณสารแทนนินที่ละลายในน้ำ จากนั้น

นำอีกส่วนหนึ่ง ที่มีปริมาณเท่ากับส่วนแรก มาเติมผงแห้งจนกว่าจะไม่เกิดตะกอน นำมากรองเอาตะกอนออก และ ระเหยสารละลายที่กรองได้จนแห้ง น้ำหนักที่ได้จากส่วนแรกหักลบด้วยน้ำหนักที่ได้จากส่วนที่สอง จะเท่ากับน้ำหนักของ tannins ทั้งหมด

1.8.2 การวิเคราะห์ตามชนิดของ Tannins

ปฏิกิริยาระหว่าง tannins กับ potassium iodate สามารถใช้ในการหาปริมาณของ galloyl esters และเมื่อนำปฏิกิริยานี้ มาเติม nitrous acid ลงไป สามารถนำมาหาปริมาณของ ellagic tannins ได้ แล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี spectroscopy

การหาปริมาณของ proanthocyanidins สามารถทำได้โดยเติม vanillin ลงในตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ ที่ละลายอยู่ใน methanol หรือ เติมน้ำสาร p-dimethylaminobenzaldehyde ลงในตัวอย่างที่ละลายอยู่ใน methanol ที่มีกรด hydrochloric acid ผสมอยู่ แล้วนำไปหาปริมาณโดยวิธี spectroscopy ต่อไป ทั้งนี้อาจใช้ n-butanol/ hydrochloric acid เพื่อเปลี่ยน proanthocyanidins ที่เป็นสารที่ไม่มีสีไปเป็น Anthocyanidins ซึ่งเป็นสารที่มีสีแล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี spectroscopy

1.9 การสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ (Extraction and Purification)

โดยทั่วไปมักใช้ water-acetone mixture ควรหลีกเลี่ยงการใช้ methanol เนื่องจากสามารถทำให้เกิด methanolysis ของ galloyl depsides การสกัดสารแทนนิน มักทำได้ดีในพืชสดมากกว่าพืชแห้ง เพราะในพืชแห้ง สารประกอบกลุ่มนี้อาจรวมตัวอยู่กับโพลีเมอร์อื่นๆ จากนั้นกำจัด acetone ออกโดยการกลั่น แล้วทำการแยก pigments และ lipids โดย partition ด้วย dichloromethane เป็นต้น ต่อมาสกัดแยก dimeric proanthocyanidins 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

1.10 ประโยชน์

(1) ใช้ในการฟอกหนัง โดยสารแทนนิน จะทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้หนังที่ผ่านการฟอกแล้วมีสี และไม่เกิดการเน่าเสียหลังการฟอก นอกจากนี้ ยังใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางชนิดด้วย เช่น การทำให้เบียร์ใส และทำให้มี รสขม ฝาด รวมทั้งกลิ่นในเครื่องสำอางประเภท เช่น เบียร์ ไวน์ ชา และกาแฟ อีกด้วย (Lamela *et.al.*, 2007)

(2) ใช้ในการย้อม แห อวน เชือก และเรือใบ ทำให้มีความทนทาน การใช้งานที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม ซึ่งอาศัยคุณสมบัติการตกตะกอนกับโมเลกุลขนาดใหญ่

(3) ใช้ในกระบวนการผลิตกาว และสีย้อม โดยมีผลให้สีที่นำมาใช้ในย้อมติดแน่นทนทาน เช่น โพรแอนโทไซยานิดิน นอกจากนี้ ยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตไม้อัด ทดแทนการใช้สารฟีนอลสังเคราะห์ ที่ผลิตจากปิโตรเคมีได้

(4) ใช้รับประทานแก้อาการท้องเสีย หรือท้องเดิน (antidiarrheals) โดยสารแทนนิน มีกลไกไปจับกับ fungal protein, bacteria protein, viral protein หรือโมเลกุลขนาดใหญ่อื่นๆ ของเชื้อก่อโรค ทำให้เชื้ออ่อนแอ และไม่สามารถทำอันตรายกับร่างกายได้ นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารสัตว์ที่มีสารแทนนินอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถลดอัตราการเกิดพยาธิในสัตว์สี่กระเพาะได้เช่นกัน (Naczyk and Fereidoon, 2004)

(5) ใช้เป็นยารักษาแผลภายนอก โดยสารแทนนิน จะทำปฏิกิริยา กับผิวหนังชั้นนอก และเนื้อเยื่อที่ผลิตเมือกคลุมผิว ทำให้สามารถป้องกันน้ำได้ และมีฤทธิ์ต่อเส้นเลือดบริเวณผิวหนัง ทำให้เส้นเลือดหดตัว (vasoconstrictor) ลดการสูญเสียจากบาดแผล ทำให้เนื้อเยื่อที่เป็นแผล หรือโดนแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ดีขึ้น บาดแผลจึงแห้ง และหายได้เร็วขึ้น

(6) ช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย โดยสารแทนนินบางชนิด มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิด superoxide ion ซึ่งมีผลช่วยลดการเกิดมะเร็งต่างๆ ได้

นอกจากนี้ สารแทนนินยังมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์อีกมาก เช่น ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด อาทิ lipooxygenase และ angiotensin converting enzyme อีกทั้งสารแทนนิน

บางประเภทมีโครงสร้างของสารกลุ่ม flavonoids อยู่ จึงมีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นได้ดี ไม่เกิดการเปราะ หรือแตกได้ง่าย เมื่อได้รับการกระทบกระเทือน (สุวรรณค์, 2536)

2. น้ำเสีย

2.1 คำนิยาม

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า น้ำเสีย คือ ของเสียที่อยู่ในสภาพของของเหลว รวมทั้งมวลสารที่พบบนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

2.2 แหล่งกำเนิด และประเภทของน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดมลพิษ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ดังนี้

2.2.1 แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point Sources) ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม และ แหล่งชุมชน

(1) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewater) คือ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการหล่อเย็น และหม้อน้ำร้อน จนกระทั่งถึงขั้นตอนการทำความสะอาดโรงงาน รวมทั้งน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัด หรือน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้ว แต่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม องค์ประกอบของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีสภาพแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำทิ้ง ประเภท และขนาดของโรงงาน ทั้งนี้ น้ำเสียจากโรงงาน มักเป็นน้ำเสียที่มีสภาพของความเป็นกรดเป็นเบส รวมทั้ง มีค่าความเป็นพิษเกินมาตรฐานสูงเกินกว่าที่กำหนด

(2) น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (domestic wastewater) โดยทั่วไปน้ำเสียในประเภทนี้ กำเนิดมาจากแหล่งที่มา 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่ น้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัยขนาดต่างๆ และน้ำเสียจากสถานประกอบการต่างๆ รวมทั้งตลาด ร้านค้า โรงมหรสพ โรงแรม สถานให้บริการ สำนักงาน

และสถานที่ราชการ รวมไปถึงเอกชนในพื้นที่ชุมชน ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่อาศัย และประกอบอาชีพอยู่ในแหล่งชุมชนนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการชำระล้างร่างกาย การซักล้างภาชนะ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องนุ่งห่ม การประกอบอาหาร การขับถ่าย เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้ มักมีสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์เจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก สิ่งสกปรกที่พบมักเป็นพวก เศษอาหาร ผักและผลไม้ คราบสบู่ ไขมัน สารซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบ สารตกค้างจากการซักล้างภาชนะ และเครื่องนุ่งห่มปะปนมาด้วย โดยน้ำเสียในชุมชนแต่ละแห่งจะมีคุณภาพ และปริมาณที่แตกต่างกันไป ตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชุมชนนั้นๆ

2.2.2 แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Sources) ได้แก่ เกษตรกรรม

(1) น้ำเสียจากเกษตรกรรม (agricultural wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดมาจาก กิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูก ทั้งนี้ น้ำเสียจากการเพาะปลูก มักพบสารจำพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และสารพิษต่างๆ ในปริมาณสูง ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก เช่น เศษอาหารตกค้าง และมูลสัตว์

ธงชัย และวิบูลลักษณ์ (2540) กล่าวถึงน้ำเสียอีกประเภทหนึ่ง ที่ไม่ค่อยมีการจัดไว้เป็น จำพวกน้ำเสีย นั่นคือ น้ำเสียที่เกิดจากน้ำฝน (storm sewage) ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากน้ำฝน คือ น้ำฝนที่ตกลงมา แล้วเกิดการไหลนองไปตามพื้นดิน ลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง โดยคุณภาพของน้ำเสียประเภทนี้ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งยังสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการบำบัด นักวิชาการบางท่านจึงไม่จัดไว้ในประเภทน้ำเสีย

นอกจากนี้ การแบ่งประเภทของน้ำเสีย สามารถจำแนกออกได้ตามลักษณะของ สิ่งเจือปน หรือสารปนเปื้อนในน้ำเสีย ได้แก่

- น้ำเสียอินทรีย์ (organic wastewater) คือ น้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกเจือปนเป็นสารอินทรีย์ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจุลินทรีย์ในธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ น้ำเสียประเภทนี้ ได้แก่ น้ำเสียจาก ชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตกระดาษ โรงงาน ทอผ้า โรงงานประกอบอาหาร เป็นต้น ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้ สังเกตได้ว่า หากปล่อยให้เกิด การหมักหมม รวมตัวกันเป็นระยะเวลานาน จะเกิดการเน่าเหม็น

- น้ำเสียอนินทรีย์ (inorganic wastewater) คือ น้ำเสียที่ประกอบไปด้วย สิ่งสกปรกที่มีการเจือปนจำพวกสารประกอบอนินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ น้ำเสียประเภทนี้ ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม น้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท ยังอาจพบว่ามีสารประกอบทั้งอินทรีย์ และอนินทรีย์ เจือปนอยู่ด้วย เช่น น้ำเสียจากโรงงานผลิตรถยนต์ ที่มีสารประกอบจำพวกสังกะสี ละลายอยู่เป็นจำนวนมาก และมีสารประกอบอินทรีย์ปะปนอยู่เช่นกัน

2.3 สิ่งสกปรกในน้ำเสีย

สิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำเสีย คือ สิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ ในความหมาย คือ สิ่งที่ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงไป หรือมีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น การแก้ไขปัญหาในน้ำเสีย เพื่อให้คุณภาพน้ำดีขึ้นก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การกำจัดสิ่งสกปรกที่เจือปนในแหล่งน้ำนั้นออกไปให้มากที่สุด ชงชัย และวิบูลย์ลักษณ์ (2540) ได้อธิบายถึงสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำเสียโดยทั่วไป ได้แก่

(1) สารอินทรีย์ คือ สารจำพวก คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษอาหาร พืชผัก คราบน้ำมันที่เหลือจากการประกอบอาหาร เป็นต้น

(2) สารอนินทรีย์ คือ แร่ธาตุต่างๆ ที่แม้จะไม่ก่อให้เกิดการเน่าเหม็น แต่สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต หรือเป็นอุปสรรคในการผลิตน้ำประปา ซึ่งแร่ธาตุต่างๆ ที่ปะปนในแหล่งน้ำส่วนมากมักละลายมาจากตะกอนดินในพื้นที่ที่แหล่งน้ำนั้นไหลผ่าน เช่น เหล็ก สังกะสี คลอไรด์ ซัลเฟต และฟอสฟอรัส เป็นต้น

(3) โลหะหนัก และสารพิษอื่นๆ พบการเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำในรูปของสารอนินทรีย์ หรือสารอินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ เช่น พรอท แคดเมียม ทองแดง ทั้งนี้ตามปกติแล้วโลหะหนักเหล่านี้ มักเกิดการเจือปนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช ในการทำการเกษตร แต่สำหรับแหล่งชุมชนบางแห่ง อาจพบได้ใน น้ำทิ้งจากอู่ซ่อมรถ โรงพยาบาล ร้านชุบโลหะ ฯลฯ ได้เช่นกัน

(4) น้ำมัน และสารแขวนลอยในน้ำ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ อีกทั้งยังขัดขวางการละลายของก๊าซออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดมลพิษต่อทัศนียภาพ

(5) ความร้อน มีผลทำให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำมีค่าสูงขึ้น ส่งผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ ในแหล่งน้ำ เช่น การละลายตัวของก๊าซออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ และยังเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการใช้ก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นอีกด้วย มีผลทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง

(6) ของแข็ง ประกอบด้วย ของแข็งที่แขวนลอย (suspended solids) ของแข็งที่สามารถละลายในน้ำได้ (dissolved solids) และ ตะกอนหนัก (settleable solids) ซึ่งเมื่อจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ จะทำให้เกิดสภาพการไร้ก๊าซออกซิเจนที่พื้นท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์

(7) สี และความขุ่น ส่วนใหญ่มักเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ การผลิตกระดาษ การฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งสี และความขุ่น มีผลไปขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงในแหล่งน้ำ และทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่น่ามอง

(8) ค่าความเป็นกรดเป็นเบส สามารถตรวจวัดได้จากค่าพีเอช โดยค่าพีเอชที่มากกว่า 7 หมายถึง สภาพความเป็นเบส ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึง สภาพความเป็นกรด ซึ่งน้ำสะอาดจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 คืออยู่ในสภาพเป็นกลาง ทั้งนี้ ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำด้วย

(9) สารที่ก่อให้เกิดฟอง/ สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ โดยฟองที่เกิดขึ้น มีผลไปขัดขวางการละลายตัวของก๊าซออกซิเจน จากอากาศลงสู่พื้นน้ำ ทั้งยังส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

(10) จุลินทรีย์ (microorganism) น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานฟอกหนัง โรงงานผลิตอาหาร หรือ โรงฆ่าสัตว์ พบว่า มีจุลินทรีย์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ก๊าซออกซิเจน ในการดำรงชีพ ทำให้ระดับของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ ลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว แหล่งน้ำเกิดกลิ่นเน่าเหม็น อีกทั้งจุลินทรีย์บางชนิดยังเป็นเชื้อโรค หรือเป็นพาหะของโรคบางชนิดอีกด้วย

(11) สารกัมมันตรังสี อาจพบมีเจือปนมากับ น้ำเสียตามโรงพยาบาล หน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรของเอกชน ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตรังสีในการปฏิบัติงาน สารกัมมันตรังสีเหล่านี้ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร และยังพบว่า เป็นสารก่อมะเร็งในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย

(12) ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส หากพบมีอยู่ในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูงมาก จะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายบางชนิดอย่างรวดเร็ว (algae bloom) จนเกินขอบเขตที่สามารถรับได้ เกิดการทับถมของซากสาหร่ายเหล่านี้ และเกิดการเน่าเสียตามมา รวมทั้งการแพร่กระจายของสาหร่าย และฟิชีน้ำ ยังเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรทางน้ำเป็นอย่างมาก

(13) กลิ่น ส่วนมากกลิ่นของน้ำเสีย มักเกิดขึ้นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ หรืออาจเป็นกลิ่นจากวัตถุดิบในการผลิตอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การผลิตอาหารสัตว์ ปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

2.4 สารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ (organic matter or organic solids) หมายถึง อนุภาคของสารที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และอนุพันธ์ โดยอาจพบ ออกซิเจน ไนโตรเจน และธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบรวมด้วย ธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุคาร์บอนร้อยละ 58 ไฮโดรเจนร้อยละ 10 ออกซิเจนร้อยละ 20 ไนโตรเจนร้อยละ 5 ฟอสฟอรัส และกำมะถัน อย่างละร้อยละ 1 ส่วนที่เหลือเป็นสารอื่นๆ อีกเล็กน้อย ปกติสารอินทรีย์จะไม่เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นไอออนในสารละลาย ส่วนมากเป็นองค์ประกอบที่มาจากพืช และสัตว์ แต่อาจเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การสังเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ หรือการสารประกอบอินทรีย์โดยตรง ซึ่งสุรสวัสดิ์ (2542) ได้จำแนกสารอินทรีย์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) สารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิต โดยแบ่งเป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ ดังนี้

(1) ซากของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นพืช หรือสัตว์ ที่สามารถย่อยสลายได้โดยง่ายด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ทำยที่สุดได้เป็น ธาตุอาหารกลับไปเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตต่อไป

(2) สิ่งขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะจากมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง มักพบว่าส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ

2) สารอินทรีย์จากกิจกรรมอื่นๆ อันนอกจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตประจำวันของสิ่งมีชีวิต เช่น กากเชื้อเพลิง น้ำมัน สารกำจัดศัตรูพืช ของเสีย วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม และ ภาคการเกษตร ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

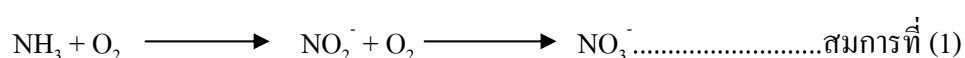
พัฒนา (2539) กล่าวถึง สารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสียว่า มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว สารประกอบอินทรีย์ระเหย และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช และสัตว์ เป็นต้น ทั้งนี้ หากสารอินทรีย์เหล่านี้ปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมากย่อมเป็นสาเหตุก่อให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ เนื่องจาก สารอินทรีย์เหล่านี้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ซึ่งจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ก๊าซออกซิเจน ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ เมื่อปริมาณสารอินทรีย์มีมากในแหล่งน้ำ ความต้องการปริมาณของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้นย่อมมากตามไปด้วย มีผลทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำลดลง

การตรวจสอบปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียทั่วไป หมายถึง ปริมาณของสารอินทรีย์ในรูปของความต้องการก๊าซออกซิเจน ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ ซึ่งการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียประเภทนี้ สามารถใช้การวัดได้ 2 วิธี โดยวิธีการวัดทางชีวภาพ และวิธีการวัดทางเคมี ซึ่งการหาค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ส่วนวิธีทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี สุรัสวดี (2542) ได้อธิบายถึง วิธีการวิเคราะห์หาค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ ทั้ง 2 วิธี ไว้ดังนี้

1) ความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (biological oxygen demand; BOD) หมายถึง ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ภายใต้สภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน ซึ่งค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของแหล่งน้ำ จะเท่ากับ ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการ ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์สารอินทรีย์ให้กลายเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และน้ำ

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี นิยมวิเคราะห์ในช่วงเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่จากการศึกษา พบว่า ที่ระยะเวลา 5 วัน จุลินทรีย์ในธรรมชาติ สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้

เพียงร้อยละ 60-70 เท่านั้น เนื่องจาก ในธรรมชาติสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มักใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 20-30 วัน จึงสามารถย่อยสลายได้เกือบหมด คิดเป็นร้อยละ 95-99 แต่การวิเคราะห์ที่เวลา 20 วัน ถือว่านานเกินไป และอาจเกิดการผิดพลาดจากผลการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์จำพวก autotrophic กลุ่ม nitrifying bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ที่สามารถย่อยสลายได้โดยไม่ต้องใช้ก๊าซออกซิเจนโดยตรง แต่สามารถใช้ออกซิเจนในสารอนินทรีย์ ทดแทน โดยการเปลี่ยน แอมโมเนียเป็นไนไตรต์ และเปลี่ยนไนไตรต์เป็นไนเตรต ตามลำดับ (สมการที่ 1) ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น



2) ความต้องการก๊าซออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand; COD) ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยทั่วไป สามารถวิเคราะห์ได้จากการที่สารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถูกออกซิไดซ์ด้วยปริมาณที่มากพอของสารเคมี ที่เรียกว่า สารออกซิไดซ์เชิง เอเจนต์ อย่างแรง สารที่นิยมใช้ ได้แก่ โพแทสเซียม ไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ในสภาวะกรด ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ silver sulfate โดยทั่วไปแล้ว ค่าซีโอดี จะมีค่ามากกว่าค่าบีโอดีเสมอ และใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ 3 วัน ซึ่งรวดเร็วกว่าการหาค่าบีโอดี และสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยวิธีทางเคมี จะมีปริมาณมากกว่าวิธีทางชีวภาพ อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดในรูปของค่าซีโอดี เป็นการวัดปริมาณของสารอินทรีย์ทั้งหมด ทั้งที่สามารถย่อยสลายได้ ย่อยสลายได้ช้า และไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

สามารถอธิบายสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดี และค่าซีโอดี โดยพิจารณาจากผลของปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ โดยการเปรียบเทียบค่าตัวเลขที่ได้ของค่าซีโอดี ที่มีค่าสูงกว่าค่าบีโอดี ทั้งนี้เนื่องจาก สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ เปลี่ยนเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยไม่ต้องอาศัยกระบวนการย่อยสลาย และการดูดซึมของจุลินทรีย์ ซึ่งอธิบายสรุปให้สามารถเข้าใจได้ง่ายว่า ค่าบีโอดี เป็นค่าที่สามารถแสดงให้เห็นเฉพาะสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ในธรรมชาติย่อยสลายได้เท่านั้น แต่ค่าซีโอดีเป็นค่าที่แสดงถึง ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีทั้งหมดในน้ำ ไม่ว่าจะสามารถย่อยสลายได้ หรือไม่สามารย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

2.5 ผลกระทบของน้ำเสีย

สุรสวัสดิ์ (2542) ได้อธิบายถึง ผลกระทบของน้ำเสียที่มีผลต่อสภาพสิ่งแวดล้อม หากว่า น้ำเสียดัง กล่าวถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้อง และทำให้อยู่ในตามเกณฑ์ของค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ไว้ดังนี้

(1) ผลกระทบในกระบวนการผลิตน้ำ เพื่อการอุปโภค และบริโภค เนื่องจากแหล่งน้ำ สำหรับการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่มาจากแม่น้ำลำคลองตามธรรมชาติ เมื่อแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย คุณภาพน้ำลดลง การผลิตน้ำประปา เพื่อให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐาน จึงมีความจำเป็นต้องใช้ สารเคมี เพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำมากขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายด้านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

(2) ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค เช่น เชื้อบิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค เป็นต้น ซึ่งทางการสาธารณสุขได้ใช้เชื้อแบคทีเรีย ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ หากมีการตรวจพบแบคทีเรียเหล่านี้เป็นจำนวนมากใน แหล่งน้ำ ก็จะสามารถบ่งชี้ว่า อาจมีเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในแหล่งน้ำนั้นๆ

(3) ผลกระทบต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยทั่วไป พบว่า ในน้ำเสียที่มี สารอินทรีย์เจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้จุลินทรีย์ในน้ำเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่ม มากขึ้นไปด้วย เกิดการใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นเกิดการ สูญเสียสมดุล โดยทั่วไปแล้วตามแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หากปริมาณก๊าซออกซิเจนลดน้อยลงกว่านี้ จะเกิดผลกระทบ โดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

(4) ผลกระทบต่อการประมง เนื่องจากการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ จากการปล่อยน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นจำนวนมากลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต และการขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำโดยตรง ทั้งยังอาจส่งผลให้สัตว์น้ำล้มตายเป็นจำนวนมาก ทำให้ ปริมาณผลผลิตทางด้านประมงมีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

(5) ผลกระทบต่อการเกษตร โดยน้ำเสียที่มีความเป็นกรดเป็นเบสสูง บ่งบอกถึงการมี ปริมาณเกลืออนินทรีย์อยู่สูง หรือมีสารพิษปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่

นำไปใช้เพื่อการเกษตร จึงมีผลเสียโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช และสารพิษที่อยู่ในน้ำเสียสามารถสะสมในห่วงโซ่อาหาร เกิดผลเสียต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกเช่นกัน

(6) ผลกระทบทางด้านทัศนียภาพของพื้นที่บริเวณแหล่งน้ำ พบว่า การที่มีปริมาณสารแขวนลอย(suspended solid) เจือปนอยู่ในน้ำเสีย ก่อให้เกิดลักษณะของน้ำที่มีความขุ่น และเมื่อเกิดการเน่าเสีย สีของน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ถึงดำ มีผลต่อความสวยงามของทัศนียภาพบริเวณนั้นๆ

3. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ กระบวนการ หรือขั้นตอนการกำจัด หรือคัดแยกสิ่งสกปรกที่พบเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำให้ลดลง หรือหมดไป และปรับสภาพให้น้ำนั้นมีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ลงไว้ ณ วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ตามที่ได้มีการประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2548 แต่ทั้งนี้ห้ามมิให้ใช้วิธีการปรับคุณภาพ โดยใช้สารละลาย เพื่อให้เกิดการเจือจาง (dilution)

นิพนธ์ (2550) ได้อธิบายถึงกรรมวิธีในการบำบัดน้ำเสีย ไว้ว่า กระบวนการในการบำบัดน้ำเสียนั้น มีขั้นตอน หรือกระบวนการบำบัดอยู่หลายวิธีการด้วยกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำเสีย สิ่งสกปรกที่เจือปน หรือสารองค์ประกอบที่แตกต่างกันในน้ำเสียเหล่านั้น ทั้งที่อยู่ในรูปของแข็งและสารละลาย ไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ ซึ่งกระบวนการในการกำจัดบำบัดย่อมแตกต่างกันไป ตามลักษณะทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีของน้ำเสียเหล่านั้น ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งแยกออกตามกระบวนการบำบัดได้เป็น 3 วิธีการ ดังนี้

3.1 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ (physical processes) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่มีขั้นตอนง่าย และสะดวกที่สุด อาศัยหลักการทางฟิสิกส์ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกในรูปของของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ไม่ละลายน้ำ เช่น การใช้ตะแกรงกรอง ดักสิ่งสกปรกออกจากแหล่งน้ำ การตกตะกอน การกวาด การกวน การทำให้ลอย การกรอง และการแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง เป็นต้น ซึ่งการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพนี้ เป็นการบำบัดขั้นต้นของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการอื่นต่อไป

3.2 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี (chemical processes) ถือเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ค่อนข้างยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายในการทำงานที่สูง เนื่องจาก ต้องนำสารเคมีเข้ามาใช้ในกรรมวิธี เพื่อประโยชน์ในการกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของสารละลาย ด้วยเหตุนี้การปฏิบัติงานจึงมีความจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ รวมทั้งต้องมีความรู้เรื่องการใช้ และการป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ เป็นอย่างดี ทั้งนี้ สิ่งสกปรกส่วนมากมักเป็นสารประกอบจำพวกสารอินทรีย์ ซึ่งย่อยสลายได้ยากโดยธรรมชาติ หรือด้วยวิธีการทางชีวภาพ กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เช่น การเติมสารเคมีลงในน้ำเสีย เพื่อช่วยในการตกตะกอน การเติมสารฆ่าเชื้อโรค หรือการทำปฏิกิริยาการสะเทิน เพื่อให้สภาพของน้ำเสียมีค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนของสารอินทรีย์ เป็นต้น

3.3 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางชีวภาพ (biological processes) ถือเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ค่อนข้างง่ายแก่การดูแลรักษา ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และการดูแลรักษาต่ำกว่ากระบวนการทางเคมี อีกทั้งประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับที่ดีจนถึงดีมาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ยังมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำได้โดยไม่ต้องมีความรู้ ความชำนาญมากนัก อีกทั้งต้นทุนในด้านค่าใช้จ่าย และการดูแลรักษาต่ำ และน้ำเสียจากชุมชน ก็ถือว่าเป็นน้ำเสียที่มีคุณภาพระดับปานกลาง หรือไม่ต่ำกว่ามาตรฐานมากนัก และประกอบไปด้วยสารอินทรีย์เป็นหลักด้วย

นอกจากกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการดังกล่าวแล้ว เกรียงศักดิ์ (2539) ยังได้อธิบายเพิ่มเติมไว้อีกวิธีหนึ่ง คือ กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ-เคมี (physicochemical unit process) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัย กระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมีร่วมกัน โดยใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนของสารเจือปนในน้ำ การแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของสาร กระบวนการดูดซับ เป็นต้น

พัฒนา (2539) ได้อธิบายถึงหลักการ วิธีการ รวมทั้งขั้นตอนในการปฏิบัติงานในการบำบัดน้ำเสียไว้ว่า การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียในน้ำ ให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสม พอที่จะไม่ให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้นๆ โดยได้สรุปวัตถุประสงค์สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย ไว้ดังนี้

- เพื่อลดความเป็นพิษ หรือผลกระทบจากน้ำเสีย
- เพื่อบำบัดค่าบีโอดีในน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
- เพื่อลดปริมาณตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย
- เพื่อลดปริมาณของแบคทีเรีย หรือจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำเสีย

ทั้งนี้ พิมล และชัยวัฒน์ (2539) ได้ทำการแบ่งลักษณะการบำบัดน้ำเสียออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่

(1) ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (preliminary treatment) เป็นระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในขั้นตอนแรกสุดของการทำงาน ได้แก่ การกำจัดเศษขยะ หรือของเสียเจือปนที่มีขนาดใหญ่โดยใช้ตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย การบดตัด เป็นต้น

(2) ระบบบำบัดขั้นต้น (primary treatment) เป็นขั้นตอนที่ต้องการแยกอนุภาคของสารที่ไม่สามารถละลายน้ำ หรือตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น โดยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคลดลงร้อยละ 50 ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 35-65 ค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 25-40 และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงร้อยละ 20-40

(3) ระบบบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) เป็นขั้นตอนในการกำจัดสารอินทรีย์ และสารแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากเป็นการใช้กระบวนการทางชีวภาพฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีน โดยน้ำเสียที่ผ่านระบบการบำบัดขั้นที่สองนี้ พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคลดลงร้อยละ 70-95 ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 70-90 ค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 65-95 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงร้อยละ 65-80 และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงร้อยละ 20-60

(4) ระบบบำบัดขั้นที่สาม (tertiary treatment) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในกรณีที่ต้องการให้น้ำสะอาด เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก และสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ โดยใช้วิธีการทางเคมี ร่วมกับวิธีทางกายภาพเคมี ซึ่งสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่

จากการบำบัดขั้นที่สองได้ทั้งหมด รวมทั้ง ปริมาณของแอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และสารประกอบโลหะต่างๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียด้วย ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการพื้นฐานของการผลิตน้ำประปา

4. ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

ศรีสุวรรณ (2542) ได้อธิบายถึงความหมายของน้ำทิ้งไว้ว่า น้ำทิ้ง (wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ของครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรและกสิกรรม เช่น การชำระล้างร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักรกล การหล่อเย็นเครื่องจักร เป็นต้น โดยที่น้ำทิ้งเหล่านี้จะมีคุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรกเจือปนมาจากกิจกรรมข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณของสิ่งสกปรกในน้ำทิ้ง หรือความสกปรกของน้ำทิ้ง ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่นำน้ำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ดังนั้น น้ำทิ้งจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน ย่อมมีคุณลักษณะ และคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปด้วย

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
- ค่าความเป็นกรด เป็นเบส (pH value)	5.5-9.0
- ค่าทีดีเอส (TDS or Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
- อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
- สี หรือ กลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
- ซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารป้องกัน หรือกำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีการมาตรฐาน
- ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ค่าที เค เอ็น (TKN or Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
- ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

โลหะหนัก (Heavy Metal)

- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (VI) Hexavalent Chromium	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (III) Trivalent Chromium	ไม่เกิน 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
- แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
- เซลเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

หมายเหตุ หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (mg./ L.) มีค่าเท่ากับ หน่วย พีพีเอ็ม (ppm)

ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางชนิด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

5. คุณภาพน้ำ

5.1 คุณภาพน้ำ คือ ค่าที่บ่งบอกถึง ความเหมาะสมของดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำแต่ละประเภท เพื่อใช้ในการกิจกรรมของมนุษย์ คุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงไปมาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึง กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (เกษม, 2547)

5.2 คุณภาพน้ำ ประกอบด้วย

(1) คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ สี กลิ่น ค่าความขุ่น สารแขวนลอย ตะกอน ค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น

(2) คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นเบส ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำ (DO) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) ปริมาณความต้องการก๊าซออกซิเจนทางเคมี (COD) ปริมาณสารตกค้าง เช่น ชัลเฟต ชัลไฟด์ ไนเตรต ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟต คลอรีนอิสระ ฟอรัมาลดีไฮด์ ยาปราบศัตรูพืช โลหะหนัก ค่าความเค็ม ผงซักฟอก คลอโรฟิลล์ เป็นต้น

(3) คุณภาพของน้ำทางชีวภาพ คือ น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเจือปน เช่น สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก หรือ จุลชีพ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ แบคทีเรีย พืชน้ำ และเชื้อโรคอื่นๆ เป็นต้น (นิพนธ์, 2550)

6. ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ

ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมีหลายประเภทด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี และทางด้านชีวภาพ โดยดัชนีแต่ละตัวล้วนมีความสำคัญ และเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท รวมทั้งเป็นตัวที่ใช้พิจารณาถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ ว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใด โดยแบ่งคุณภาพน้ำออกเป็นระดับ ซึ่งแต่ละระดับจะมีค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของดัชนีชี้วัดแต่ละตัว และใช้เป็นมาตรฐานในการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ ซึ่งดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกใช้ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และด้านเคมี ดังต่อไปนี้

6.1 อุณหภูมิของน้ำ (temperature of water)

(1) คำนิยาม

ศรีสุวรรณ (2542) ได้อธิบายไว้ว่า อุณหภูมิของแหล่งน้ำตามธรรมชาตินั้น ขึ้นอยู่กับการผันแปรของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ตามตำแหน่งของเส้นรุ้ง การถ่ายเทความร้อนจากชั้นบรรยากาศ และพื้นดินสู่ผิวน้ำ ระดับความสูง ฤดูกาล ลักษณะภูมิประเทศ รวมไปถึงกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์โดยรอบบริเวณแหล่งน้ำ ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงในเรื่องอุณหภูมิของแหล่งน้ำ มีผลอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ การดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ หรือการแพร่ขยายจำนวน นอกจากอุณหภูมิมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพน้ำชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และการแสดงความเป็นพิษของสารเคมี หรือโลหะหนักบางชนิดในแหล่งน้ำนั้นๆ

(2) เครื่องมือ และวิธีการตรวจวัด

การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ ที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์

6.2 สีของน้ำ (color of water)

(1) คำนิยาม

ศรีสุวรรณ (2542) ได้อธิบายไว้ว่า สีของน้ำที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินั้น เกิดจากโมเลกุลต่างๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยาการหักเหของแสงที่สาดส่องลงไปแหล่งน้ำ รวมไปถึงถึงชนิด และปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ก่อให้เกิดการมองเห็นสีที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นอาจใช้สีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าในการบ่งบอกคุณภาพแหล่งน้ำได้คร่าวๆ เช่น แหล่งน้ำที่มีสีเหลืองขุ่น หรือออกสีน้ำตาล สามารถบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ และมีกำลังการผลิตสูง เนื่องจากมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุในแหล่งน้ำมาก ส่วนแหล่งน้ำที่มีสีน้ำเงิน หรือสีเขียวหมึกมี กำลังการผลิตต่ำ แต่ก็ต้องพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดของแหล่งน้ำ ฤดูกาล และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยรอบแหล่งน้ำ ฤดูกาล ประกอบในการวิเคราะห์ด้วย เช่น แหล่งน้ำที่ไหลผ่านซากสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ใบไม้ ซากพืช ซากสัตว์ ที่มีสารประกอบจำพวกลิกนิน มักจะพบการ

ปนเปื้อนของสารพวกแทนนิน กรดฮิวมิก และฮิวเมต ก่อให้เกิดสีตามลักษณะสารประกอบเหล่านี้ รวมทั้งแร่ธาตุตามธรรมชาติบางชนิด ยังก่อให้เกิดสีในแหล่งน้ำได้เช่นกัน เช่น ธาตุเหล็ก มีผลทำให้น้ำมีสีแดงส้ม หรือสีเหลืองออกน้ำตาล และอาจพบตะกอนคล้ายก้อนอิฐขนาดเล็กเจือปน

6.3 ค่าพีเอช (pH)

(1) คำนิยาม

ค่าพีเอช เป็นค่าที่แสดงถึง สภาวะความเป็นกรดเป็นเบสของสาร พิจารณาได้จากการวัดปริมาณความเข้มข้นของไอออนไฮโดรเจนอิสระ (H^+) ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ดังนั้น ค่าที่ได้จากการวัดค่าพีเอชของแหล่งน้ำ จึงสามารถบอกถึงคุณสมบัติ ทางด้านความเป็นกรดเป็นเบสของแหล่งน้ำอย่างง่ายได้ ทั้งนี้ระดับของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของแหล่งน้ำ จะมีการแปรผันไปตามฤดูกาล โดยในช่วงฤดูฝน ค่าความเป็นกรดเป็นเบส จะมีค่าสูงขึ้น และในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าลดลง

(2) หลักการและทฤษฎี

ค่าพีเอช เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำ และยังสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ร่วมกับค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำตัวอื่นๆ เพื่อประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ อีกด้วย ค่าความเป็นกรดเป็นเบส มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 โดยค่าความเป็นกรดเป็นเบสเท่ากับ 7 แสดงให้เห็นว่า น้ำนั้นอยู่ในสภาพเป็นกลาง แต่หากค่าที่วัดได้มีค่าน้อยลงกว่า 7 จะแสดงถึงสภาวะความเป็นกรด ส่วนสภาวะความเป็นเบส คือ ค่าที่วัดได้มีค่ามากกว่า 7 นั่นเอง

ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดิน และหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ นอกจากนี้ ค่าพีเอชของแหล่งน้ำ ยังมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์น้ำอีกด้วย โดยระดับค่าพีเอชที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีค่าดังนี้

- ค่าพีเอช 4.0 หรือต่ำกว่า เป็นจุดอันตรายที่สามารถทำให้สัตว์น้ำ และยังทำให้พืชน้ำบางชนิดตายได้
- ค่าพีเอช ระหว่าง 4.0–6.0 สัตว์น้ำมีผลผลิตต่ำ เจริญเติบโตช้า และยังมีผลต่อการสืบพันธุ์ ทำให้เกิดการหยุดชะงัก
- ค่าพีเอช ระหว่าง 6.5–9.0 เป็นระดับที่มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- ค่าพีเอช ระหว่าง 9.0–11.0 ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ มีผลทำให้ผลผลิตตกต่ำ การขยายพันธุ์ต่ำ
- ค่าพีเอช 11.0 หรือมากกว่า เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

(3) เครื่องมือและวิธีการตรวจวัด

การตรวจวัดค่าพีเอช สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ ที่เรียกว่า pH-meter

6.4 การนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity of water)

(1) คำนิยาม

ศรีสุวรรณ (2542) ได้อธิบายไว้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ จะมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และค่าพีเอชของน้ำ ซึ่งส่วนขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้นๆ เป็นสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะทางธรณีวิทยา สมบัติของหิน และดิน สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน อัตราการระเหยน้ำ และขบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ เป็นต้น น้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น ในสนามไฟฟ้าไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วลบ และไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วบวก อนุภาคสารจำพวก กรด เบส และเกลืออนินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) โซเดียม (Na₂) คาร์บอเนต (CO₃) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สามารถแตกตัวให้ไอออนบวก และลบได้ ดังนั้นจึงสามารถเป็นสารนำไฟฟ้าได้

ในทางตรงกันข้าม โมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส และเบนซีน ไม่สามารถแตกตัวให้อิออน จึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ ทั้งนี้การนำไฟฟ้าสามารถบอกได้เพียงว่ามีการเพิ่ม หรือลดปริมาณของ อิออนในแหล่งน้ำเท่านั้น ไม่สามารถระบุถึงชนิดของสารที่แตกตัวให้อิออนในแหล่งน้ำนั้นๆ ได้

ค่าการนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำ นอกจากจะขึ้นอยู่กับ การแปรผันของปริมาณความเข้มข้นของสารในแหล่งน้ำแล้ว ยังแตกต่างกันไปตามระยะทางของแหล่งน้ำ และกิจกรรมโดยรอบ บริเวณที่แหล่งน้ำนั้นๆ ไหลผ่านอีกด้วย โดยพบว่าในพื้นที่บริเวณต้นน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำจะมีค่าต่ำ และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อไหลลงสู่เบื้องล่าง หรือช่วงกลางของแม่น้ำ และจะมีค่าสูงมากขึ้น เมื่ออยู่ติดกับระดับน้ำทะเล (ปากแม่น้ำ) ก่อนไหลลงสู่มหาสมุทร

(2) เครื่องมือและวิธีการตรวจวัด

การตรวจวัดอุณหภูมิ น้ำสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ ที่เรียกว่า EC-meter (electrical conductivity meter)

6.5 ความขุ่นของน้ำ (turbidity of water)

(1) คำนิยาม

ความขุ่นของน้ำ สามารถบ่งบอกถึง การมีสารแขวนลอยเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำ ทำหน้าที่ขัดขวางทางเดินแสงที่ผ่านลงในแหล่งน้ำนั้น ตัวอย่างสารเหล่านี้ เช่น ดินละเอียด อินทรีย์สาร อินทรีย์สารที่มีขนาดเล็ก (finely divided organic matter) จุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ เป็นต้น นอกจากสารเหล่านี้จะไปขัดขวางทางเดินแสงแล้ว ยังทำให้เกิดการกระเจา (scattered) และการดูดซึม (absorbed) ของแสง โดยเมื่อแสงส่องกระทบสารเหล่านี้จะเกิดการหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบ หรือไม่สามารถทะลุผ่านไปได้ ทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ได้มีการกำหนดระดับของค่าความขุ่นสูงสุดที่สามารถมีได้ คือ 5 เอ็น ที ยู และระดับของค่าความขุ่นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ คือ 25 เอ็น ที ยู

ความขุ่นของน้ำยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีก ได้แก่

- พื้นที่ท้องน้ำ (bed stream) พื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นกรวด ทราย ดินเหนียว โคลน โดยพื้นที่แต่ละประเภท ล้วนก่อให้เกิดความขุ่นของแหล่งน้ำในลักษณะที่แตกต่าง กันเช่น พื้นที่ท้องน้ำที่เป็นดินเหนียว หรือโคลน จะให้ความขุ่นมากกว่าพื้นที่ท้องน้ำที่เป็นทราย และ กรวด
- ความเร็ว (velocity of flow) กระแสน้ำที่มีความเร็ว และรุนแรง จะพัดพาอนุภาค แวนลอยในแหล่งน้ำ อันเป็นสาเหตุทำให้อนุภาคแวนลอยในน้ำ เกิดการหมุนวนอยู่ตลอดเวลา ทำให้ลักษณะของน้ำขุ่นตลอดเวลา ผิดกับกระแสน้ำที่ช้า และสงบ จะเกิดการหยุดนิ่งของอนุภาค แวนลอย เกิดการตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้แหล่งน้ำบริเวณนั้นใสมากขึ้น
- พื้นที่ชายฝั่ง (stream bank) พื้นที่ชายฝั่งของแหล่งน้ำ มีอิทธิพลต่อความขุ่นของ น้ำ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำที่มีบริเวณพื้นที่ชายฝั่งเป็นดินเหนียว หรือดินเลน ความขุ่นของน้ำจะมีค่า มากกว่า แหล่งน้ำที่มีพื้นที่ชายฝั่งเป็นพวกกรวด และทราย
- การใช้พื้นที่บริเวณต้นน้ำ (upstreamland-use) ในกรณีน้ำไหลผ่านบริเวณทุ่งนา ป่าเขาตามธรรมชาติ น้ำจะมีความขุ่นพอสมควร แต่หากไหลผ่านบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม เหมือน แร่ โรงงานอุตสาหกรรม หรือชุมชนหนาแน่น น้ำนั้นก็มีความขุ่นเพิ่มสูงมากขึ้น
- การย่อยสลายของพืช (decomposed vegetation) เนื่องจากความขุ่นของน้ำมีผล มาจาก ปริมาณสารอินทรีย์ และอนุภาคสารแวนลอยขนาดใหญ่ในแหล่งน้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีการ เน้นเปื้อยของพืชผักต่างๆ ย่อมมีความขุ่นมากกว่าแหล่งน้ำปกติ
- อุณหภูมิ (temperature) น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ จะมีความหนาแน่น (density) มากขึ้น และมีความหนืด (viscosity) สูงขึ้น อนุภาคแวนลอยในแหล่งน้ำจึงตกตะกอนได้ยาก ทำให้แหล่ง น้ำนั้นมีความขุ่นสูงขึ้น ทั้งนี้พิจารณา ลักษณะของพื้นที่ท้องน้ำ แนวพื้นที่ชายฝั่ง หรือกิจกรรมการใช้ ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง ประกอบการวิเคราะห์ด้วยด้วย

(2) หลักการและทฤษฎี

ความขุ่นของน้ำก่อให้เกิดปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมด้านการอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกรองน้ำ อายุการใช้งานของเครื่องกรองน้ำ หรืออาจจะต้องใช้สารเคมีกำจัดความขุ่นของน้ำก่อนที่จะทำการกรองน้ำ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และ เกิดปัญหาต่อการใช้สารทำลายเชื้อโรค เช่น คลอรีนหรือโอโซน โดยความขุ่นจะไปทำการห่อหุ้มเชื้อโรค ทำให้สารทำลายเชื้อโรคไม่สามารถสัมผัสกับเชื้อโรค เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคไม่ดีเท่าที่ควร

การตรวจวัดค่าความขุ่นส่วนใหญ่ ทำการตรวจวัดในน้ำสะอาดมากกว่าน้ำเสีย โดยการวัดค่าความขุ่น เป็นการตรวจวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน หักเห และกระจาย จากการชนกับอนุภาคของของแข็งแขวนลอยในน้ำ ซึ่งการดูดกลืน หักเห และการกระจายแสง ขึ้นกับขนาด และ ลักษณะผิวหน้าของของแข็งแขวนลอย หน่วยของค่าความขุ่นที่อ่านได้จาก เครื่องวัดความขุ่นมีหน่วยเป็น เอ็นทียู (Nephelometric Turbidity Unit: NTU)

(3) เครื่องมือและสารเคมี

1. เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity PC Checkit Lovibond)
2. สารละลายความขุ่นมาตรฐาน

(4) วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับเครื่องวัดความขุ่น โดยทำการปรับเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ความขุ่น 1 NTU, 10 NTU, 100 NTU และ 1000 NTU

2. เติมน้ำตัวอย่างลงในหลอดวัดความขุ่น 5 มิลลิลิตร วัดค่าจากเครื่องวัดความขุ่น

6.6 ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO)

(1) หลักการและทฤษฎี

นิพนธ์ (2549) อธิบายถึง ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ว่ามีที่มาจากสองแหล่ง คือ การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และจากบรรยากาศเหนือผิวน้ำ ทั้งนี้ ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำนั้น ขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ของแหล่งน้ำนั้นๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ โดยพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจนสามารถละลายได้ดีกว่า พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงๆ นอกจากนี้ ในพื้นที่ที่กระแสน้ำไหลแรง มีคลื่นมาก หรือมีการกระทบกับโขดหินเป็นระยะๆ จะช่วยให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศกระทบกับ อนุภาคของน้ำได้มากขึ้น เกิดการละลายตัวได้ดีขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ ความดันบรรยากาศ สิ่งเจือปนในน้ำ แสงแดด จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำ ก็มีผลต่อการละลายตัวของก๊าซออกซิเจน สู่แหล่งน้ำอีกด้วย ค่า ดีโอ ที่วัดได้นั้น ยังบ่งบอกถึงความเหมาะสมของแหล่งน้ำในการดำรงชีพของสัตว์น้ำด้วย พบว่า ค่าดีโอ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ อยู่ในช่วง 5-6 พีพีเอ็ม หากค่าดีโอ ลดลงจนถึงระดับ 3-4 พีพีเอ็ม จะทำให้สัตว์น้ำหยุดการบริโภคอาหาร และหากค่า ดีโอ ต่ำกว่า 1 พีพีเอ็ม พบว่าสัตว์น้ำบางชนิดอาจตายได้ และยังสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพน้ำได้เช่นกัน คือ หากค่า ดีโอ ที่วัดได้ มีค่า น้อยกว่า หรือเท่ากับ 4 ก็แสดงว่าน้ำในบริเวณนั้นมีการเน่าเสีย ยิ่งต่ำมากเพียงใด ก็แสดงให้เห็นถึงความเน่าเสียของคุณภาพน้ำบริเวณนั้นมากเท่านั้น ซึ่งค่าดีโอ นี้เป็นตัวชี้บ่งได้ถึงกระบวนการย่อยสลายสารทางชีวภาพ และยังเป็นพารามิเตอร์ในการหาค่าบีโอดี ค่าซีโอดี และค่าทีโอดี ได้เช่นกัน

วิธีการที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ค่าดีโอในน้ำ แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีไอโอโดเมตริก หรือวิธีวินเคลอ (Winkler)
2. วิธีเอไซด์แบบปรับปรุง หรือวิธีวินเคลอแบบปรับปรุง (Azide or Winkler Modification)
3. วิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด

วิธีมาตรฐานที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ คือ วิธีไอโอโดเมตริก หรือ วิธีวินเคลอ (Winkler) มีหลักการคือ ให้ก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไอออนของแมงกานีส ภายใต้สภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งจะทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์ไอออนของไอโอไดค์ ให้เป็นไอโอดีน ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ปริมาณของไอโอดีนที่เกิดขึ้นจะสมมูลกับปริมาณของดีไอที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งการวัด ปริมาณของไอโอดีนที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้จากการไทเทรตด้วย โซเดียมไทโอซัลเฟต ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถย้อนกลับได้ ดังนั้น จึงมีการคิดค้นวิธีปรับปรุง เพื่อแก้ไขปัญหา โดยสารละลายของเอไซด์ที่ใช้ จะผสมกับสารละลาย อัลคาไลไอโอไดค์ เรียกว่า อัลคาไลไอโอไดค์เอไซด์ (AIA) ส่วนวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด เป็นการใช้เครื่องมือในการวัด ดังนั้น จึงเหมาะสมในการ ทำงานในภาคสนาม อีกทั้งยังลดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งรบกวนต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำ เช่น ตะกอนแขวนลอยในน้ำ น้ำที่มีสีเข้ม หรือน้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย

(2) เครื่องมือและสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร ขนาด 200 มิลลิลิตร
- ชุดบิวเรต

รีเอเจนต์

- สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (0.05 M MnSO_4)
- สารละลายอัลคาไลไอโอไดค์เอไซด์ (AIA)
- กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
- น้ำแป้ง
- สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต (0.025 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

(3) วิธีการวิเคราะห์

- เก็บตัวอย่างน้ำ ตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง ทำการบันทึกเวลา รวมทั้ง ลักษณะทางกายภาพบริเวณแหล่งน้ำที่เก็บ และทำการวัดค่า pH ของน้ำ หลังจากตั้งทิ้งไว้ ครบตามเวลา

- ทำการเจือจางน้ำตัวอย่าง แบ่งใส่ขวด ขวดละ 300 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต ได้ผิวน้ำ 2 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายอัลคาไลไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์ 2 มิลลิลิตร
- เขย่าขวดคว่ำ-หงาย ประมาณ 30 วินาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 1 ใน 3 ของขวด
- เขย่าครั้งที่ 2 ทิ้งไว้สักครู่ จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร
- เขย่าขวดเบาๆ คว่ำไปมา จนสารละลายใส จากนั้น เทสารละลายทิ้ง 97 มิลลิลิตร
- หยคน้ำแบ่งลงไปนในสารละลายจนกระทั่งเห็นสีเข้ม
- นำสารละลายที่เหลือมาไทเทรตด้วย สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต จนถึงจุดยุติ แล้วทำการบันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้
- นำผลของปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตมาคำนวณหาค่า DO_0 ตามสมการ ดังนี้

$$DO_0 \text{ (mg./L.)} = \frac{8,000 \times \text{ความเข้มข้น } Na_2S_2O_3 \times \text{ปริมาตร } Na_2S_2O_3 \dots\dots\dots \text{สมการที่ (2)}}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}}$$

6.7 ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

(1) คำนิยาม

ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า ค่าบีโอดี เป็นค่าที่แสดงถึง คุณภาพน้ำ และความสกปรกของน้ำ ค่าบีโอดีเป็นการวัดปริมาณความต้องการ ก๊าซออกซิเจน โดยวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งถึงความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนที่

เชื้อจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ตามธรรมชาติ ทั้งนี้ กระบวนการต่างๆ ต้องเกิดในภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ให้เปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (นิพนธ์, 2550)

(2) หลักการและทฤษฎี

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในประเทศไทย ระบุค่ามาตรฐานของค่าบีโอดี ในน้ำทิ้งจากสถานที่ต่างๆ ไม่เท่ากัน แต่ค่าสูงสุดที่มีการกำหนดไว้นั้น กำหนดให้ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีการกำหนดระดับมาตรฐานของระบบการบำบัดน้ำเสีย ตามชุมชนหรือนิคมอุตสาหกรรมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของระบบการบำบัด น้ำเสียก่อนปลดปล่อยเป็นน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติด้วย เพื่อให้คุณภาพน้ำทิ้งก่อนปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ อยู่ภายในขอบเขตค่ามาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้นั่นเอง

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่มีการกำหนดนี้ เพื่อควบคุมคุณภาพ และประสิทธิภาพของระบบการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเป็นสำคัญ อันจะนำไปสู่ผลของคุณภาพน้ำตามธรรมชาติที่ดี และยั่งยืนต่อไป ทั้งนี้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานส่วนใหญ่ใช้นั้น มักใช้งานร่วมกัน 2 ระบบ คือ ระบบที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน และระบบที่มีการใช้ก๊าซออกซิเจน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ตามเกณฑ์ด้วย (นิพนธ์, 2550)

(3) เครื่องมือและวิธีการตรวจวัด

การตรวจวัด ค่าบีโอดีนั้น ทำได้โดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำในวันที่แรกของการทำการทดลอง (DO_0) และในวันที่ 5 ของการทำการทดลอง (DO_5) จากนั้นนำใช้ผลต่างที่ได้ มาคำนวณหาค่าบีโอดี ตามสมการ ดังนี้

$$BOD... = ...DO_0 - DO_5..... \text{สมการที่ (3)}$$

ทั้งนี้ DO_5 หาจากปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำหลังจากเก็บน้ำตัวอย่างไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง (ขวดแก้ว) แล้วเก็บไว้พ้นแสง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

หากมีการเติมน้ำตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ ให้ใช้สมการหาค่า BOD ดังนี้

$$\text{BOD (mg./ L.)} = \frac{[\text{DO}_0 - \text{DO}_5] \times 100}{\% \text{ dilute}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (4)}$$

(4) การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะความสกปรกมากน้อยของน้ำตัวอย่าง ซึ่งความสกปรกน้ำสามารถพิจารณาเบื้องต้นได้จาก คุณสมบัติทางกายภาพ และสิ่งแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำนั้นๆ (คณิตาและนิพนธ์, 2550)

โดยการวิเคราะห์ค่าบีโอดีทั้ง 2 วิธีได้แก่

(4.1) การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีโดยตรง ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างที่เลือกใช้ในการทำการตรวจวิเคราะห์ มีค่าบีโอดีไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4.2) การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีโดยวิธีการเจือจาง ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างที่เลือกมาวิเคราะห์ มีค่าบีโอดีเกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร (เจือจางด้วยน้ำกลั่น)

ทั้งนี้ โดยทั่วไปนิยมทำการเจือจางไม่น้อยกว่า 3 ช่วงของค่าบีโอดี ดังนี้

- ร้อยละการเจือจางที่มีค่าบีโอดีโดยประมาณ
- ร้อยละการเจือจางที่มีค่าบีโอดี สูงกว่า ค่าบีโอดีโดยประมาณ
- ร้อยละการเจือจางที่มีค่าบีโอดี ต่ำกว่า ค่าบีโอดีโดยประมาณ

7. พืชมันสำปะหลัง

7.1 ข้อมูลทั่วไป (คนัย, 2537)

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.
ชื่อวงศ์	Euphorbiaceae
Division	Tracheophyta
Subdivision	Agiospermae
Class	Dicotyledonae
Order	Ceraniales
Family	Euphobiaceae
Genus	<i>Manihot</i>
Species	<i>Esculenta</i>
ชื่อสามัญ	Cassava, Tapioca, Manihot
ถิ่นกำเนิด	แถบทวีปอเมริกาใต้

7.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไป (จุฬาลักษณ์, 2549)

(1) ราก

ราก มีลักษณะที่เรียกว่า modified root แบบ storage root ทำหน้าที่ในการสะสมอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต (แป้งและน้ำตาล) โดยรากที่เกิดจากการใช้ท่อนพันธุ์ปลูก เป็นรากแบบ adventitious root ทั้งนี้ ลักษณะ จำนวน รูปร่างและขนาดของรากนั้น เป็นไปตามชนิดพันธุ์และปริมาณสารอาหารที่สะสมไว้ตามอายุการปลูก

(2) ลำต้น

ลำต้นเป็นทรงพุ่ม ขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 1-5 เมตร เมื่อลอกเปลือกออก จะพบน้ำยางสีขาวข้น มีทั้งลำต้นเดี่ยว และแตกกิ่งก้านสาขา 2-3 กิ่ง ลักษณะเด่นของลำต้นนั้น จะพบเห็นรอยแผลที่เกิดจากการหลุดร่วงของใบแก่ที่เปลือกลำต้นชัดเจน

(3) ใบ

ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว สีเขียวเข้ม มีขอบใบเว้าลึก ลักษณะเป็นแฉกเรียกว่า palmately lobe พบประมาณ 3-9 lobe อาจพบขนตามใบอ่อนเล็กน้อย จนถึงมาก หรือในบางสายพันธุ์ อาจไม่พบเลย และแต่ละสายพันธุ์ พบว่า มีลักษณะสีของก้านใบที่แตกต่างกัน

(4) ดอก

ดอกเป็นดอกแยกเพศ พบทั้งดอกเพศผู้ และดอกเพศเมียเกิดอยู่ในช่อเดียวกัน ลักษณะของช่อดอกเป็นแบบ panicle ดอกเพศผู้มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ โดยสีของกลีบเลี้ยง มีตั้งแต่สีขาว สีส้ม สีเขียว สีแดง และสีม่วง ไม่พบวงกลีบดอก แต่ละดอกมีเกสรเพศผู้ 10 อัน แบ่งเป็น 2 วง คือ วงในพบ 5 อัน และมีก้านสั้นกว่า ส่วนวงนอกจะมีก้านยาวกว่าวงใน และพบเกสร 5 อัน ส่วนดอกเพศเมียนั้น มีลักษณะคล้ายดอกเพศผู้ คือ มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ สีของกลีบเลี้ยงที่พบมีตั้งแต่สีขาว สีส้ม สีเขียว สีแดง และสีม่วง ไม่มีวงกลีบดอก รังไข่อยู่เหนือ วงกลีบ ประกอบด้วย 3 carpels 3 locules เป็นแบบ axile placentation

(5) ผลและเมล็ด

เป็นแบบ capsule แต่ละผลจะมี 6 ปีก เมื่อผลแก่ จะแตกออก และคิดเมล็ดกระจายออกจากดอก เมล็ดของมันสำปะหลัง มีสีน้ำตาลดำ หรือสีเทา คล้ายกับ เมล็ดของละหุ่ง แต่มีขนาดเล็กกว่าที่เมล็ดจะเห็น caruncle ซึ่งมีสีขาว สีชมพู หรือสีม่วง

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฑาลักษณ์ (2549) ได้ทำการศึกษา เรื่อง ปริมาณแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลง โดยใช้วิธีการสกัด และวิธีการวิเคราะห์ของเยาวมาลัย (2523) ซึ่งใช้น้ำกลั่นในการสกัด Hydrolyzed Tannins และใช้เมทานอลในการสกัด Condensed Tannins โดยใบมันสำปะหลังที่ทำการศึกษา มี 3 สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ห้วยบง และพันธุ์ระยอง ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ใบมันสำปะหลังที่สามารถสกัดได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง

อีกทั้งปริมาณของสารแทนนินที่สกัดได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับอายุของต้นมันสำปะหลังด้วย โดยปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้น

ณัฐกานต์ (2549) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ BOD และ DO ในบึงหนองหาร จังหวัดสกลนคร โดยปัจจัยที่เลือกใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความลึก อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นเบส ความขุ่น ความเค็ม ปริมาณน้ำฝน และจำนวนประชากร นามาสร้างสมการ และทำการศึกษาในลักษณะการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น สรุปว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี และดีไอ ที่ชัดเจน และมีความสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ปัจจัยในเรื่องความขุ่น ส่วนปัจจัยเรื่อง ความเค็ม และความเป็นกรดเป็นเบส มีผลต่ำ และปัจจัยในเรื่อง ความลึก อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และประชากร มีผลต่อค่าบีโอดี และดีไอในทางอ้อม ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี และค่าดีไอนั้น ต้องอาศัยอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงด้านอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยรอบบริเวณบึงหนองหาร

ประเชิญ (2530) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การสกัดแยกสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง เพื่อใช้ประโยชน์ในการฟอกหนังชนิดฟอกทับ โดยทำการสกัดสารแทนนินออกจากเปลือกไม้โกงกาง ที่ทำการบดด้วยเครื่องทุบชิ้นไม้ ด้วยน้ำในสภาวะที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน และทำการตรวจปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้ และปริมาณตะกอนแทนนินฟอรั้มลดีไฮด์ โดยวิธี stiasny และนำสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกไม้โกงกาง ไปทดสอบการฟอกหนังชนิดฟอกโครมทับผาด และเปรียบเทียบกับคุณภาพของสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกไม้มิโมซา ที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลีย ซึ่งผลที่ได้พบว่า คุณสมบัติของหนังที่ผ่านการฟอกด้วยสารแทนนินทั้งสองชนิด มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาก และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

วัลลภและคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบมันสำปะหลัง: แทนนิน โดยใช้สารละลาย 9 ชนิด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ น้ำ อะซิโตน เอทิลแอลกอฮอล์ เบนซีน ปีโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลอะซิเตท และ เฮกเซน ที่อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน และทำการวิเคราะห์ชนิดของตัวแทนนิน ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) จากนั้นนำสารแทนนินที่สกัดได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) โดยทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของสารสีที่ลดลง (% decolorization) พบว่า สารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินได้ในปริมาณสูงสุด คือ อะซิโตน ที่ความเข้มข้น 50% โดยใช้เวลาสกัด 2 ชั่วโมง

ได้สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 10.833 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในสภาพความเป็นกรดที่ค่าพีเอช เท่ากับ 5 สามารถสกัดสารแทนนินได้ดี และยังพบว่า สารที่มีคุณสมบัติการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดี คือ สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วย อะซิโตน 50% ผสมกับเอทิล แอลกอฮอล์ 80%

ศรีสุวรรณ (2542) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีบางประการ ของน้ำเสีย จากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี ที่ผ่านระบบบำบัดบริเวณแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยศึกษา ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำเรื่องอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นเบส ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า สี และความขุ่น ทั้งนี้การตรวจสอบได้ทำการแบ่งช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างออกเป็นฤดูกาล และนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนการบำบัดในแต่ละช่วงฤดูกาล พบว่า ค่าเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แสดงถึงคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน และผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบธรรมชาติที่แหลมผักเบี้ย พบว่า คุณภาพน้ำเสียดังกล่าวมีคุณภาพดีขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยธรรมชาติจากแหลมผักเบี้ย สามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากชุมชนได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียในพื้นที่ชุมชนอื่นๆ ได้

สุรัสวดี (2542) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี และซีโอดี ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยวิธีห้ำกรองน้ำเสีย ซึ่งการศึกษาวิจัยนั้น วางแผนการทดลองเป็นการใช้ที่ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับการปลูกพืช ที่ระยะเวลาน้ำท่วมขัง 5 วันสลับกับพื้นที่แห้ง 2 วัน และใช้ระยะทางในการบำบัด 20, 40, 60, 80 และ 100 เมตร ตามลำดับ และใช้พืช 6 ชนิด ได้แก่ กกกลม หญ้าแฝกพันธุ์อินโดนีเซีย หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา หญ้าคาล่า หญ้าโคสโครอส และหญ้าสตาร์ ผลการศึกษาพบว่าระยะทางที่สามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ดี ได้แก่ ระยะทาง 80 และ 100 เมตร และการบำบัดโดยใช้ดินเพียงอย่างเดียว และการใช้พืชปลูกร่วมในการบำบัด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการบำบัดค่าบีโอดี แต่แนวโน้มในการใช้พืชปลูกร่วมในการบำบัดจะสามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ดีกว่า ส่วนการบำบัดค่าซีโอดีนั้น พบว่า ภายหลังผ่านกระบวนการบำบัด ค่าค่าซีโอดีมีค่าสูงมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยารีดักชันในดิน สรุปว่า กระบวนการที่ศึกษานี้สามารถใช้ในการบำบัดค่าบีโอดีได้ แต่ไม่สามารถบำบัดค่าซีโอดีได้ ส่วนชนิดพืชที่ใช้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการบำบัด แต่ผลการบำบัดของกกกลม หญ้าแฝกพันธุ์อินโดนีเซีย และหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มในการบำบัดค่าบีโอดีได้ดีกว่า

อาภรณ์ (2539) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การบำบัดปีโอติ และ ซีโอติ ในน้ำเสียชุมชน เมือง เพชรบุรี โดยใช้ที่ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ที่ระยะเวลาน้ำท่วมขัง 3, 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน โดยใช้พืช 2 ชนิด ได้แก่ กกกลม และธูปฤาษี ผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดค่าบีโอดี ได้แก่ การขังน้ำ 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน และการใช้พืชร่วมในการบำบัด สามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ดีกว่าการใช้ดินเพียงอย่างเดียวในการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนชนิดพืช นั้น ไม่มีความแตกต่างในการบำบัด นอกจากนี้ยังพบว่า การทดลองไม่สามารถช่วยบำบัดค่าซีโอติ ในน้ำเสียได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Hagerman (1988) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากใบพืช โดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวกับระยะเวลาเจริญเติบโตในแต่ละฤดูกาล และช่วงอายุของใบ ทั้งนี้สารละลายที่นำมา ใช้ในการศึกษา ได้แก่ อะซิโตน เมทานอล และ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกผสมเมทานอล ซึ่งผลจากการสกัดสารแทนนินในใบพืช 3 ชนิดที่เลือกศึกษา ได้แก่ Burr Oak, Sugar Maple และ Shagbark Hickory พบว่า สารละลายที่สามารถสกัดสารแทนนินออกจากพืชได้สูงที่สุด ได้แก่ อะซิโตน โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกใช้อะซิโตนที่ความเข้มข้น 70% นอกจากนี้พบว่า ชนิดของพืชที่เลือกศึกษาทั้ง 3 ชนิดนั้น Sugar Maple เป็นพืชที่สามารถสกัดได้สารแทนนินสูงที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง

1.1 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- (1) เครื่องชั่งละเอียด ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PB 303
- (2) เครื่อง UV-vis-spectrophotometer ยี่ห้อ JENWAY รุ่น 6405 UV/ Vis
- (3) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (cooling bath) ยี่ห้อ HETO รุ่น CBN 28-30
- (4) เครื่องวัดอุณหภูมิ
- (5) อุปกรณ์แยกสกัดสาร (soxhlet extractor)
- (6) อุปกรณ์ระเหยสุญญากาศ (evaporator)
- (7) อุปกรณ์กรองสุญญากาศ (sucker pump)
- (8) อุปกรณ์อื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ เช่น ขวดรูปชมพู่ กรวยกรอง กระบอกตวง ปิเปต

แท่งแก้วคนสาร เป็นต้น

1.2 สารเคมี

- (1) อะซิโตน
- (2) เอทิลแอลกอฮอล์

2. อุปกรณ์และสารเคมีในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ทางกายภาพในเรื่องสี กลิ่น อุณหภูมิ ค่าความขุ่น การนำไฟฟ้า และทางด้านเคมี เรื่อง ค่าพีเอช ค่าดีโอ และค่าบีโอดี ต้องการอุปกรณ์ และสารเคมีในการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

- 2.1 เครื่องวัดค่าความขุ่น ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100 P
- 2.2 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ YSI 30 รุ่น 30/10 FT
- 2.3 เครื่องวัดค่าพีเอช ยี่ห้อ pH-ATech รุ่น Cyber Scan 500 pH

2.4 อุปกรณ์และสารเคมีตามวิธี BOD incubation 20°C 5 day ดังนี้

(1) อุปกรณ์

- ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- ตู้ดูดควัน

(2) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่าบีโอดี

- สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
- สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
- สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์
- สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-เอไซด์ (alkali-iodide-azide reagent)
- กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
- น้ำแข็ง
- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล
- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล
- สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล
- สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.025 นอร์มัล

การเตรียมการทดลอง

1. การพิจารณาเลือกใช้สารสกัด

สารแทนนิน เป็นสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่สามารถแตกตัวได้ถึง 9 หมู่ด้วยกัน (ภาพที่ 1) จึงเป็นสารที่มีคุณสมบัติของสารที่มีขั้ว สามารถละลายน้ำได้ (Hung *et.al.*, 2008) และด้วยโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (OH) จำนวนมาก (Organic Chem, 2550) จึงสามารถแตกตัวได้ดีในสารที่มีขั้วเช่นเดียวกัน

จากการค้นข้อมูลที่ได้มีผู้ทำการศึกษา วิธีการสกัดสารแทนนินจากพืช พบว่า มีการใช้สารที่แตกต่างกันในการสกัด โดยจุฑาลักษณ์ (2549) ศึกษา ปริมาณสารสกัดแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลง ใช้วิธีการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ด้วยการต้มเดือดในน้ำกลั่น และวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดแทนนิน ตามวิธีของเยวมาลย์ (2523) คล้ายคลึงกับการศึกษาเรื่องระดับของสารแทนนินที่มีผลต่อกระเพาะอาหารของสัตว์ของ เมธา (2545) และการศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง เพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรมฟอกหนัง ของประเชิญ (2530) ได้ใช้การสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง ด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

นอกจากการใช้น้ำ ในการสกัดสารแทนนินจากพืชแล้ว พบว่า มีการใช้สารชนิดอื่นเพื่อการสกัดสารแทนนินจากพืชอีกเช่นกัน ดังการศึกษาของ Hagerman (1988) ได้ทำการสกัดสารแทนนินจากใบพืช โดยใช้ อะซิโตน เมทิลแอลกอฮอล์ และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกผสมเมทิลแอลกอฮอล์ พบว่า อะซิโตน สามารถสกัดสารแทนนินจากใบพืชได้ดีที่สุด และจากงานวิจัยของ วัลลภ และคณะ (2551) ได้เลือกใช้สารละลายที่มีขั้วหลายชนิด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ น้ำกลั่น อะซิโตน เอทิลแอลกอฮอล์ เบนซีน บิวทานอล เฮกเซนปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ และเอทิลอะซิเตท ผลจากการวิจัย ให้ข้อสรุปว่าสารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้ดี คือ อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์

ดังนั้น จึงได้เลือกใช้สารสกัด 3 ชนิดในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ได้แก่ น้ำกลั่น อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์ ทั้งนี้ อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์ ที่นำมาใช้ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังในครั้งนี้ ได้เลือกความเข้มข้นของสารทั้งสองที่ความเข้มข้นเท่ากัน คือ ความเข้มข้น 50% , 60% , 70% , 80% และ 90%

2. การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenlic Compound ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

การวิเคราะห์หาปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง สามารถคำนวณจากสมการมาตรฐาน ที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenlic Compound ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ที่ความยาวคลื่น = 735 นาโนเมตร ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ Total Phenlic Compound

(1) เตรียมสารละลายมาตรฐานของ tannic acid เข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการชั่งสาร tannic acid 10 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

(2) ปิเปตสารละลายจากข้อ 1 ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

(3) เติม folin-ciocalteu phenol reagent 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ (2) และเขย่า

(4) เติม 20% Na_2CO_3 5 มิลลิลิตร ลงไป ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

(5) ตั้งสารละลายทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

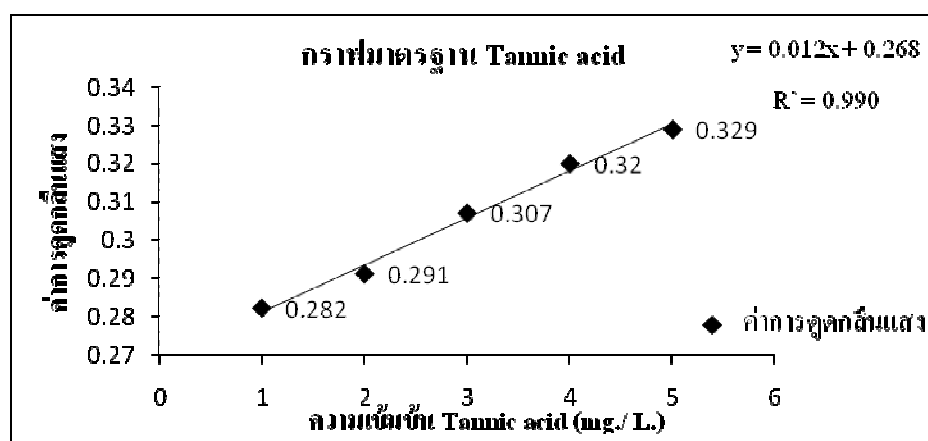
(6) สร้างกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง Abs กับ ความเข้มข้น tannic acid ที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) วิเคราะห์สารตัวอย่าง โดยทำการเจือจางสารตัวอย่าง 10 เท่า แล้วปิเปต 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นทำตามขั้นตอนในข้อ (3-5)

(8) หาค่า total phenolic compound จากสมการมาตรฐาน (สมการที่ 5)

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์หา Total Phenlic Compound ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

ความเข้มข้น Tannic Acid (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.282
2	0.291
3	0.307
4	0.320
5	0.329



ภาพที่ 3 ค่ามาตรฐานการวิเคราะห์หา Total Phenlic Compound โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

หมายเหตุ สมการมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ

$$y = 0.012x + 0.268 \dots \dots \dots \text{สมการที่ (5)}$$

ค่า $R^2 = 0.990$ คือ ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแกน x และ แกน y

ค่า x คือ ค่าความเข้มข้นของกรดแทนนิน (มิลลิกรัมต่อลิตร) และ

ค่า y คือ ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 735

นาโนเมตร

วิธีการ

1. ศึกษาสารสกัด และระยะเวลาที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว

การศึกษาศารสกัด และระยะเวลาที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังนั้น ได้เลือกใช้สารสกัดประเภทสารที่มีขี้ เนื่องจากสารแทนนิน เป็นสารที่มีขี้ สามารถแตกตัวได้เป็นไฮโดรเจนอิสระ และจับกับสารที่มีขี้อื่นๆ ได้ดี การวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้นั้น วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteus reagent ที่ความยาวคลื่น = 735 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่อง ไปคำนวณตามสมการมาตรฐานที่ได้ (สมการที่ 5)

การทดลอง เพื่อหาสารที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังครั้งนี้ เลือกใช้สารประเภทที่มีขี้ 3 ชนิด ในการสกัด คือ น้ำกลั่น อะซิโตน และ เอทิลแอลกอฮอล์ โดยในเบื้องต้นใช้ปริมาณสาร 400 มิลลิกรัมต่อปริมาณใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ทำการสกัดสารแทนนินด้วยเครื่องแยกสกัดสาร(soxhlet extractor) จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ตามช่วงระยะเวลาต่างๆ คือ 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้การสกัดด้วยอะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์นั้น ใช้สารที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปในการสกัด โดยความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิดที่เลือกใช้เท่ากัน คือ 50% , 60% , 70% , 80% และ 90% ตามลำดับ

ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้ และคำนวณหาปริมาณสารแทนนินในสารละลายนั้น ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ตามเวลาที่กำหนดไว้เป็นระยะ เพื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด และอัตราส่วนที่เหมาะสม และดีที่สุดในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง

2. ศึกษาระยะเวลา ที่เหมาะสม และดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารผสม ระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในการสกัด

สารผสมที่เลือกใช้ในการสกัดสารแทนนิน จากใบมันสำปะหลังนั้น ได้เลือกสารสกัดชนิดที่มีขี้ 2 ชนิด คือ อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ผสมเป็นสารละลาย ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 และระยะเวลาที่เลือกสกัด คือ 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นพิจารณาข้อมูล

ระหว่างปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ กับระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดจากการทดลอง เพื่อพิจารณาเลือกใช้ระยะเวลาในการสกัดที่ดีที่สุดในขั้นตอนต่อไป

ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้ และคำนวณหาปริมาณสารแทนนินในสารละลายนั้น ด้วยเครื่อง UV-vis-spectrophotometer ตามเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมและดีที่สุด ที่สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้ดีที่สุด

3. ศึกษาปริมาณใบมันสำปะหลัง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนิน และปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง โดยใช้ อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตรา ส่วน 1 ต่อ 1 ในการสกัด

ทำการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้ปริมาณใบมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อพิจารณาถึงปริมาณใบในสำปะหลังที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถสกัดสารแทนนินออกมาได้มากที่สุด และระยะเวลาที่ทำการทดสอบได้เลือกใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมงเป็นหลัก และเลือกใช้ระยะเวลาที่ต่ำกว่า และมากกว่าในการสกัดเพิ่มเข้าไปในงานทดลอง เพื่อพิจารณาระยะเวลาที่ดีที่สุดอีกครั้ง โดยสารที่ใช้สกัด คือ อะซิโตน 60% ผสมกับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ใช้ใบมันสำปะหลังปริมาณ 40, 60, 100, 120, 140 และ 150 กรัม และระยะเวลา 1-6 ชั่วโมง ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างไปทำการตรวจวัดปริมาณสารแทนนินที่สกัดออกมาได้โดยใช้เครื่อง UV-vis-spectrophotometer ตามเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อพิจารณาระยะเวลา และปริมาณใบมันสำปะหลังที่เหมาะสมและดีที่สุด ที่สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้ปริมาณมาก และดีที่สุด

เมื่อทำการสกัดสารแทนนินได้ตามปริมาณที่ต้องการแล้ว นำสารแทนนินที่สกัดได้ไปทำการแยกสารสกัดออก ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ เพื่อให้สารสกัดแทนนินที่ได้ เป็นสารละลายสารแทนนินเข้มข้น จากนั้นเก็บใส่ขวดสีชา เพื่อเตรียมนำไปทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง ในการบำบัดคุณภาพน้ำเสียต่อไป

4. ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี เปรียบเทียบก่อน/ หลัง การบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมีนั้น ได้เลือกใช้ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 7 ชนิด โดยแบ่งเป็น ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านกายภาพ ได้แก่ กลิ่น สี อุณหภูมิ ความขุ่น และค่าการนำไฟฟ้า ส่วนดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำ (DO) และค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของแหล่งน้ำ (BOD)

4.1 การตรวจวิเคราะห์น้ำทางกายภาพ

4.1.1 สี และกลิ่น ตรวจวิเคราะห์โดยใช้ประสาทสัมผัสการมองเห็น (ตา) และการดมกลิ่น (จมูก)

4.1.2 อุณหภูมิ ตรวจวิเคราะห์ด้วย เครื่องเทอร์โมมิเตอร์

4.1.3 ความขุ่น ตรวจวิเคราะห์ด้วย เครื่องวัดค่าความขุ่น ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100 P

4.1.4 การนำไฟฟ้า ตรวจวิเคราะห์ด้วย เครื่องวัดการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ YSI รุ่น 30/ 10 FT

4.2 การตรวจวิเคราะห์น้ำทางเคมี

4.2.1 ค่าพีเอช ตรวจวิเคราะห์ด้วย เครื่องวัดค่าพีเอช ยี่ห้อ ATech รุ่น Cyber Scan 500

4.2.2 ค่าดีไอ ตรวจวิเคราะห์ด้วย วิธีการไตเตรท

4.2.3 ค่าบีโอดี ตรวจวิเคราะห์ด้วย วิธี BOD incubation 20°C 5 day

ตัวอย่างของน้ำเสียที่ใช้ในการทำการวิเคราะห์ เป็นน้ำเสียที่ได้มาจากสถานที่ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทั้งหมด 3 สถานที่ ได้แก่

- (1) คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม
- (2) คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี
- (3) คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑันม ฟังอาคารพุทธเกษตร

ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 สถานที่เหล่านี้ มีที่มาแตกต่างกันไป โดยน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม เป็นน้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดจากอาคารที่พักอาศัย ห้องอาหาร ส่วนน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี มีแหล่งกำเนิดมาจากอาคารเรียนภายในมหาวิทยาลัย น้ำฝนที่เอ่อล้นจากบริเวณขอบถนน และน้ำเสียที่ได้จากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑันม ฟังอาคารพุทธเกษตร เป็นน้ำเสียที่ได้จากกาก และเศษเหลือจากการแปรรูปน้ำมันดิบเป็นผลิตภัณฑ์โดยตรง

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง ได้แบ่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียออกเป็นระยะ โดยแต่ละระยะเว้นช่วงเวลาห่างกัน 2 เดือน เป็นการทดสอบ 3 ชั่วโมง ทั้งการนำสารสกัดแทนนินมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้น ได้แบ่งการทดลองออกโดยใช้สารสกัดแทนนินบำบัดน้ำเสียในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

ทำการตรวจวิเคราะห์ตามวิธีการ และขั้นตอนที่เตรียมไว้ และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนิน ในการบำบัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี โดยเน้นการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ) ของค่าความขุ่น และค่าบีโอดีในน้ำเสีย ซึ่งคำนวณได้จากค่าความขุ่น และค่าบีโอดีในน้ำเสียก่อนการบำบัด เปรียบเทียบกับค่าความขุ่น และค่าบีโอดีในน้ำเสียภายหลังจากการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ตามสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)} = \left[\frac{\text{ค่าความขุ่นก่อนการบำบัด} - \text{ค่าความขุ่นหลังการบำบัด}}{\text{ค่าความขุ่นก่อนการบำบัด}} \right] \times 100. \text{สมการที่ (6)}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)} = \left[\frac{\text{ค่าบีโอดีก่อนการบำบัด} - \text{ค่าบีโอดีหลังการบำบัด}}{\text{ค่าบีโอดีก่อนการบำบัด}} \right] \times 100. \dots \text{สมการที่ (7)}$$

6. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) แบบ Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้หลักในการประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการสัตววิทยาพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

8. ระยะเวลาในการทดลอง

ช่วงระหว่าง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 รวมทั้งสิ้น 15 เดือน

ผลและวิจารณ์

1. ศึกษาสารสกัด และระยะเวลา ที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว

ผลการทดลองที่ได้จากการใช้สารสกัดชนิดที่มีขั้ว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น อะซิโตน และ เอทิลแอลกอฮอล์ ในความเข้มข้นต่างๆ กัน สกัดสารแทนนินออกจากใบมันสำปะหลัง ในปริมาณ 40 กรัม เป็นเวลา 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า น้ำกลั่นสามารถสกัดสารแทนนิน จากใบมันสำปะหลังได้ แต่ปริมาณสารสกัดแทนนินที่สกัดได้ มีปริมาณน้อยกว่าปริมาณสารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลังด้วยสารสกัดอื่นๆ คือ ที่ระยะเวลาการสกัด 5 ชั่วโมง น้ำกลั่น สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เท่ากับ 1.111 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3)

โดยสารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินได้ดีที่สุด คือ อะซิโตน 80% โดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 5 ชั่วโมง อะซิโตน 80% สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ได้ 8.829 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ที่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากัน สารที่สามารถสกัดได้ดีรองลงมา คือ อะซิโตน 60% , 90% และ 70% ตามลำดับ โดยสามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังปริมาณ 40 กรัม ได้ 8.822, 8.820 และ 8.815 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์นั้น สามารถสกัดสารแทนนินได้ดีที่สุด เมื่อใช้ความเข้มข้น เท่ากับ 80% โดยที่ระยะเวลาการสกัด 5 ชั่วโมง เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดสารแทนนินได้ 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ที่สามารถสกัดได้ดีรองลงมา คือ ความเข้มข้น เท่ากับ 90% โดยที่ระยะเวลาการสกัดเท่ากัน เอทิลแอลกอฮอล์ 90% สามารถสกัดสารแทนนินได้ 8.801 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณสารสกัดแทนนินที่ อะซิโตน 60% สามารถสกัดได้ในปริมาณมากที่สุด ที่ระยะเวลาการสกัด 5 ชั่วโมง คือ 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น มีค่าเท่ากับ ปริมาณสารแทนนินที่เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดได้เป็นเวลา 5 ชั่วโมงเท่ากัน

จากการสังเกตความแตกต่างของสารละลายที่สกัดโดยสารสกัดที่มีขั้วทั้ง 3 ชนิดนั้น พบว่า สารละลายที่ได้จากการใช้น้ำกลั่น สกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง จะมีสีอ่อนกว่าสารละลายที่ได้จากการใช้อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์ในการสกัดสารสกัดแทนนิน รวมทั้งสารละลายที่ได้เมื่อนำไปทำการระเหย เพื่อแยกเอาสารสกัดออก เพื่อให้ได้สารละลายที่มีปริมาณ สารสกัดแทนนิน

เข้มข้น พบว่า สารละลายที่ใช้น้ำกลั่นในการสกัดสารสกัดแทนนิน จะมีความหนืดสูง และเกิดฟองอากาศเป็นจำนวนมาก เมื่อให้ความร้อน และความดันพร้อมๆกัน ทำให้ยากต่อการระเหยเอาน้ำกลั่นออก ต่างจากสารละลายที่ได้จากการใช้ อะซิโตน และเอทิลแอลกอฮอล์ สกัดสารสกัดแทนนินที่สามารถระเหยเอาสารสกัดออกได้ง่าย และใช้ระยะเวลาสั้นกว่า

ตารางที่ 3 สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่นที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
0.5	0.083 a
1	0.417 a
2	0.500 b
3	0.806 bc
4	1.000 cd
5	1.111 d

$$CV(\%) = 15.3$$

ค่า F-Test

$$T(\text{Time}) = ** ; \text{LSD}(5\%) = 0.178$$

หมายเหตุ 1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยอะซิโตนที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของอะซิโตน (เปอร์เซ็นต์)									
	50		60		70		80		90	
0.5	0.2777	a	4.111	g	4.3333	g	5.0557	h	5.8887	kl
1	0.6667	b	5.111	ij	4.9167	h	5.361	j	6.1943	l
2	1.861	c	5.861	k	5.75	k	6.8333	m	7.139	mn
3	2.6943	d	7.167	no	7.5557	op	6.9447	mn	7.9167	pq
4	3.0833	e	7.7777	pq	7.8057	pq	7.9443	q	8.583	r
5	3.4447	f	8.822	s	8.815	s	8.829	s	8.820	s

CV(%) = 3.3

ค่า F-Test

CON-A (Concentration of acetone) = ** ; LSD (5%) = 0.127

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 0.139

CON-A $\times$ T = ** ; LSD (5%) = 0.312

หมายเหตุ หน่วยของปริมาณสารสกัดแทนนิน คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 5 สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ (เปอร์เซ็นต์)				
	50	60	70	80	90
0.5	0.127 a	0.204 a	1.472 d	3.111 i	3.222 i
1	0.299 ab	0.972 c	2.528 h	3.917 j	4.639 k
2	0.609 b	1.306 cd	3.417 i	5.695 m	5.889 m
3	0.972 c	1.861 ef	3.972 j	6.583 n	6.722 n
4	1.528 d	2.278 gh	5.111 l	7.761 o	7.639 o
5	1.944 fg	2.583 h	6.445 n	8.822 q	8.801 p

CV(%) = 5.7

ค่า F-Test

CON-E (Concentration of ethyl alcohol) = ** ; LSD (5%) = 0.139

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 0.152

CON-E $\times$ T = ** ; LSD (5%) = 0.341

หมายเหตุ หน่วยของปริมาณสารสกัดแทนนิน คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การศึกษาสารสกัด และระยะเวลา ที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว พบว่า สารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินออกจากใบมันสำปะหลังได้ดีที่สุด คือ อะซิโตน (Hangerman, 1988) โดยที่ในระยะเวลาในการสกัด เท่ากับ 5 ชั่วโมง อะซิโตน 80% สามารถสกัดสารแทนนินได้ดีที่สุด (วัลลภและคณะ, 2551) คือ สามารถสกัดสารแทนนิน จากใบมันสำปะหลังปริมาณ 40 กรัม ได้ 8.829 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) แต่จากการพิจารณาผลที่ได้ พบว่า ปริมาณสารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยอะซิโตน ที่มีความเข้มข้น 60% , 70% , 80% และ 90% จากใบมันสำปะหลังปริมาณ 40 กรัม ที่เวลา 5 ชั่วโมง มีปริมาณใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีอยู่ในอักษรชุดเดียวกัน (ตารางที่ 4) และผลการใช้เอทิลแอลกอฮอล์สกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม พบว่า เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดสารแทนนินได้มากที่สุด คือ 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการสกัด 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 5) เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณสารสกัดแทนนิน ที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ สารสกัดแทนนินที่เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดจากใบมันสำปะหลัง ได้มากที่สุด ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง คือ 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ เท่ากับ ปริมาณสารสกัดแทนนินที่อะซิโตน 60% สามารถสกัด ได้ที่ระยะเวลาเท่ากัน

จากผลการศึกษาสารสกัด และระยะเวลาที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียวในการสกัดครั้งนี้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วัลลภและคณะ (2551) เรื่อง การเปรียบเทียบปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง กับระยะเวลาการสกัด รวมทั้งชนิดของสารสกัด และผลการสกัดสารแทนนินด้วยสารอะซิโตนที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดสารแทนนินในใบพืชของ Hagerman (1988)

ทั้งนี้ ผลทางสถิติที่ได้จากการทดลอง เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของค่าความเข้มข้นของ

สารสกัด กับระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัลลภและคณะ (2551) และ จุฬาลักษณ์ (2549) เช่นกัน คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกสารสกัดที่มีข้อ 2 ชนิด คือ อะซิโตน 60% และ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% มาทำเป็นสารละลายผสม ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อใช้ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในการทดลองขั้นต่อไป

2. ศึกษาระยะเวลา ที่เหมาะสมและดีที่สุด ในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในการสกัด

ผลการทดลองการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 พบว่า ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้สูงสุดที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลังปริมาณ 40 กรัม ที่ระยะเวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง คือ 12.250 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6)

จากผลการทดลองใช้สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า ที่ระยะเวลาในการสกัด 5 ชั่วโมงเท่ากัน สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สามารถสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้ 12.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่อะซิโตน 60% และ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% สามารถสกัดได้เพียง 8.822 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4 และ 5) ซึ่งปริมาณสารสกัดแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีปริมาณมากกว่าปริมาณสารสกัดแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วย อะซิโตน 60% หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% เพียงอย่างเดียว ถึง 3.428 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยใช้สารละลายผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 กับ อะซิโตน 60% หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% เพียงอย่างเดียว พบว่า การใช้ สารละลายผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีประสิทธิภาพในการสกัดได้มากกว่า ถึง 38.857%

ตารางที่ 6 สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง 40 กรัม ด้วยสารผสมระหว่างอะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ที่ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
0.5	4.611 a
1	6.222 b
2	7.028 c
3	9.250 d
4	10.889 e
5	12.250 f

$$CV(\%) = 1.5$$

ค่า F-Test

$$T(\text{Time}) = ** ; \text{LSD}(5\%) = 0.221$$

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ซึ่งใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 6) พบว่า ระยะเวลาในการสกัดสารแทนนินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะเวลาการสกัด 5 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณสูงสุดของค่าเฉลี่ยของสารสกัดแทนนินที่ได้ คือ 12.250 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเห็นควรใช้สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เพื่อใช้บำบัดคุณภาพน้ำเสียต่อไป

3. ศึกษาปริมาณไขมันสำปะหลัง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินและปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จากไขมันสำปะหลัง โดยใช้ อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ใน อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในการสกัด

ผลการใช้สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปริมาตร 1,800 มิลลิลิตร สกัดสารแทนนินจากไขมันสำปะหลัง พบว่า สารผสมสามารถสกัดสารแทนนินได้ดี ที่ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อทำการปรับปริมาณไขมันสำปะหลังที่ใช้ในการสกัดจาก 40 กรัม เป็น 60, 80, 100, 120, 140 และ 150 กรัม พบว่า สารสกัดแทนนินที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แปรผันตรงตามปริมาณของไขมันสำปะหลังที่ใช้สกัด แต่จากการทดลองพบว่า หากใช้ไขมันสำปะหลังในปริมาณที่มากกว่า 150 กรัม ทำให้เกิดปฏิกิริยาการดูดซับสารละลายของไขมันสำปะหลังที่บดละเอียดขึ้น ทำให้สารละลายไม่สามารถทำการสกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ จากผลการทดลองที่ได้บ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณของไขมันสำปะหลังที่ใช้ในการสกัด รวมทั้งระยะเวลาการสกัดนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัลลภและคณะ (2551) และ จุฑาลักษณ์ (2549) เช่นกัน

จากการทดลอง พบว่า ที่ระยะเวลาในการสกัด 5 และ 6 ชั่วโมง สารผสม ระหว่างอะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สามารถสกัดสารแทนนินจากไขมันสำปะหลัง ปริมาณ 150 กรัม เท่ากับ 108.504 และ 108.613 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ซึ่งใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 สารสกัดแทนนินที่สกัด ด้วยสารผสมระหว่างอะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% จากใบมันสำปะหลังที่มีปริมาณ และระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

เวลา	ปริมาณใบมันสำปะหลัง (กรัม)													
(ชม.)	40		60		80		100		120		140		150	
1	7.264	a	14.516	e	30.782	i	34.483	kl	37.762	m	50.758	r	65.459	w
2	8.057	a	20.055	f	31.929	i	34.010	kl	41.991	o	52.922	s	76.442	v
3	9.844	b	22.642	g	33.525	k	38.791	mn	45.182	q	55.298	t	90.071	z
4	11.267	c	24.267	h	34.272	kl	39.973	n	51.050	r	59.204	u	97.920	A
5	12.472	cd	26.879	i	34.866	kl	42.522	op	60.074	uv	66.917	x	108.504	B
6	12.701	d	28.200	i	35.288	l	43.799	pq	61.009	v	67.141	x	108.613	B

CV(%) = 2.9

ค่า F-Test

N-CL (Number of Cassava leaves) = ** ; LSD (5%) = 3.741

T (Time) = * ; LSD (5%) = 11.093

N-CL × T = ** ; LSD (5%) = 1.413

หมายเหตุ หน่วยของปริมาณสารสกัดแทนนิน คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ดังนั้น จึงเลือก สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ใน อัตราส่วน 1 ต่อ 1 เป็นสารสกัด โดยใช้ปริมาณใบมันสำปะหลัง 150 กรัม และ ระยะเวลาในการสกัด เท่ากับ 5 ชั่วโมง เป็นวิธีการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำเสียต่อไป

4. ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี เปรียบเทียบก่อน/ หลัง การบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

4.1 ลักษณะทั่วไปของสถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง

4.1.1 คู่น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

มีลักษณะเป็นคูดิน ขอบล้อมรอบด้วยกำแพงปูน ผิวน้ำพบฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก มีเศษใบไม้ลอยเต็มผิวน้ำ เป็นพื้นที่อับแสง ด้านหลังอาคารขนาดใหญ่แสงแดดส่องได้เพียงเล็กน้อย น้ำมีกลิ่นเหม็นเน่า มีสีเทาเข้ม จนดำ ลักษณะผิวน้ำใส สามารถมองลึกลงไปจากผิวน้ำได้ พบสัตว์น้ำอาศัยอยู่ กิจกรรมรอบแหล่งน้ำ เป็นสถานบริการที่พักอาศัย แหล่งกำเนิดของน้ำเสียมาจากห้องพักอาศัย และห้องอาหาร

4.1.2 คู่น้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

มีลักษณะเป็นคูดิน มีวัชพืชขึ้นล้อมรอบ ริมฝั่งพบกองขยะที่ผ่านการเผาและที่ทิ้งใหม่หลายกอง มีเศษใบไม้ลอยเต็มผิวน้ำ เป็นที่โปร่ง โล่งแจ้ง แสงแดดส่องถึงเต็มที่ น้ำมีกลิ่นเหม็นเน่า มีสีเทาเข้ม มีลักษณะขุ่น ไม่พบสัตว์น้ำอาศัยอยู่ กิจกรรมรอบแหล่งน้ำ เป็นเส้นทางสัญจร แหล่งกำเนิดของน้ำเสียมาจาก อาคารเรียนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.3 คู่น้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฝั่งอาคารพุทธเกษตร

มีลักษณะเป็นคูดิน มีวัชพืชขึ้นล้อมรอบจำนวนมาก มีการปลูกพืชพุทธรักษาล้อมรอบแนวริมฝั่ง มีเศษใบไม้ลอยเต็มบนผิวน้ำ เป็นที่โปร่ง โล่งแจ้ง แสงแดดส่องได้เพียงเล็กน้อย น้ำมีกลิ่นเหม็นเน่า สีขาวขุ่น มองลึกลงไปใผิวน้ำไม่เห็น พบสัตว์น้ำอาศัยอยู่ กิจกรรมรอบแหล่งน้ำ เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก แหล่งกำเนิดของน้ำเสียมาจากกาก และเศษเหลือจากการแปรรูป น้านมดิบเป็นผลิตภัณฑ์

4.2 กลิ่น และสีของน้ำ

ผลการบำบัดกลิ่น และสีของน้ำเสีย จากสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สารสกัดแทนนินสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี ที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 นอกจากนี้พบว่า สารสกัดแทนนินสามารถบำบัดน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร ได้ดีกว่าน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม และน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์ ดังนี้

4.2.1 ผลการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 4 : 1

พบว่า สี และกลิ่นของน้ำเสีย ลดลงตามระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มมากขึ้น โดย ที่ระยะเวลาการบำบัด 3 ชั่วโมง น้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มีกลิ่นเริ่มจาง และสีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น และที่ระยะเวลาการบำบัด 4 ชั่วโมง พบว่า กลิ่นของน้ำเสียได้รับการบำบัด จนไม่มีกลิ่น และสีของน้ำเสียเป็นสีน้ำตาล เริ่มใสขึ้น (ตารางที่ 8) ส่วนน้ำเสียที่ได้จากคูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์ พบว่า สารสกัดแทนนิน สามารถบำบัดกลิ่นได้ตั้งแต่ ระยะเวลาการบำบัด ที่ 2 ชั่วโมง และ ที่ระยะเวลาการบำบัด 4 ชั่วโมง สามารถบำบัดจนไม่มีกลิ่นของน้ำเสีย และ สีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน (ตารางที่ 9) และน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร พบว่า ที่ระยะการบำบัด 3 ชั่วโมง สารสกัดแทนนินสามารถบำบัดกลิ่นของน้ำเสีย จนไม่มีกลิ่น และสีของน้ำเสียใสขึ้น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม – ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาล เริ่มใส	น้ำตาล ใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม – ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาล เริ่มใส	น้ำตาล ใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม – ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาล เริ่มใส	น้ำตาล ใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม – ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาล เริ่มใส	น้ำตาล ใส

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก๊าซนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส	ใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส	ใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส	ใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส	ใส

4.2.2 ผลการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 6 : 1

พบว่า สี และกลิ่นของน้ำเสียลดลงตามระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่ระยะเวลาการบำบัด 3 ชั่วโมง น้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มีกลิ่นเริ่มจาง และสีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น และที่ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง พบว่า กลิ่นเหม็นของน้ำเสียหายไป และสีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เริ่มใส (ตารางที่ 11) ส่วนน้ำเสียที่ได้จากคูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี พบว่า ที่ระยะเวลาการบำบัด 3 ชั่วโมง กลิ่นของน้ำเสียเริ่มจาง และสีของ น้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และที่ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง กลิ่นของน้ำเสียหมดไป และสีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ใสขึ้น (ตารางที่ 11) และน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก๊าซนม ฟังอาคารพุทธเกษตร พบว่า ที่ระยะการบำบัด 4 ชั่วโมง กลิ่นของน้ำเสียหมดไป และน้ำเสียใสขึ้นที่ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 10) เห็นได้ว่า ระยะเวลาการบำบัดที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากสถานที่ต่างๆ เพิ่มมากขึ้นกว่าการบำบัดด้วยการใช้สารสกัดแทนนินในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 4 : 1

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณด้านหลัง โรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่
ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม – ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล เริ่มใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล เริ่มใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล เริ่มใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	น้ำตาลขุ่น	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล เริ่มใส

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัด
ด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล ใส

ตารางที่ 13 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก๊าซนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง	เริ่มใส

4.2.3 ผลการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 9 : 1

พบว่า สี และกลิ่นของน้ำเสียลดลงตามระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่ ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง น้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มีกลิ่นของน้ำเสีย เริ่มจางลง และสีของน้ำเสียเป็นสีน้ำตาลอ่อน (ตารางที่ 14) ส่วนน้ำเสียที่ได้จาก คูน้ำบริเวณสี่แยก ไปรษณีย์ พบว่า ที่ระยะเวลาการบำบัด 4 ชั่วโมง กลิ่นของน้ำเสียเริ่มจาง และน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสี น้ำตาลอ่อน (ตารางที่ 15) และน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก๊าซนม ฟังอาคารพุทธเกษตร พบว่า ที่ระยะเวลาการบำบัด 3 ชั่วโมง กลิ่นของน้ำเสียเริ่มจาง และสีของน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น เริ่มใส เห็นได้ชัดเจนว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากสถานที่ต่างๆ เพิ่มมากขึ้นกว่าการ บำบัดน้ำเสียด้วยการใช้สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 4 : 1 และ 6 : 1

ตารางที่ 14 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณด้านหลัง โรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่
ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทาขุ่น	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทาขุ่น	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทาขุ่น	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม-ดำ	เทาเข้ม	เทาขุ่น	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน

ตารางที่ 15 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรัชนิย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัด
ด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง
	สี	เทาเข้ม ขุ่น	เทาเข้ม	เทา เริ่มใส	เทา เริ่มใส	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลอ่อน

ตารางที่ 16 คุณภาพน้ำเสียจาก คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง

วันที่	ดัชนี	เวลา					
		0	1	2	3	4	5
4 ก.พ. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง
7 เม.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง
9 มิ.ย. 51	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง
เฉลี่ย	กลิ่น	เหม็นเน่า	เหม็น	เหม็น	กลิ่นเริ่มจาง	กลิ่นเริ่มจาง	ไม่มีกลิ่น
	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น เริ่มใส	ขาวขุ่น จาง	ขาวขุ่น จาง

จากผลการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจาก
สถานที่ที่กำหนด พบว่า อัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ที่ระยะเวลาการบำบัด
2-3 ชั่วโมง สารสกัดแทนนินสามารถบำบัดคุณภาพของสี และกลิ่นของน้ำเสีย ได้ดีกว่าอัตราส่วน
น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 และ 9 : 1 เนื่องจากที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน
เท่ากับ 4 : 1 สารสกัดแทนนินสามารถแตกตัว และเข้าทำปฏิกิริยากับสารเจือปนในน้ำเสียได้ดีกว่า
อัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 และ 9 : 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัดค่าพีเอช
(ภาพที่ 7, 8 และ 9) ค่าความขุ่น (ภาพที่ 10, 11 และ 12) และค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

4.3 อุณหภูมิของน้ำ

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดอุณหภูมิน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

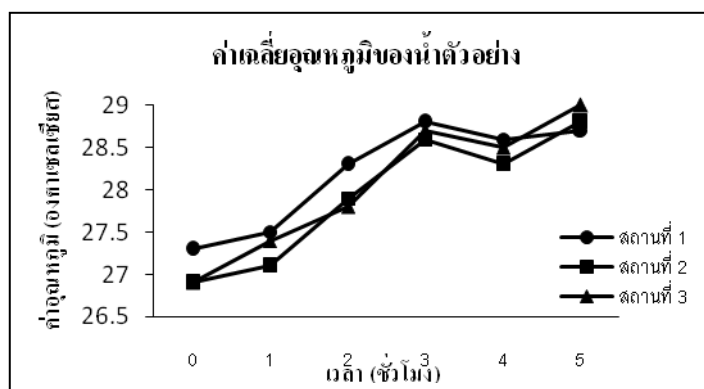
สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี

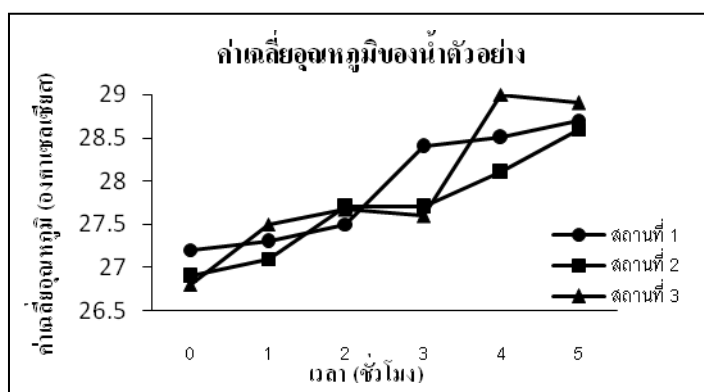
สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

จากผลการทดลอง การใช้สารสกัดแทนนินในการบำบัดอุณหภูมิของน้ำเสีย พบว่า การใช้สารสกัดแทนนิน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสียอย่างชัดเจน โดยอัตราส่วนของน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 , 6 : 1 และ 9 : 1 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหลังระยะเวลาการบำบัดที่ 1 ชั่วโมง และเมื่อระยะเวลาการบำบัดผ่านไปที่ 3-4 ชั่วโมง สังเกตได้ว่าอุณหภูมิของน้ำเสีย เริ่มเข้าสู่ระดับคงที่ (ภาพที่ 4, 5 และ 6)

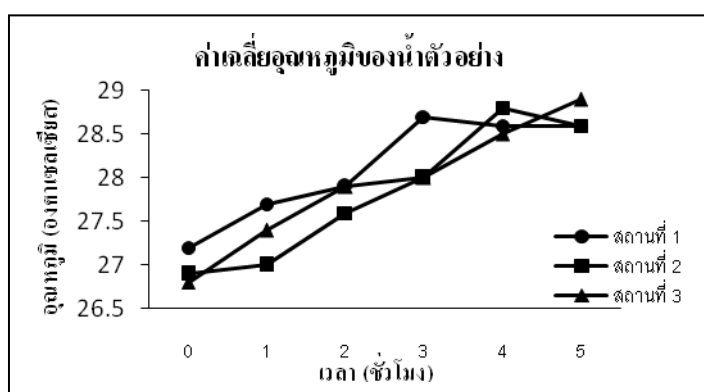
แสดงให้เห็นว่า สารสกัดแทนนินไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสีย เนื่องจาก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17)



ภาพที่ 4 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 5 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 6 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสีย ภายหลังจากบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมัน
สำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	สถานที่	เวลา (ชั่วโมง)					
		0	1	2	3	4	5
4 : 1	1	27.27	27.50	28.30	28.77	28.57	28.67
	2	26.93	27.13	27.90	28.60	28.50	28.80
	3	26.90	27.40	27.77	28.70	28.47	29.03
6 : 1	1	27.27	27.27	27.53	28.40	28.47	28.67
	2	26.93	27.07	27.70	27.73	28.10	28.63
	3	26.90	27.47	27.67	27.60	29.00	28.90
9 : 1	1	27.27	27.73	27.93	28.73	28.60	28.63
	2	26.93	26.97	27.57	28.00	28.77	28.63
	3	26.90	27.37	27.90	28.03	28.47	28.93

CV(%) = 1.5

ค่า F-Test

R (Ratio) = * ; LSD (5%) = 0.16

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 0.22

A (Area) = * ; LSD (5%) = 0.16

R × T × A = ns ; LSD (5%) = 0.66

หมายเหตุ หน่วยของอุณหภูมิ คือ องศาเซลเซียส

สถานที่ 1 คือ คู่น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คู่น้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คู่น้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั่วโมง

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการทดลอง การใช้สารสกัดแทนนินในการบำบัดอุณหภูมิน้ำเสีย พบว่า อัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดอุณหภูมิของน้ำเสียได้ดีที่สุด เนื่องจาก พบว่า ที่ระยะเวลาการบำบัด 3 ชั่วโมง อัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 อุณหภูมิของน้ำเสีย เริ่มมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงลงที่ (ภาพที่ 4) ขณะที่อัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 และ 9 : 1 อุณหภูมิของน้ำเสียยังมีการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 5 และ 6)

ซึ่งผลที่ได้จากการทดลอง แสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาการแตกตัวของสารสกัดแทนนิน ในน้ำเสีย กับ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินที่ ระยะเวลาการบำบัดแตกต่างกัน (ภาพที่ 4, 5, 6 และตารางที่ 17) สอดคล้องกับผลการตรวจวัด ค่าพีเอช (ภาพที่ 7, 8 และ 9) ค่าความขุ่น (ภาพที่ 10, 11 และ 12) และค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

4.4 ค่าพีเอช

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าพีเอช น้ำเสีย ภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

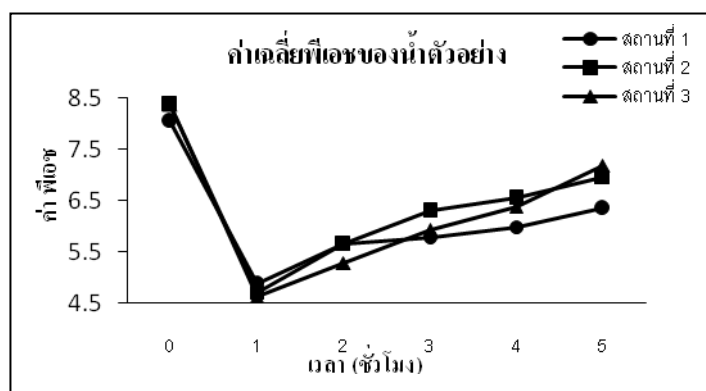
สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี

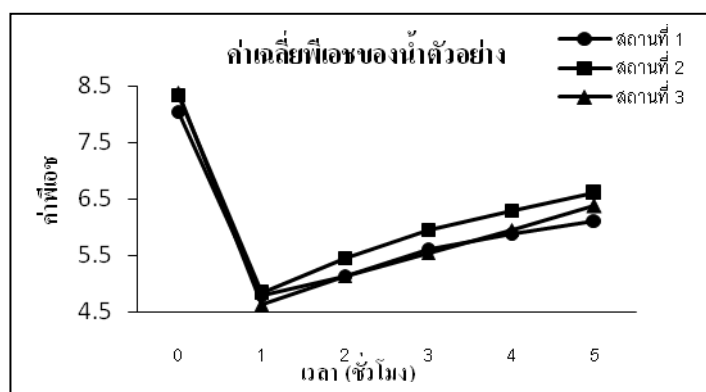
สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

จากผลการทดลอง การใช้สารสกัดแทนนิน บำบัดน้ำเสียจากสถานที่ที่กำหนด พบว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1, 6 : 1 และ 9 : 1 ที่ระยะเวลาการบำบัด 1 ชั่วโมง ค่าพีเอช ลดต่ำลง และค่อยๆสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาพเป็นกลาง ที่ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง (ภาพที่ 7, 8 และ 9) ทั้งนี้ เนื่องจากสารสกัดแทนนินเป็นสารที่มีประจุบวก เพราะมีไอออนไฮโดรเจนอิสระเป็นจำนวนมาก เมื่อใส่ลงไปลงในน้ำเสีย จึงเกิดการแตกตัว ปลดปล่อยเอาไฮโดรเจนอิสระออกมา มีผลทำให้ค่าพีเอชของน้ำเสียลดต่ำลง และเมื่อเวลาผ่านไป ไอออนไฮโดรเจนอิสระเกิดการจับตัวกับตะกอนต่างๆในน้ำ ทำให้ไอออนของไฮโดรเจนมีปริมาณลดลง ค่าพีเอชของน้ำเสียจึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาพเป็นกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัดค่าความขุ่น (ภาพที่ 10, 11 และ 12) และค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

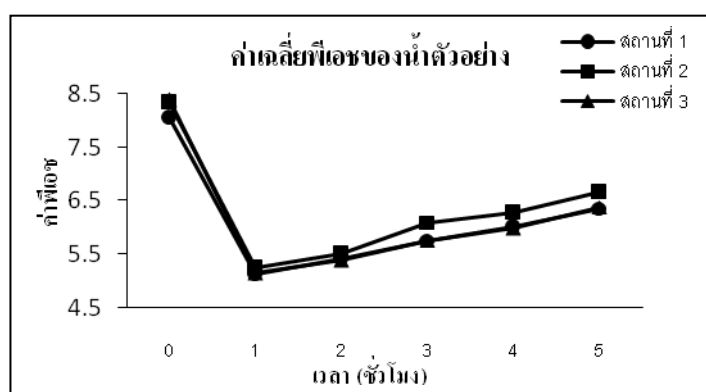
เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยพีเอชที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ เนื่องจากที่ระยะเวลาการบำบัด 1 ชั่วโมง ค่าพีเอชลดต่ำลง แต่เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด 5 ชั่วโมง ค่าพีเอชก็กลับเข้าสู่สภาวะปกติดังเดิม (ตารางที่ 18)



ภาพที่ 7 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกักแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกักแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 8 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกักแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกักแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 9 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกักแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกักแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมัน
สำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	สถานที่	เวลา (ชั่วโมง)					
		0	1	2	3	4	5
4 : 1	1	8.05	4.87	5.66	5.77	5.99	6.35
	2	8.37	4.70	5.65	6.30	6.55	6.96
	3	8.37	4.63	5.28	5.93	6.39	7.19
6 : 1	1	8.05	4.78	5.14	5.61	5.88	6.11
	2	8.37	4.83	5.46	5.96	6.29	6.60
	3	8.37	4.64	5.13	5.54	5.95	6.37
9 : 1	1	8.05	5.12	5.41	5.75	6.01	6.35
	2	8.37	5.24	5.50	6.09	6.27	6.66
	3	8.37	5.14	5.38	5.75	5.98	6.38

CV(%) = 2.7

ค่า F-Test

R (Ratio) = ** ; LSD (5%) = 0.07

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 0.09

A (Area) = ** ; LSD (5%) = 0.07

R × T × A = ns ; LSD (5%) = 0.28

หมายเหตุ สถานที่ 1 คือ คู่น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คู่น้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คู่น้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณท์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น
95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลอง ประสิทธิภาพการบำบัดค่าพีเอชของน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนิน พบว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เข้าสู่สภาพ เป็นกลางที่ระยะเวลาการบำบัด 3-4 ชั่วโมง โดยให้ประสิทธิภาพการบำบัดดีกว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 และ 9 : 1 (ภาพที่ 7,8,9 และ ตารางที่ 18)

นอกจากนี้ยัง พบว่า น้ำเสียจากคูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑันม ผังอาคารพุทธเกษตร และน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์ มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เข้าสู่ สภาพเป็นกลางภายหลัง ระยะเวลาการบำบัดที่ 3-4 ชั่วโมง ได้ดีกว่า น้ำเสียที่ได้จากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม (ตารางที่ 18) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัดค่าความขุ่น (ภาพที่ 10, 11 และ 12) และค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

4.5 ค่าความชุ่ม

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าความชุ่มน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

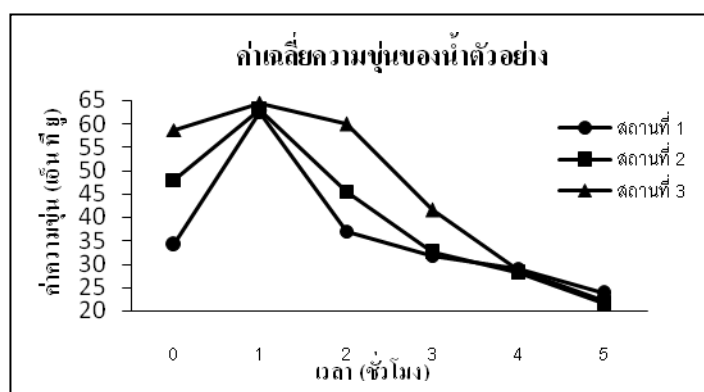
สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่พยอม

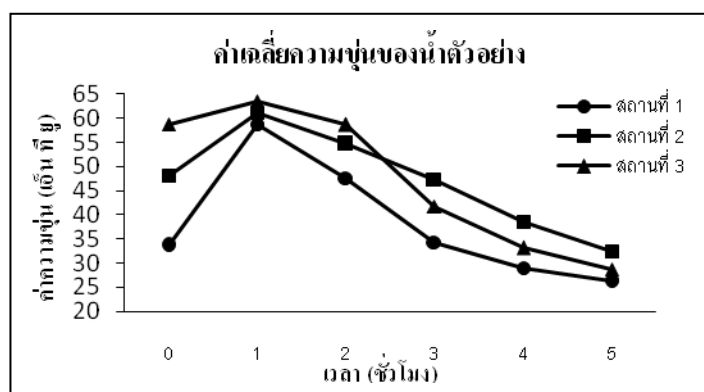
สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

จากการทดลอง ประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนิน ในการบำบัดค่าความชุ่มของน้ำเสียจาก 3 สถานที่ที่กำหนด พบว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 และ 6 : 1 ที่ระยะเวลาการบำบัด 1 ชั่วโมง ค่าความชุ่มของน้ำเสียทั้ง 3 สถานที่เพิ่มสูงขึ้น และค่อยๆ ต่ำลงที่ระยะเวลาการบำบัด 2-5 ชั่วโมง (ภาพที่ 10 และ 11) ขณะที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ค่าความชุ่มของน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มีค่าเฉลี่ยความชุ่มเพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าเฉลี่ยความชุ่มของน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่พยอม และน้ำเสียจากคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร อย่างชัดเจน (ภาพที่ 12) ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดแทนนินเป็นสารที่มีประจุบวก เพราะมีไอออนไฮโดรเจนอิสระเป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 1) เมื่อเติมลงในน้ำเสีย จึงเกิดการแตกตัว ปลดปล่อยเอาไฮโดรเจนอิสระออกมา มีผลทำให้ค่าความชุ่มของน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไป ไอออนไฮโดรเจนอิสระเกิดการจับตัวกับตะกอนต่างๆ ในน้ำเสีย ยังผลให้มีปริมาณลดลง ค่าค่าความชุ่มของน้ำเสียจึงค่อยๆ ลดต่ำลง

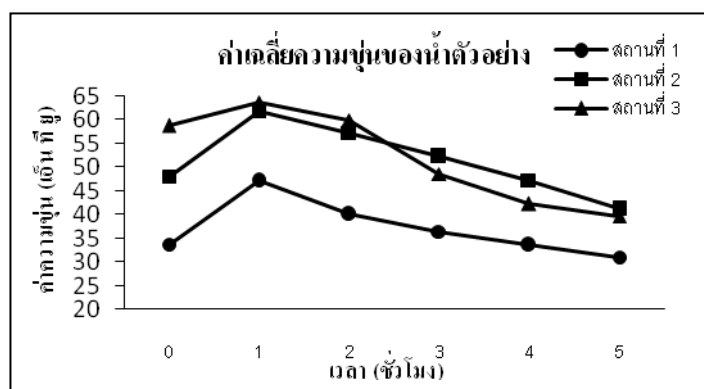
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัด พบว่า สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความชุ่มของน้ำเสียในแต่ละแห่ง เท่ากับ 30.50% , 55.21% และ 62.29% ตามลำดับ ที่อัตราส่วน 6 : 1 เท่ากับ 22.19% , 32.54% และ 51.14% ตามลำดับ และ 9 : 1 เท่ากับ 7.84% , 14.44% และ 32.65% ตามลำดับ



ภาพที่ 10 ค่าความชุ่มชื้นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 11 ค่าความชุ่มชื้นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 12 ค่าความชุ่มชื้นของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าความชุ่มชื้นของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจาก
ใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	สถานที่	เวลา (ชั่วโมง)											
		0		1		2		3		4		5	
4 : 1	1	34.13	fghi	62.53	uv	36.93	ijk	31.80	efg	29.03	cde	23.67	ab
	2	48.00	no	62.93	uv	45.47	n	32.50	fg	28.13	cd	21.53	a
	3	58.60	rs	64.33	v	59.93	rstu	41.50	lm	28.63	cde	22.07	a
6 : 1	1	34.13	fghi	58.77	rst	47.57	no	34.33	ghi	28.97	cde	26.20	bc
	2	48.00	no	61.17	stuv	54.67	pq	47.30	no	38.53	jkl	32.43	fg
	3	58.60	rs	63.53	v	58.70	rst	41.80	m	33.10	fg	28.73	cde
9 : 1	1	34.13	fghi	47.07	no	40.03	klm	36.37	hij	33.53	fgh	31.03	def
	2	48.00	no	61.83	tuv	57.33	qr	52.30	p	47.23	no	41.13	lm
	3	58.60	rs	63.77	v	59.90	rstu	48.53	o	42.20	m	39.60	klm

CV(%) = 4.5

ค่า F-Test

R (Ratio) = ** ; LSD (5%) = 0.76

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 1.07

A (Area) = ** ; LSD (5%) = 0.76

R × T × A = ** ; LSD (5%) = 3.22

หมายเหตุ หน่วยของค่าความชุ่มชื้น คือ เอ็น ที ยู

สถานที่ 1 คือ คู่น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คู่น้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คู่น้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น

95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความชุ่มที่ได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 19)

จากผลการทดลอง พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความชุ่มของน้ำเสียจากสถานที่ที่กำหนด ภายหลังจากการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีกว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 และ 9 : 1 (ภาพที่ 10, 11, 12 และ ตารางที่ 19)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนิน ในการบำบัดค่าความชุ่มของน้ำเสีย จากสถานที่ที่กำหนด พบว่า ค่าเฉลี่ยความชุ่มของน้ำเสีย จากคูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ขี้เหล็ก และจาก คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร ได้รับการบำบัดค่าความชุ่มจากสารสกัดแทนนิน ได้ดีกว่าน้ำเสียจากคูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัด ค่าพีเอช (ภาพที่ 7, 8 และ 9) ค่าความชุ่ม (ภาพที่ 10, 11 และ 12) และค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสารสกัดแทนนิน ในการบำบัดค่าความชุ่มของน้ำเสีย พบว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ย 30–65 % ขณะที่อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ย 20–55% และ อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ย 7–35%

4.6 ค่าการนำไฟฟ้า

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาในการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

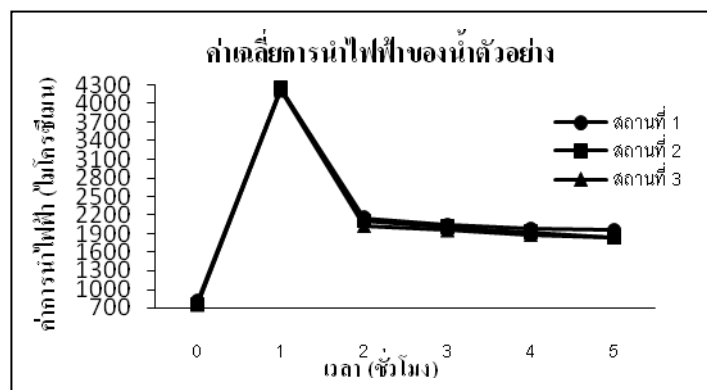
สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมวัน

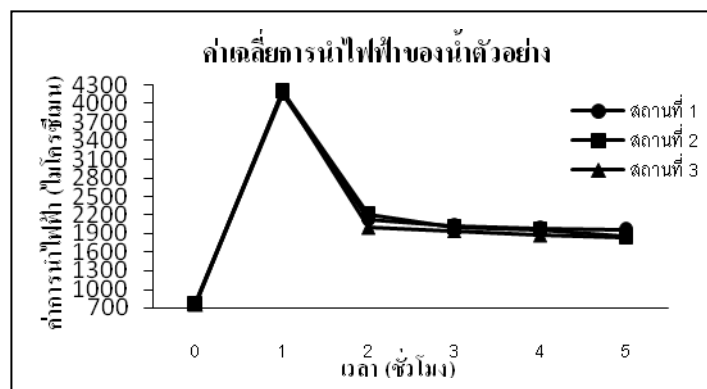
สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑนม ฟังอาคารพุทธเกษตร

พบว่า หลังการใช้สารสกัดแทนนิน บำบัดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเพิ่มมากขึ้น และค่อยๆ ลดต่ำลงที่ระยะเวลาการบำบัด 2-5 ชั่วโมง ทั้งนี้ เนื่องจากสารสกัดแทนนินเป็นสารที่มีประจุบวก เพราะมีไอออนไฮโดรเจนอิสระเป็นจำนวนมาก เมื่อใส่ลงไปในน้ำเสีย จึงเกิดการแตกตัว ปลดปล่อยเอาไฮโดรเจนอิสระออกมา มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น และเมื่อระยะเวลาการบำบัดผ่านไป ไฮโดรเจนอิสระจะเกิดการจับตัวกับประจุแขวนลอยต่างๆ ในน้ำเสีย ทำให้มีปริมาณลดลง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียจึงค่อยๆ มีค่าลดต่ำลง (ภาพที่ 13-15)

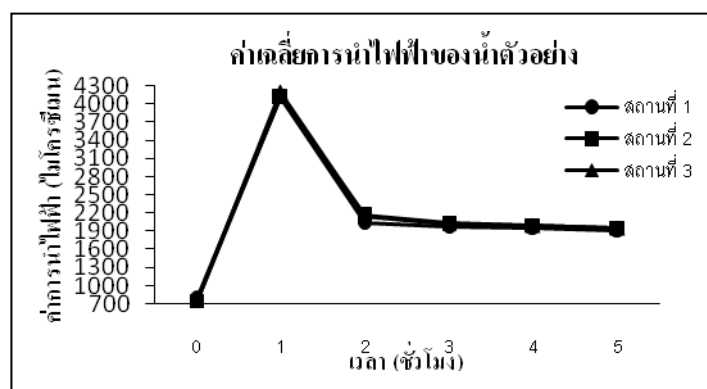
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่ได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 20)



ภาพที่ 13 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 14 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 15 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจาก
ใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	สถานที่	เวลา (ชั่วโมง)											
		0		1		2		3		4		5	
4 : 1	1	789	b	4109	u	2029	op	1983	jkl	1953	hi	1913	g
	2	755	a	4099	u	215	s	2035	pq	1992	l	1954	hi
	3	753	a	4186	w	2137	s	2014	mno	1988	kl	1947	h
6 : 1	1	789	b	4164	v	2116	r	2017	nop	1972	ijk	1954	hi
	2	755	a	4189	w	2204	t	1998	lmn	1957	hi	1862	de
	3	753	a	4202	wx	1997	lm	1939	h	1870	ef	1834	c
9 : 1	1	789	b	4253	y	2142	s	2054	q	1987	jkl	1968	ij
	2	755	a	4242	y	2114	r	1999	lmn	1910	g	1846	cd
	3	753	a	4217	x	2022	op	1954	hi	1884	f	1840	c

CV(%) = 0.6

ค่า F-Test

R (Ratio) = ** ; LSD (5%) = 4.66

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 6.59

A (Area) = ** ; LSD (5%) = 4.66

$R \times T \times A$ = ** ; LSD (5%) = 19.76

หมายเหตุ หน่วยของค่าการนำไฟฟ้า คือ ไมโครซีเมน

สถานที่ 1 คือ คู่น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คู่น้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คู่น้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑันม ผังอาคารพุทธเกษตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น

95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนิน ที่ได้จากใบมันสำปะหลัง โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียทางกายภาพ และทางเคมี เปรียบเทียบก่อน/ หลัง การบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่า ผลการทดลองที่ได้จากดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำแต่ละตัว ให้ผลการทดสอบที่สอดคล้องกัน และเมื่อพิจารณาโครงสร้างโมเลกุลของสารสกัดแทนนิน (ภาพที่ 1) สามารถอธิบายผลการบำบัดน้ำเสีย ตามคุณสมบัติสารแทนนิน ได้ว่า สารสกัดแทนนินเป็นสารที่มีขี้ เพราะโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อเกิดการแตกตัว จะให้ไอออนไฮโดรเจนอิสระเป็นจำนวนมาก จึงมีคุณสมบัติของการมีสภาพความเป็นกรด เมื่อใส่ลงไปลงในน้ำเสีย สารแทนนินจึงเกิดการแตกตัว ปลดปล่อยเอาไอออนไฮโดรเจนอิสระออกมา อนุภาคอิสระของไฮโดรเจนไอออน ที่เพิ่มสูงขึ้นในน้ำ มีผลทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรด ค่าพีเอชของน้ำเสียจึงลดต่ำลง และเมื่อเวลาผ่านไป ไอออนของไฮโดรเจนอิสระเกิดการรวมตัวกับไอออนของตะกอนต่างๆ ในน้ำเสีย ทำให้มีปริมาณลดลง ค่าพีเอชของน้ำเสีย จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จนเข้าสู่ภาวะปกติ

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าความขุ่น และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสีย หลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ก็มีสาเหตุเช่นเดียวกันกับการลดลงของค่าพีเอช เนื่องจากการแตกตัวของสารสกัดแทนนิน ทำให้ไอออนไฮโดรเจนอิสระในน้ำเสีย มีปริมาณมาก หลักการของเครื่องวัดค่าเฉลี่ยความขุ่น และค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำ คือ ตรวจวัดปริมาณไอออนอิสระที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ดังนั้น เมื่อสารสกัดแทนนินมีการแตกตัวให้ไอออนไฮโดรเจนอิสระออกมาเป็นจำนวนมาก การตรวจวัดไอออนอิสระในน้ำเสียก็มีค่ามากตามไปด้วย และเมื่อระยะเวลาการบำบัดเพิ่มขึ้น ไอออนไฮโดรเจนอิสระเกิดการรวมตัวกับไอออนอิสระของสารแขวนลอยอื่นๆ ในน้ำเสีย เกิดเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงเกิดการตกตะกอนลงสู่เบื้องล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ไอออนอิสระต่างๆ ในน้ำเสียมีปริมาณลดลง ค่าเฉลี่ยความขุ่น และค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน

4.7 ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าดีไอของน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

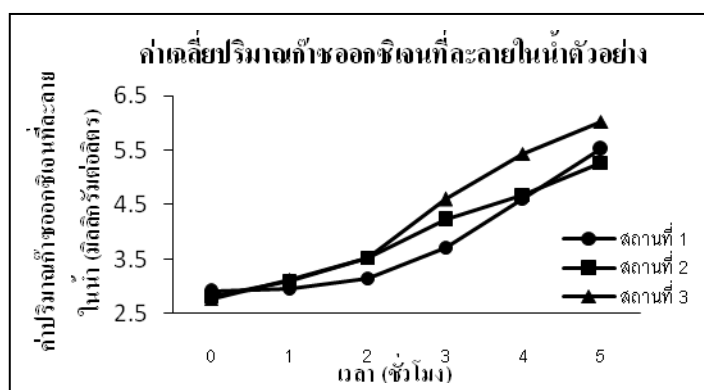
สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

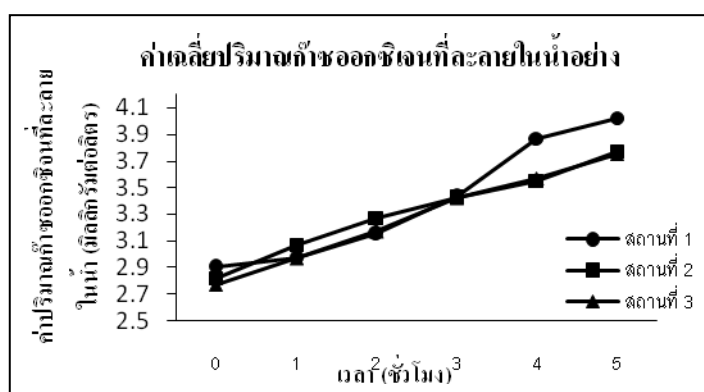
สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

พบว่า หลังการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าดีไอของน้ำเสีย จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารสกัดแทนนิน มีผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเสียลดลง ทำให้แสงแดดสามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ดีขึ้น การถ่ายเทแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ระหว่างผิวน้ำ และอากาศ สามารถเกิดขึ้นได้ดี ปริมาณการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในน้ำเสียจึงมีเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (ภาพที่ 16–18)

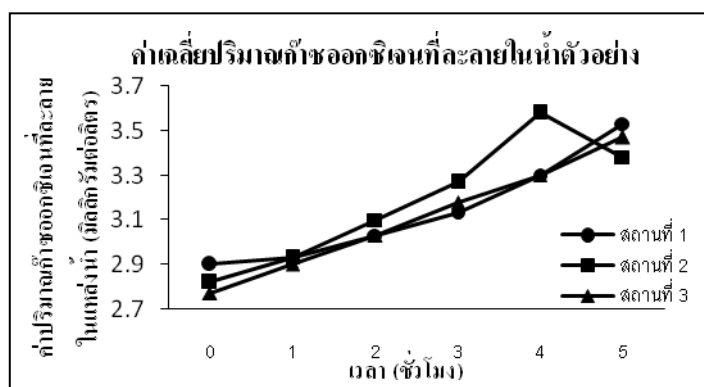
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าดีไอที่ได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 22)



ภาพที่ 16 ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 17 ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 18 ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัด
ด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตรา ส่วน	สถานี	เวลา (ชั่วโมง)											
		0		1		2		3		4		5	
4 : 1	1	2.90	abc	2.95	bcde	3.15	ghi	3.72	no	4.60	r	5.52	t
	2	2.82	ab	3.10	efg	3.53	lm	4.22	q	4.68	r	5.27	s
	3	2.77	a	3.12	fgh	3.53	lm	4.60	r	5.43	t	6.02	u
6 : 1	1	2.90	abc	2.97	bcdef	3.15	ghi	3.43	klm	3.87	op	4.02	p
	2	2.82	ab	3.07	defg	3.27	hij	3.42	jkl	3.55	lm	3.77	o
	3	2.77	a	2.97	bcdef	3.17	ghi	3.42	jkl	3.57	lmn	3.72	no
9 : 1	1	2.90	abc	2.93	bcd	3.03	cdefg	3.13	gh	3.30	ijk	3.53	lm
	2	2.82	ab	2.93	bcd	3.10	efg	3.27	hij	3.58	mn	3.83	o
	3	2.77	a	2.90	abc	3.03	cdefg	3.18	ghi	3.30	ijk	3.47	lm

CV(%) = 2.9

ค่า F-Test

R (Ratio) = ** ; LSD (5%) = 0.39

A (Area) = ** ; LSD (5%) = 0.39

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 0.55

R × T × A = ** ; LSD (5%) = 0.16

หมายเหตุ หน่วยของค่าดีไอ (DO) คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

/1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น

95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

/3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.8 ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD)

ผลการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาการบำบัด 5 ชั่วโมง และใช้น้ำเสียตัวอย่างจาก 3 สถานที่ คือ

สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

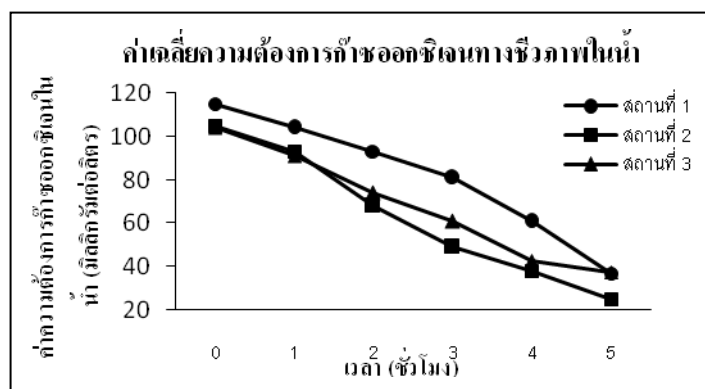
สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณฑ์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

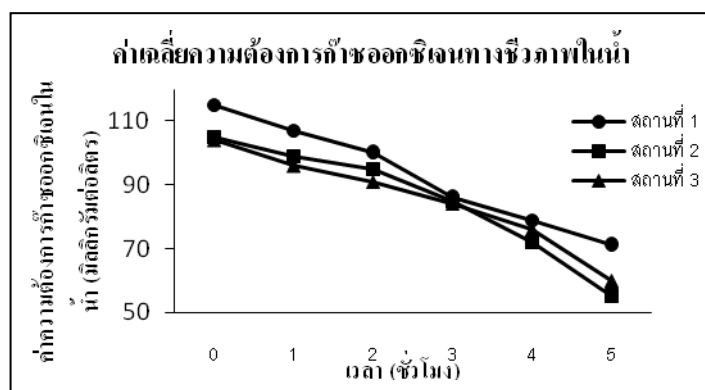
พบว่า หลังการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสีย ลดลง เนื่องจากสารสกัดแทนนิน มีผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเสียลดลง ทำให้แสงแดดสามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ดีขึ้นการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในน้ำดีขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำมีก๊าซออกซิเจนเพียงพอ ต่อความต้องการ จึงมีผลทำให้ค่าบีโอดีมีค่าลดลง (ภาพที่ 19–21)

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัด พบว่า สารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วนน้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสียในแต่ละแห่ง เท่ากับ 67.83% , 76.19% และ 63.44% ตามลำดับ ที่อัตราส่วน 6 : 1 เท่ากับ 38.26% , 47.62% และ 42.31% ตามลำดับ และ 9 : 1 เท่ากับ 21.74% , 39.05% และ 25.00% ตามลำดับ

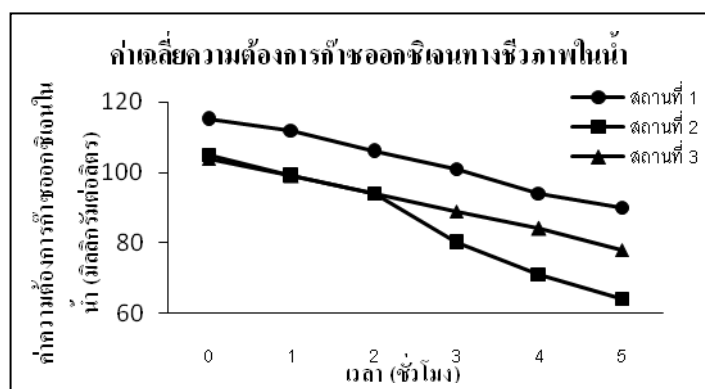
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดีที่ได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 22)



ภาพที่ 19 ค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 20 ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ต้องการในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 6 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน



ภาพที่ 21 ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ต้องการในน้ำของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 9 : 1 ในระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) ของน้ำเสีย ภายหลังการบำบัด ด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	สถานที่	เวลา (ชั่วโมง)											
		0		1		2		3		4		5	
4 : 1	1	115	A	104	wxy	93	rst	81	lmno	61	ef	37	b
	2	105	wxy	93	rst	68	gh	49	cd	38	b	25	a
	3	104	wxy	91	qrs	74	hijk	61	ef	43	bc	37	b
6 : 1	1	115	A	107	yz	100	uvw	86	opq	79	klmn	71	hi
	2	105	wxy	99	tuvw	95	rstuv	85	nopq	72	hij	55	de
	3	104	wxy	96	stuv	91	qrs	84	mnp	76	ijkl	60	ef
9 : 1	1	115	A	112	zA	106	xyz	101	vwxy	94	rstu	90	pqrs
	2	105	wxy	99	tuvw	94	rstu	80	klmno	71	hi	84	mnp
	3	104	wxy	99	tuvw	94	rstu	89	pqr	84	mnp	78	ijklm

CV(%) = 4.9

ค่า F-Test

R (Ratio) = ** ; LSD (5%) = 1.57

A (Area) = ** ; LSD (5%) = 1.57

T (Time) = ** ; LSD (5%) = 2.22

R × T × A = ** ; LSD (5%) = 6.66

หมายเหตุ หน่วยของค่าความต้องการก๊าซออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

สถานที่ 1 คือ คูน้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม

สถานที่ 2 คือ คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์

สถานที่ 3 คือ คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตภัณช์นม ฟังอาคารพุทธเกษตร

1 = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

2 = ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น

95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

3 = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการทดลองหลังการใช้สารสกัดแทนนินบำบัดค่าดีไอของน้ำเสีย พบว่า ค่าดีไอมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสารสกัดแทนนินมีคุณสมบัติในการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ (พิรศักดิ์, 2544) และยังสามารถในการตกตะกอนโปรตีน และสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ (คณะเภสัชศาสตร์, 2550) นอกจากนี้ ยังพบว่าสารสกัดแทนนินมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนักที่เจือปนในแหล่งน้ำอีกด้วย (Amelot *et.al.*, 2007) มีผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเสียลดลง ทำให้แสงแดดสามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ดีขึ้น การละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในน้ำจึงดีขึ้น และการใช้สารสกัดแทนนินในการบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสีย พบว่า หลังการใช้สารสกัดแทนนินบำบัด ค่าบีโอดีของ น้ำเสียมีค่าลดลง เนื่องจากค่าดีไอของน้ำเสียที่สูงขึ้น บ่งชี้ถึงสภาพก๊าซออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำมีสูงขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำมีก๊าซออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการใช้ในการดำรงชีวิต จึงมีผลทำให้ค่าบีโอดีมีค่าลดต่ำลง

ทั้งนี้ จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสีย โดยใช้สารสกัดแทนนิน พบว่า อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เท่ากับ 4 : 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ 60–80% ในขณะที่อัตราส่วน 6 : 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35–45% และที่อัตราส่วน 9 : 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20–25%

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาวิธีการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สารสกัดที่มีความเหมาะสมที่สามารถสกัดปริมาณสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังได้มากที่สุด คือ สารผสมระหว่าง อะซิโตน 60% กับ เอทิลแอลกอฮอล์ 80% ใน อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ที่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากับ 5 ชั่วโมง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยการตรวจวัดดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ คือ ค่าความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ค่าการละลายตัวของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ (DO) และค่าความต้องการปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำ (BOD) พบว่า หลังการบำบัดน้ำเสียด้วยสารสกัดแทนนิน ที่ระยะเวลาการบำบัด 1 ชั่วโมง สารสกัดแทนนิน มีการแตกตัวในน้ำเสีย ให้ไอออนไฮโดรเจนอิสระออกมาในปริมาณมาก และทำการบำบัดน้ำเสียโดยการจับตัวกับไอออนอิสระ และสารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำ ทำให้โมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น และเหนียวทำให้เกิดการตกตะกอนลงสู่เบื้องล่าง น้ำด้านบนจึงใสขึ้น ทำให้แสงแดด และก๊าซออกซิเจนสามารถถ่ายเทระหว่างพื้นน้ำ และอากาศได้ดี การบำบัดน้ำตามธรรมชาติโดยการทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำเป็นไปตามปกติ ภายหลังระยะเวลาการบำบัด คุณภาพน้ำเสียจึงมีค่าดีขึ้นตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียทางสถิติด้วยค่า Least Significant Difference (LSD) โดยวิธี Factorial in CRD จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT 4.3 โดยใช้การประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแล้ว พบว่า อัตราส่วนระหว่าง น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนินที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนินเท่ากับ 4 ต่อ 1

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำพวกใบมันสำปะหลัง หรือพืชชนิดอื่นที่มีองค์ประกอบของสารแทนนิน ไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย
2. ลดปัญหาความสูญเสียของผลิตผลทางการเกษตร ช่วยแก้ปัญหาการกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มพูนรายได้ให้แก่เกษตรกรไทย
3. สามารถนำแนวทางงานวิจัยไปต่อยอดในการผลิตสารแทนนินในภาคอุตสาหกรรม เพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เป็นการเสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นให้แก่เกษตรกรที่ดีอีกทางหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

อนาคตอาจทำการทดลองประยุกต์วิธีการศึกษาครั้งนี้ เพื่อ การสกัดสารแทนนินจากพืชชนิดอื่น ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และประยุกต์ใช้สารแทนนินในการบำบัดคุณภาพน้ำเสียทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมีในดัชนีชีวิตตัวอื่นๆ เช่น การกำจัด หรือลดปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการช่วยลดและแก้ไขปัญหาเรื่องการกำจัดเศษเหลือใช้ทางการเกษตร และเป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพปลอดภัยกับสิ่งแวดล้อม และสามารถนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัย เรื่อง การสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกมากมายนอกเหนือไปจากการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย อาทิ การผลิตกาว ใช้ในอุตสาหกรรมการฟอกหนัง อุตสาหกรรมการผลิตไม้อัด

จึงเห็นควรว่า การใช้สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เป็นวิธีการที่เหมาะสม และดีมากวิธีหนึ่ง ในการประยุกต์วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม อันสามารถช่วยให้สิ่งแวดล้อมคงความยั่งยืนต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว. 2547. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2544. ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณิดา ตังคณานุรักษ์ และนิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะเภสัชศาสตร์. 2550. สารแทนนินในเปลือกมังคุด. บริการข้อมูลทางเภสัชกรรม. แหล่งที่มา: <http://www.pharm.su.ac.th>, 16 เม.ย. 2550.

จุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ. 2549. การศึกษาปริมาณแทนนินในใบมะลอปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลง. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการเกษตรและการจัดการทรัพยากร, กรุงเทพฯ.

ชวลิต สิทธิสมบัติ. 2539. **Aromatic Compounds**. ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

ดนัย สุภาพร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมะลอปะหลัง. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

ดอกสะเบง. 2551. เตรียมขยายตลาดแป้งมัน. หลังสู้ฟ้าหน้าสู้ดิน. ไทยรัฐ ปีที่ 59 ฉบับที่ 18501, วันที่ 16 ก.ย. 2551.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุมิศักดิ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ณัฐกานต์ สุทธิวิจิตรภักดี. 2549. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ BOD และ DO ในบึงหนองหาร จังหวัดสกลนคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์. 2549. **เอกสารประกอบการสอน เรื่อง หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Principle and Techniques of Water Quality Analysis)**. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ (DO, BOD, COD & TOC)**. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2530. **การสกัดแยกสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง เพื่อใช้ในการฟอกหนังชนิดฟอกทับ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัฒนา มุลพุกษ์. 2539. **อนามัยสิ่งแวดล้อม**. เอ็น. เอส. แอล. พรินติ้ง, กรุงเทพฯ.

พิชัย สราญรัมย์. 2530. **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมันสำปะหลังสำหรับการศึกษาระดับปริญญา**. ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2539. **เคมีสถานะแวดล้อม**. โอ. เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

พิรศักดิ์ วรสุนทโรสถ. 2544. **ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2545. **การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มศักยภาพการแปรรูปอาหารสัตว์และเอทานอล**. โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2545. แนวทางการผลิตและศักยภาพการใช้ประโยชน์ของใบมันสำปะหลัง/
มันเฮี้ยเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์. การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังเพื่อเพิ่ม
ศักยภาพการแปรรูปอาหารสัตว์และเอทานอล. โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เยวมาลย์ คำเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วัลลภ อาริรบ, วิทยา ปั่นสุวรรณ, สุธชาขย กำเนิดมณี, พุสดี อุปลา, ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี และ
จุฑาลักษณ์ วงศ์ชัยชนะ. 2551. โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบมัน
สำปะหลัง : แทนนิน. โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และบริษัท กิติรัตน์พรรณ จำกัด.
ศูนย์สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการเกษตรและการจัดการทรัพยากร, กรุงเทพฯ.

ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์. 2542. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำเสีย จาก
เขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ผ่านระบบบำบัดบริเวณแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัด
เพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และอุทัย กันโธ. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลการใช้และ
ข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณ
วาจกสถิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย
ไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, กรุงเทพฯ.

สุรัสวดี บุปผะเรณู. 2542. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี และ ซีโอดี ในน้ำเสียชุมชน
เมืองเพชรบุรี โดยวิธีห้ำกรองน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.

สุวรรณค์ วงษ์ศิริ. 2536. การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

สมบุญ เดชะกัญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. จามจุรีโปรดักซ์, กรุงเทพฯ.

อาภรณ์ ยิ่งยง. 2539. การบำบัดบีโอดี และ ซีโอดี ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Amelot, M. A., A.O. Bastidas. and M.C. Pisarelli. 2007. Phenolics and condensed tannins of high altitude *Pteridium arachnoideum* in relation to sunlight exposure, elevation, and rain regime. **Biochemical Systematics and Ecology**. 35: 1-10.

Anonymoys. 2007. **Hydrolyzed Tannins: Gallotannins**. Structure. From: <http://www.chm.bris.ac.uk>, 20 April 07.

Arnold, T.M., C.E. Tanner., M. Rothen. and J. Bullington. 2008. **Wound-induced accumulations of condentannins in turtlegrass, *Thalassia testudinum***. Aquatic Botany.

Basic Engineering. 2007. **Heavy Metal**. From: <http://supradit.com>, 1 September 07.

Berman, E. 1980. **Toxic Metals and Their Analysis**. Cambridge University Press, London. 293p.

Chanan, U.D., F. Shahidi and M. Naczyk. 2001. **Extraction of condensed tannins from beach beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents**. Food Chemistry. 75: 509-512.

Davies, N.T. 1980. **Studies on the absorption of Zinc by rat intestine**. Br. J. Nutri. 43: 189-203.

Gu, H.F., C.M. Li., Y.J. Xu., W.F. Hu., M.H. Chen. and Q.H. Wan. 2008. **Structural features and antioxidant activity of tannins from persimmon pulp**. Food Research International. 41: 208-217.

- Hagerman, A.E. 1988. **Extraction of Tannin from Fresh and Preserved Leaves.** Journal of Chemical Ecology, Vol. 14, No. 2.
- Hegstrom, J. and D.S. Stephen. 1989. **Heavy metal accumulation in small mammals following Sewage sludge application to forests.** J. Environ. Qual. 18: 345-349.
- Hung, Y.T., P.C. Chen., R.C. Chen. And T.J. Cheng. 2008. **determining the levels of tannins in tea by amperometry of ferricyanide pre-reaction with a sample in a flow-injection system.** Sensors and Actuators B. 130: 135-140.
- Lamela, C.P., M.S. Falcon., J.S. Gandara. And I. O. Fernander. 2007. **Influence of grape variety, vine system and enological treatrments on the colour stability of young red wines.** Food Chemistry. 101: 601-606.
- Markom, M., M. Hasan. and W.R. Daud. 2007. **Extraction of Hydrolysable tannins from *Phyllanthus niruri* Linn.: Effects of solvent and extraction methods.** Separation and Purification Technology. 52: 487-496.
- Meagher, L.P., G. Lane., S. Sivakumaran., M.H. Tavendale. and K. Fraser. 2004. **Characterization of condensed tannins from *Lotus* species by thiolytic degradation and electrosparry mass spectrometry.** Animal Feed Science and Technology. 117: 151-163.
- Muchuweti, M., A.R. Ndhlala. and A. Kasiamburu. 2006. **Analysis of phenolic compounds including tannins, gallotannins and flanols of *Upaca Kirkiana* fruit.** Food Chemistry. 94: 415-419.
- Muetzel, S. and K. Becker. 2006. **Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure.** Animal Feed Science and Technology. 125: 139-149.

Naczyk, M. and F. Shahidi. 2004. **Extraction and analysis of Phenolics in food.** Journal of Chromatography A. 1054: 95-111.

Organic Chem. 2550. เคมี: **Tannin**. แหล่งที่มา: <http://www.VCharkarn.com>, 16 เม.ย. 2550.

Oszmianski, J., A. Wojdylo., E.L. Zarawska. and K. Swiader. 2007. **Antioxidant tannins from Rosaceae plant roots.** Food Chemistry. 100: 579-583.

Robert, A.G. 1989. **Non-Metalothionein Bound Calcium in the pathogenesis of cadmium nephrotoxicity in the rat.** Toxicol. and Appl. Pharm. 101: 232-244.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน
น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 4 ต่อ 1

ตารางผนวกที่ 1 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
คูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.1	27.3	28.4	29.1	27.7	28.9
pH	8.04	4.87	5.7	5.78	5.97	6.38
ความขุ่น (NTU)	33.2	61.3	36.5	32.1	29.8	24.6
การนำไฟฟ้า (μ s)	782	4252	2133	2049	1987	1968
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	2.95	3.15	3.75	4.50	5.45
DO ₅ (mg./ L.)	0.95	1.25	1.50	2.40	3.45	4.85
BOD (mg./ L.)	117.00	102.00	99.00	81.00	63.00	36.00

ตารางผนวกที่ 2 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
คูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.3	27.2	28.7	28.9	29	28.4
pH	8.07	4.92	5.63	5.71	6	6.24
ความขุ่น (NTU)	34.6	63.2	37	31.9	28.7	23.2
การนำไฟฟ้า (μ s)	790	4251	2153	2062	1993	1962
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	2.90	3.10	3.60	4.70	5.60
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.20	1.60	2.20	3.80	4.95
BOD (mg./ L.)	111.00	102.00	90.00	84.00	54.00	39.00

ตารางผนวกที่ 3 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
 คุ้งน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.4	28	27.8	28.3	29	28.7
pH	8.05	4.83	5.64	5.82	6.01	6.43
ความขุ่น (NTU)	34.6	63.1	37.3	31.4	28.6	23.2
การนำไฟฟ้า (μ s)	796	4257	2142	2053	1982	1974
DO ₀ (mg./ L.)	2.95	3.00	3.20	3.80	4.60	5.50
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.20	1.70	2.50	3.50	4.90
BOD (mg./ L.)	117.00	108.00	90.00	78.00	66.00	36.00

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
 บริเวณคุ้งน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.3	27.5	28.3	28.8	28.6	28.7
pH	8.05	4.87	5.66	5.77	5.99	6.35
ความขุ่น (NTU)	34.1	62.5	36.9	31.8	29	23.7
การนำไฟฟ้า (μ s)	789	4253	2142	2054	1987	1968
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	2.95	3.15	3.72	4.60	5.52
DO ₅ (mg./ L.)	0.98	1.22	1.60	2.71	3.58	4.90
BOD (mg./ L.)	115.00	104.00	93.00	81.00	61.00	37.00

ตารางผนวกที่ 5 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
คูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.8	27.2	28.4	28.9	28.3	29.2
pH	8.3	4.72	5.65	6.2	6.47	6.94
ความขุ่น (NTU)	48.2	63.4	46.7	34.5	28.3	22.4
การนำไฟฟ้า (μ s)	746	4238	2103	2012	1921	1857
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	3.00	3.50	4.15	4.60	5.40
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.45	2.40	3.20	3.95	4.95
BOD (mg./ L.)	105.00	93.00	66.00	57.00	39.00	27.00

ตารางผนวกที่ 6 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
คูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	26.8	27.3	28.6	28.2	28.7
pH	8.43	4.68	5.7	6.4	6.67	7
ความขุ่น (NTU)	47.8	62.7	43.5	31	27.1	21.8
การนำไฟฟ้า (μ s)	762	4246	2117	1998	1897	1843
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	3.10	3.45	4.20	4.70	5.30
DO ₅ (mg./ L.)	1.20	1.50	2.30	3.50	4.10	4.90
BOD (mg./ L.)	102.00	96.00	69.00	42.00	36.00	24.00

ตารางผนวกที่ 7 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
คูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.4	28	28.3	29	28.5
pH	8.38	4.7	5.6	6.3	6.5	6.95
ความขุ่น (NTU)	48	62.7	46.2	32	29	20.4
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4243	2124	1989	1914	1839
DO ₀ (mg./ L.)	2.80	3.20	3.65	4.30	4.75	5.10
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.70	2.50	3.50	4.10	4.70
BOD (mg./ L.)	108.00	90.00	69.00	48.00	39.00	24.00

ตารางผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.9	27.1	27.9	28.6	21.3	28.8
pH	8.37	4.7	5.65	6.3	6.55	6.96
ความขุ่น (NTU)	48	62.9	45.47	32.5	28.1	21.5
การนำไฟฟ้า (μ s)	755	4242	2114	1999	1910	1846
DO ₀ (mg./ L.)	2.82	3.10	3.53	4.22	4.68	5.27
DO ₅ (mg./ L.)	1.51	1.55	2.40	3.40	4.05	4.85
BOD (mg./ L.)	105.00	93.00	68.00	49.00	38.00	25.00

ตารางผนวกที่ 9 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณ
 คูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.7	27.8	28.6	29.4	28.4	29.3
pH	8.4	4.67	5.35	5.97	6.45	7.24
ความขุ่น (NTU)	58.4	64	59.8	41.4	27.8	21.7
การนำไฟฟ้า (μ s)	753	4217	2019	1950	1897	1849
DO ₀ (mg./ L.)	2.70	3.00	3.45	4.50	5.30	5.95
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.50	2.20	3.45	4.60	5.30
BOD (mg./ L.)	102.00	90.00	75.00	63.00	42.00	39.00

ตารางผนวกที่ 10 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
 บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.1	26.8	28.2	28	28.9
pH	8.34	4.58	5.1	5.83	6.29	7.14
ความขุ่น (NTU)	59.6	67	61.3	43.5	29.8	24.1
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4216	2028	1945	1872	1836
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	3.15	3.60	4.70	5.50	6.10
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.60	2.30	3.60	4.75	5.50
BOD (mg./ L.)	105.00	93.00	78.00	66.00	45.00	36.00

ตารางผนวกที่ 11 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.3	27.9	28.5	29	28.9
pH	8.37	4.65	5.38	5.98	6.43	7.18
ความขุ่น (NTU)	57.8	62	58.7	39.6	28.3	20.4
การนำไฟฟ้า (μ s)	748	4219	2019	1967	1883	1836
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	3.20	3.55	4.60	5.50	6.00
DO ₅ (mg./ L.)	1.10	1.70	2.40	3.70	4.80	5.40
BOD (mg./ L.)	105.00	90.00	69.00	54.00	42.00	36.00

ตารางผนวกที่ 12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.9	27.4	27.8	28.7	28.5	29
pH	8.37	4.63	5.28	5.93	6.39	7.19
ความขุ่น (NTU)	58.6	64.3	59.9	41.5	28.6	22.1
การนำไฟฟ้า (μ s)	753	4217	2022	1954	1884	1840
DO ₀ (mg./ L.)	2.77	3.12	3.53	4.60	5.43	6.02
DO ₅ (mg./ L.)	1.03	1.60	2.30	3.58	4.72	5.40
BOD (mg./ L.)	104.00	91.00	74.00	61.00	43.00	37.50

ภาคผนวกที่ 2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง ใน
อัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 6 ต่อ 1

ตารางผนวกที่ 13 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.1	27.2	27.8	28.6	28.3	28.7
pH	8.04	5	5.3	5.72	5.94	6.15
ความขุ่น (NTU)	33.2	58.3	47.7	30.1	27.4	25
การนำไฟฟ้า (μ s)	782	4172	2098	2024	1976	1963
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	3.00	3.15	3.50	4.20	4.30
DO ₅ (mg./ L.)	0.95	1.20	1.50	2.10	2.90	3.10
BOD (mg./ L.)	117.00	108.00	99.00	84.00	78.00	72.00

ตารางผนวกที่ 14 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27.3	27.6	27	28.3	29.2	28.6
pH	8.07	4.9	5.21	5.72	5.93	6.17
ความขุ่น (NTU)	34.6	59.8	45.6	34.2	28.3	26.3
การนำไฟฟ้า (μ s)	790	4163	2122	2017	1973	1958
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	2.90	3.10	3.30	3.70	3.90
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.10	1.45	1.90	2.35	2.70
BOD (mg./ L.)	111.00	108.00	99.00	84.00	81.00	72.00

ตารางผนวกที่ 15 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.4	27	27.8	28.3	27.9	28.7
pH	8.05	4.45	4.92	5.4	5.78	6.02
ความขุ่น (NTU)	34.6	58.2	49.4	38.7	31.2	27.3
การนำไฟฟ้า (μ s)	796	4158	2129	2012	1968	1941
DO ₀ (mg./ L.)	2.95	3.00	3.20	3.50	3.70	3.85
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.25	1.50	2.00	2.40	2.70
BOD (mg./ L.)	117.00	105.00	102.00	90.00	78.00	69.00

ตารางผนวกที่ 16 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.2	27.3	27.5	28.4	28.5	28.7
pH	8.05	4.78	5.14	5.61	5.88	6.11
ความขุ่น (NTU)	33.67	58.77	47.57	34.33	28.97	26.2
การนำไฟฟ้า (μ s)	784.67	4164.33	2116.33	2017.67	1972.33	1954
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	2.97	3.15	3.43	3.87	4.02
DO ₅ (mg./ L.)	0.98	1.18	1.48	2.00	2.55	2.83
BOD (mg./ L.)	115.00	107.00	100.00	86.00	79.00	71.00

ตารางผนวกที่ 17 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	26.8	27	27.6	27.4	28	28.7
pH	8.3	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4
ความขุ่น (NTU)	48.2	60.2	53.7	47.1	39.8	33.2
การนำไฟฟ้า (μ s)	746	4196	2210	1995	1946	1873
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	3.00	3.20	3.40	3.55	3.80
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.40	1.70	2.10	2.45	2.90
BOD (mg./ L.)	105.00	96.00	90.00	78.00	66.00	54.00

ตารางผนวกที่ 18 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไปรษณีย์					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27	27.2	27.9	28.4	28.1	29.2
pH	8.43	4.79	5.63	6.12	6.47	6.83
ความขุ่น (NTU)	47.8	61	54.2	48.1	37.8	31.2
การนำไฟฟ้า (μ s)	762	4189	2198	1983	1957	1842
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	3.10	3.30	3.40	3.50	3.70
DO ₅ (mg./ L.)	1.20	1.45	1.70	2.00	2.30	2.85
BOD (mg./ L.)	102.00	99.00	96.00	84.00	72.00	51.00

ตารางผนวกที่ 19 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ประณีต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ประณีต					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27	27.6	27.4	28.2	28
pH	8.38	4.8	5.46	6.07	6.3	6.58
ความขุ่น (NTU)	48	62.3	56.1	46.7	38	32.9
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4183	2204	2017	1968	1873
DO ₀ (mg./ L.)	2.80	3.10	3.30	3.45	3.60	3.80
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.40	1.65	1.90	2.30	2.80
BOD (mg./ L.)	108.00	102.00	99.00	93.00	78.00	60.00

ตารางผนวกที่ 20 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ประณีต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ประณีต					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.9	27.1	27.7	27.7	28.1	28.6
pH	8.34	4.83	5.46	5.96	6.29	6.6
ความขุ่น (NTU)	48.07	61.17	54.67	47.3	38.53	32.43
การนำไฟฟ้า (μ s)	751.33	4189.33	2204	1998.33	1957	1862.67
DO ₀ (mg./ L.)	2.82	3.07	3.27	3.42	3.55	3.77
DO ₅ (mg./ L.)	1.07	1.42	1.68	2.00	2.35	2.85
BOD (mg./ L.)	105.00	99.00	95.00	85.00	72.00	55.00

ตารางผนวกที่ 21 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.7	27.7	27.4	28	29.1	28.7
pH	8.4	4.6	5.2	5.63	6.01	6.6
ความขุ่น (NTU)	58.4	63.2	58.3	42.5	36.7	32.1
การนำไฟฟ้า (μ s)	753	4208	1992	1931	1867	1843
DO ₀ (mg./ L.)	2.70	3.00	3.20	3.50	3.70	3.85
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.40	1.75	2.10	2.40	2.80
BOD (mg./ L.)	102.00	96.00	87.00	84.00	78.00	63.00

ตารางผนวกที่ 22 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.4	27.6	27.2	29.2	28.6
pH	8.34	4.7	5	5.3	5.87	6.2
ความขุ่น (NTU)	59.6	64	59.1	42.8	36.4	31.8
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4197	2014	1942	1873	1826
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.35	1.60	1.95	2.30	2.75
BOD (mg./ L.)	105.00	93.00	90.00	81.00	72.00	57.00

ตารางผนวกที่ 23 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.3	28	27.6	28.7	29.4
pH	8.37	4.63	5.2	5.68	5.97	6.3
ความขุ่น (NTU)	57.8	63.4	58.7	40.1	26.2	22.3
การนำไฟฟ้า (μ s)	748	4201	1987	1946	1872	1834
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	3.00	3.20	3.45	3.50	3.60
DO ₅ (mg./ L.)	1.10	1.35	1.60	2.00	2.20	2.60
BOD (mg./ L.)	105.00	99.00	96.00	87.00	78.00	60.00

ตารางผนวกที่ 24 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.8	27.5	27.67	27.6	29	28.9
pH	8.38	4.64	5.13	5.54	5.95	6.37
ความขุ่น (NTU)	58.8	63.53	58.7	41.8	33.1	28.73
การนำไฟฟ้า (μ s)	754.67	4202	1997.67	1939.67	1870.67	1834.33
DO ₀ (mg./ L.)	2.77	2.97	3.17	3.42	3.57	3.75
DO ₅ (mg./ L.)	1.03	1.37	1.65	2.02	2.30	2.72
BOD (mg./ L.)	104.00	96.00	91.00	84.00	76.00	60.00

ภาคผนวกที่ 3 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารสกัดแทนนินที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน น้ำเสีย ต่อ สารสกัดแทนนิน เป็น 9 ต่อ 1

ตารางผนวกที่ 25 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.1	27.4	28.3	29.4	28	28.2
pH	8.04	5.24	5.7	6.1	6.42	6.74
ความขุ่น (NTU)	33.2	42.8	38.6	34.5	32.7	31.1
การนำไฟฟ้า (μ s)	782	4106	2004	1991	1965	1924
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	2.90	2.95	3.00	3.25	3.50
DO ₅ (mg./ L.)	0.95	1.00	1.20	1.40	1.70	2.00
BOD (mg./ L.)	117.00	114.00	105.00	96.00	93.00	90.00

ตารางผนวกที่ 26 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โฮม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.3	27.8	28.2	28.7	28.4	29
pH	8.07	5.14	5.3	5.67	5.8	6.2
ความขุ่น (NTU)	34.6	47.2	39.4	35.7	33.2	30.7
การนำไฟฟ้า (μ s)	790	4117	2013	1985	1952	1918
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	2.90	3.00	3.10	3.15	3.40
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.10	1.30	1.45	1.70	2.00
BOD (mg./ L.)	111.00	108.00	102.00	99.00	87.00	84.00

ตารางผนวกที่ 27 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.4	28	27.3	28.1	29.4	28.7
pH	8.05	4.97	5.23	5.49	5.81	6.1
ความขุ่น (NTU)	34.6	51.2	42.1	38.9	34.7	31.3
การนำไฟฟ้า (μ s)	796	4104	2072	1974	1943	1899
DO ₀ (mg./ L.)	2.95	3.00	3.15	3.30	3.50	3.70
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.10	1.30	1.50	1.80	2.10
BOD (mg./ L.)	117.00	114.00	111.00	108.00	102.00	96.00

ตารางผนวกที่ 28 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำด้านหลังโรงแรมเคยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	น้ำบริเวณด้านหลังโรงแรมเคยู โสม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27.2	27.7	27.9	28.7	28.6	28.6
pH	8.05	5.12	5.41	5.75	6.01	6.35
ความขุ่น (NTU)	33.67	47.07	40.03	36.37	33.53	31.03
การนำไฟฟ้า (μ s)	785	4109	2030	1983	1953	1914
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	2.93	3.03	3.13	3.30	3.53
DO ₅ (mg./ L.)	0.98	1.07	1.27	1.45	1.73	2.03
BOD (mg./ L.)	115.00	112.00	106.00	101.00	94.00	90.00

ตารางผนวกที่ 29 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกปทุมธานี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	26.8	26.5	27.2	28.4	29	28.6
pH	8.3	5.1	5.42	5.69	5.78	6.43
ความขุ่น (NTU)	48.2	59.6	54.3	49.8	43.4	39.7
การนำไฟฟ้า (μ s)	746	4098	2145	2038	1993	1942
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	2.90	3.15	3.30	3.75	3.90
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.20	1.50	1.90	2.50	2.80
BOD (mg./ L.)	105.00	102.00	99.00	84.00	75.00	66.00

ตารางผนวกที่ 30 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกปทุมธานี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกปทุมธานี					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (°C)	27	27.4	28	28.2	29.1	28.6
pH	8.43	5.43	5.6	6.24	6.51	6.72
ความขุ่น (NTU)	47.8	61.1	58.4	52.9	47.6	40.3
การนำไฟฟ้า (μ s)	762	4102	2193	2056	2002	1964
DO ₀ (mg./ L.)	2.90	3.00	3.10	3.20	3.50	3.80
DO ₅ (mg./ L.)	1.20	1.35	1.50	1.80	2.30	2.70
BOD (mg./ L.)	102.00	99.00	96.00	84.00	72.00	66.00

ตารางผนวกที่ 31 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ล้อม มหาววิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ล้อม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27	27.5	27.4	28.2	28.7
pH	8.38	5.2	5.48	6.34	6.53	6.82
ความขุ่น (NTU)	48	64.8	59.3	54.2	50.7	43.4
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4098	2124	2013	1982	1958
DO ₀ (mg./ L.)	2.80	2.90	3.05	3.30	3.50	3.80
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.30	1.60	2.10	2.40	2.80
BOD (mg./ L.)	108.00	96.00	87.00	72.00	66.00	60.00

ตารางผนวกที่ 32 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำสี่แยกไผ่ล้อม มหาววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณสี่แยกไผ่ล้อม					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.9	27.0	27.6	28.0	28.8	28.6
pH	8.34	5.24	5.5	6.09	6.27	6.66
ความขุ่น (NTU)	48.07	61.83	57.33	52.3	47.23	41.13
การนำไฟฟ้า (μ s)	751	4099	2154	2036	1992	1955
DO ₀ (mg./ L.)	2.82	2.93	3.10	3.27	3.58	3.38
DO ₅ (mg./ L.)	1.07	1.28	1.53	1.93	2.40	2.77
BOD (mg./ L.)	105.00	99.00	94.00	80.00	71.00	64.00

ตารางผนวกที่ 33 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.7	27.3	28	28.6	29	29.2
pH	8.4	5.23	5.46	5.98	6.3	6.52
ความขุ่น (NTU)	58.4	63.1	58.7	45.3	40.2	38.9
การนำไฟฟ้า (μ s)	753	4152	2134	2012	1983	1946
DO ₀ (mg./ L.)	2.70	2.90	3.00	3.10	3.30	3.40
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.25	1.40	1.60	1.85	2.00
BOD (mg./ L.)	102.00	99.00	96.00	90.00	87.00	84.00

ตารางผนวกที่ 34 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.4	27.8	27.5	28.2	29
pH	8.34	5.2	5.43	5.76	5.94	6.43
ความขุ่น (NTU)	59.6	64.5	60.8	50.2	43.7	41.1
การนำไฟฟ้า (μ s)	758	4210	2143	2018	1999	1952
DO ₀ (mg./ L.)	2.75	2.90	3.10	3.20	3.40	3.60
DO ₅ (mg./ L.)	1.00	1.20	1.50	1.70	1.95	2.30
BOD (mg./ L.)	105.00	102.00	96.00	90.00	87.00	78.00

ตารางผนวกที่ 35 คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมันสำปะหลัง
บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	27	27.4	27.9	28	28.2	28.6
pH	8.37	5	5.26	5.5	5.7	6.2
ความขุ่น (NTU)	57.8	63.7	60.2	50.1	42.7	38.8
การนำไฟฟ้า (μ s)	748	4198	2135	2013	1982	1943
DO ₀ (mg./ L.)	2.85	2.90	3.00	3.25	3.20	3.40
DO ₅ (mg./ L.)	1.10	1.30	1.50	1.80	1.90	2.20
BOD (mg./ L.)	105.00	96.00	90.00	87.00	78.00	72.00

ตารางผนวกที่ 36 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน จากใบมัน
สำปะหลัง บริเวณคูน้ำหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัชนี เวลา (ชม.)	คูน้ำบริเวณหน้าศูนย์ผลิตก้อนนม ฟังอาคารพุทธเกษตร					
	0	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (° C)	26.8	27.4	27.9	28.0	28.5	28.9
pH	8.38	5.14	5.38	5.75	5.98	6.38
ความขุ่น (NTU)	58.8	63.77	59.9	48.53	42.2	39.6
การนำไฟฟ้า (μ s)	755	4187	2137	2014	1988	1947
DO ₀ (mg./ L.)	2.77	2.90	3.03	3.18	3.30	3.47
DO ₅ (mg./ L.)	1.03	1.25	1.47	1.70	1.90	2.17
BOD (mg./ L.)	104.00	99.00	94.00	89.00	84.00	78.00

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวฤทัยรัตน์ น้อยคนดี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	20 เมษายน 2524
สถานที่เกิด	จังหวัด เพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา	
ระดับอุดมศึกษา	วท.บ. (เทคนิคการสัตวแพทย์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประวัติการทำงาน	เจ้าหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ (สัตวแพทย์) ฟาร์มโชคชัย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
ผลงานดีเด่น	งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไบโມันสำปะหลัง: แทนนิน โดยการสนับสนุนจาก โครงการสนับสนุนการ พัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย และสำนักงาน พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ