



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า
เป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ

Effective of Domestic Wastewater Treatment by Utilisation of Extracted Tannin
from Banana Peel of Kluai Nam-wa as Biocoagulant

นามผู้วิจัย นางสาวกิริติ์ ชินโรจน์บวรกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์กนิดา ตั้งคณานุรักษ์, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า
เป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ

Effective of Domestic Wastewater Treatment by Utilisation of Extracted Tannin from
Banana Peel of Kluai Nam-wa as Biocoagulant

โดย

นางสาวกิริติย์ ชินโรจน์บรรกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2557

กิริติย์ ชินโรจน์บรรกุล 2557: ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทน
นินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์คณิดา ดังคนานุรักษ์,
วท.ม. 83 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพของสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกกล้วย
น้ำว้าในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจาก
เปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่า สารละลายแทนนินเข้มข้นสกัดได้โดยแช่เปลือกกล้วย 10 กรัมในน้ำ 200
มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 30 นาที การทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์ ทดลองกับน้ำเสียชุมชน
เขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี โดยแปรผันปริมาณสารละลายแทนนิน พีเอช และอัตราการกวนเร็ว-ช้า
นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียในสเกลที่ใหญ่ (20 ลิตร) ขึ้นด้วยสารที่สกัดได้จาก
เปลือกกล้วยน้ำว้าผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการสร้างตะกอนด้วยสารสกัด
แทนนินและสารส้มเปรียบเทียบกัน พบว่า ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่มีความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสามารถใช้เป็นสารสร้าง
ตะกอนธรรมชาติทดแทนการใช้สารเคมีเป็นสารสร้างตะกอนสำหรับการบำบัดความขุ่นของน้ำเสีย
ได้โดยมีต้นทุนที่ต่ำ

Peerati Chinnarojborwonkul 2014: Effective of Domestic Wastewater Treatment by
Utilisation of Extracted Tannin from Banana Peel of Kluai Nam-wa as Biocoagulant.
Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science,
Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Associate Professor
Kanita Tungkananuruk, M.S. 83 pages.

The objective of this research was to study the effective of a tannin extracts from Kluai Nam-wa as a natural coagulant for domestic wastewater treatment. Tannin extraction from Kluai Nam-wa peels were carried out to determine the optimum condition. The concentration tannin solution was achieved with 30 min soaking of banana peel 10g in water 200 mL at 30 °C. Jar test experiments were conducted at various dosages of the tannin solution, pH and fast-slow speed of mixing and domestic wastewater from Phetchaburi. In addition, the large-scale (20 L) wastewater treatment by extracts from Kluai Nam-wa peel were conducted. The quality parameters of the treated water by using coagulation with tannin extracts was analyzed and compared with that of the water treatment with alum showed that no significant different between both of coagulants. Therefore, that tannin extracts from Kluai Nam-wa be used as a natural coagulant to alternative chemical coagulants for low-cost treatment of turbid waters.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ คณิตา ตังคณานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เพื่อให้ผู้วิจัยทำการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้สั่งสอน ให้ความรู้ และคำแนะนำแก่ผู้วิจัย เพื่อนำความรู้ต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นิสิตปริญญาโทสิ่งแวดล้อม รุ่น 35 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังใจและกำลังใจตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวชินโรจน์วรกุล ที่คอยเป็นกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กิริติชัย ชินโรจน์วรกุล

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	47
อุปกรณ์	47
วิธีการ	48
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	68
ภาคผนวก	72
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย	19
2	ผลการศึกษาดัชนีสีเปลือกกับปริมาณแป้งและน้ำตาลของกล้วย	20
3	ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าอาหารของผลกล้วยน้ำว้าสด 100 กรัม	25
4	ความเข้มข้นของสารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะต่างๆ โดย น้ำเป็นตัวทำละลาย	52
5	ความเข้มข้นของสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะ ต่างๆ โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย	52
6	ความเข้มข้นของสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะ ต่างๆ โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้น 50% v/v	53
7	คุณภาพน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนการบำบัด	54
8	ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นของน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี โดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตราการกวนเร็ว-ช้า แตกต่าง กัน	58
9	ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นของน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี โดยใช้สารส้มที่อัตราการกวนเร็ว-ช้า แตกต่างกัน	59
10	คุณภาพน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนและหลังการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม	61
11	คุณภาพน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนและหลังการบำบัดด้วย สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm ช้า 30 rpm	62
12	คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดด้วยสารส้มที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm ช้า 20 rpm	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	คุณภาพน้ำเสียโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่เวลาการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน	64
14	คุณภาพน้ำเสียโดยใช้สารส้มที่เวลาการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน	64
ตารางผนวกที่		
1	ค่ามาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์หา Total Phenolic Compound ด้วยเครื่อง UV-Vis-spectrophotometer โดยวิธี Folin&Ciocalteus reagent ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร	73
2	ปริมาณสารสร้างตะกอนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า	74
3	พีเอชที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า	74
4	ปริมาณสารสร้างตะกอนโดยใช้สารส้ม	75
5	พีเอชที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนโดยใช้สารส้ม	75
6	คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณสารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า 16 มิลลิลิตร พีเอช8	76
7	คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้มที่ปริมาณ 6 มิลลิลิตร พีเอช7	77
8	คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ปริมาณ16 มิลลิลิตร พีเอช8 อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80,30 rpm เวลาการกวนเร็ว-ช้า 20,60 นาที ในน้ำเสีย 20 ลิตร	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
9 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทนนิน จากเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ปริมาณ 16 มิลลิลิตร พีเอช 8 อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80,30 rpm เวลาการกวนเร็ว-ช้า 10,30 นาที ในน้ำเสีย 20 ลิตร	79
10 คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้ม ที่ปริมาณ 6 มิลลิลิตร พีเอช 7 อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80,20 rpm เวลาการกวนเร็ว-ช้า 20,60 นาที ในน้ำเสีย 20 ลิตร	80
11 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้ม ที่ปริมาณ 6 มิลลิลิตร พีเอช 7 อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80,20 rpm เวลาการกวนเร็ว-ช้า 10,30 นาที ในน้ำ เสีย 20 ลิตร	81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โมเลกุลแทนนิน	6
2	โมเลกุล Hydrolyzed Tanning และ โมเลกุล Proanthocyanidins	8
3	Gallic Acid	9
4	Digallic Acid	9
5	Ellagic Acid	9
6	กล้วยน้ำว้า	17
7	ลักษณะของกล้วยที่คัดเลือกตาม Peel Index Color	19
8	โครงสร้างของอะไมโลส	22
9	โครงสร้างของอะไมโลเพกติน	23
10	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการเกิดโคเอกกลูเลชั่น	39
11	กราฟมาตรฐานแทนนิน	51
12	สารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า	53
13	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความชุ่มชื้นกับปริมาณสารสร้างตะกอนแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม	55
14	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความชุ่มชื้นด้วยสารสร้างตะกอนแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้มที่พีเอชต่างกัน	56
15	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความชุ่มชื้นกับอัตราการกวนเร็ว-ช้าในการบำบัดความชุ่มชื้นโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- 1 กราฟมาตรฐานสารละลายสีเพลดทินัม-โคบอลต์

82



ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า เป็นสารสร้างตะกอนชีวภาพ

Effective of Domestic Wastewater Treatment by Utilisation of Extracted Tannin from Banana Peel of Kluai Nam-wa as Biocoagulant

คำนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากทั้งในเขตเมืองและชนบท แม้ว่าจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ แล้วก็ตาม ก็ยังมีเปลือกกล้วยน้ำว้าที่เหลือทิ้งเพื่รอ การกำจัดจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาโดยตรงต่อสภาพแวดล้อม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเพื่อเพิ่มมูลค่าของเปลือกกล้วยน้ำว้า ผู้วิจัยจึงได้คึกคึกนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาสกัดสารแทนนินที่มี คุณสมบัติเป็นสารตกตะกอนโปรตีนและแป้ง นอกจากนี้ยังตกตะกอนกับโลหะหนักได้ดีมาเป็น สารสร้างตะกอนชีวภาพในกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) แทนการใช้สารเคมีที่นิยมใช้กัน คือ สารส้ม ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ซึ่ง สารเหล่านี้ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะในน้ำหลังผ่านการบำบัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษา โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแทน นินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วยวิธีที่ง่ายและสะดวก ได้แก่ ชนิดของสารละลายสกัด ระยะเวลาสกัด อุณหภูมิ และอัตราส่วนของน้ำหนักเปลือกกล้วยต่อปริมาตรสารละลายที่ใช้สกัด ขั้นตอนที่ 2 ศึกษา สภาวะที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนของปริมาตรสารละลายแทนนินต่อปริมาตรน้ำเสียชุมชน พีเอช และ ระยะเวลาในการบำบัด พร้อมทั้งตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดและนำผล การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Scale) มาประยุกต์ในระดับไพลอต (Pilot Scale) เพื่อ การใช้งานจริง

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า
2. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นสารสร้างตะกอน
3. เพื่อนำเปลือกกล้วยน้ำว้าซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมเปลือกกล้วยน้ำว้าให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับสกัดสารแทนนิน
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดสารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า เช่น ชนิดของสารละลายสกัด ปริมาตร ระยะเวลาการสกัด และอุณหภูมิ
3. ตรวจวัดปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จากสภาวะต่างๆ กันด้วยวิธีมาตรฐาน Folin-Ciocalteu Phenol Reagent
4. เก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชนมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
5. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้สารสกัดแทนนินเป็นสารสร้างตะกอนเปรียบเทียบการใช้สารส้มโดยวิธีจาร์เทสต์

6. ศึกษาการบำบัดน้ำในระดับไพลอต (Pilot Scale) โดยใช้ผลจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ



การตรวจเอกสาร

1. แทนิน

1.1 ประวัติ

ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ พบว่า มีการใช้หนังสัตว์ห่อหุ้มร่างกาย และทำรองเท้า เพื่อใช้ในการป้องกันอากาศหนาวในเขตหนาว หนังสัตว์ที่นำมาใช้แม้จะทำให้แห้งแล้งก็ตาม แต่มักเกิดการเน่าเปื่อยเมื่อเปียกน้ำ และมีความแข็งแรงกระด้าง มนุษย์ในยุคนั้นพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการนำหนังสัตว์มารมควัน หลังจากนั้นก็มีการใช้น้ำมัน ไขมันสัตว์ และเกลือ ต่อมาค้นพบหลักฐานทางโบราณคดีว่ามีการใช้สารแทนนินฟอกหนังสัตว์ในยุคโบราณทางตอนเหนือของเยอรมัน และได้มีการพัฒนาใช้สารแทนนินในอุตสาหกรรมการผลิตหนังสัตว์จนถึงปัจจุบัน (ฟิรส์คัลด์, 2544)

นักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่มให้ความเห็นว่าสารแทนนินอาจเป็นสารที่พืชใช้ในการป้องกันโรค และวัชพืช เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีรสฝาด และขม รวมทั้งยังป้องกันอันตรายจากเชื้อราและแบคทีเรียในบริเวณที่ไม่มีชีวิตของพืช เช่น แก่น และเปลือก ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ อีกทั้งสารแทนนินยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร พบว่าหากกินเข้าไปมากจะเกิดอาการเป็นพิษ ทำให้ท้องอืด แต่สามารถลดอันตรายจากอาการเกิดพิษได้โดยการทำให้สุกก่อนรับประทาน ตัวอย่างของพืชที่มีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบ เช่น ถั่ว ฝรั่ง ชา กาแฟ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เงาะ มังคุด มันสำปะหลัง และกล้วย เป็นต้น (เมธา, 2545)

1.2 นิยาม

แทนนิน มีรากศัพท์มาจากคำว่า “แทนนิง (Tanning)” แปลว่า การรักษาไว้ และกันน้ำ แทนนิง คือ กรรมวิธีในการเปลี่ยนหนังสัตว์ที่ตายแล้วให้เป็นผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยการใช้สารสกัดจากพืช

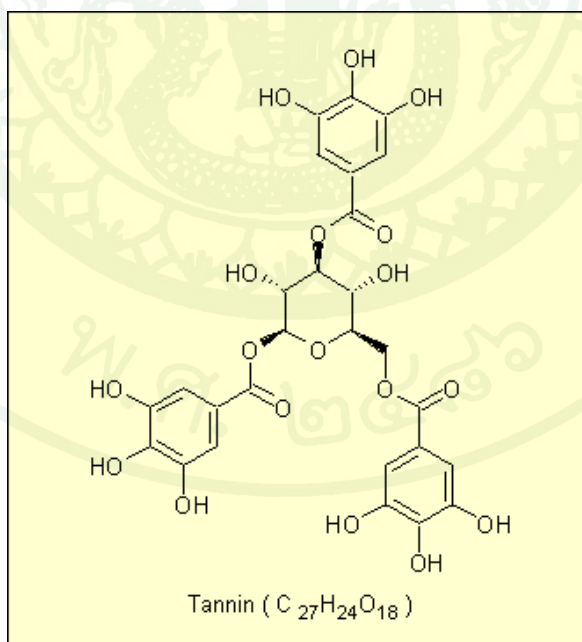
แทนนิน (Tannin) เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน มีรสฝาด จึงเป็นสารที่ให้ความฝาดในพืช พบได้ในส่วนต่างๆของพืชหลายชนิด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ กลุ่มคอนเดนส์แทนนิน (Condensed Tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทไซยานิน (Proanthocyanin) พบในส่วนเปลือกต้น เนื้อไม้ และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และกลุ่มไฮโดรไลซ์แทนนิน (Hydrolysable Tannins) ซึ่งเป็นสารแทนนินที่สามารถแตกตัวได้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก พบมากในส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ ใบ ผล เปลือก ผล และส่วนที่ปลูกออกมาจากลำต้นปกติ เมื่อพืชได้รับอันตราย หรือทำให้เกิดรอยแผล (Gall) เป็นต้น แทนนินมีคุณสมบัติช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสือตัวไม่เน่าเปื่อย จึงมีการใช้สารแทนนินในอุตสาหกรรมการฟอกหนังด้วย ในทางการแพทย์ พบว่า สารแทนนินสามารถใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ นอกจากนี้ยังพบว่า สารแทนนินบางประเภทมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น Theogallin, Gallic acid และ Ellagic acid เป็นต้น (พีรศักดิ์, 2544)

สารแทนนิน เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ ประกอบด้วย หมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก ขนาดของโมเลกุลมีขนาดใหญ่ และเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500-3,000 (Hung *et al.*, 2008) นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงคุณสมบัติของการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงของฟีนอลได้ อาทิ สามารถตกตะกอนกับโปรตีนประเภทต่างๆ เช่น โมเลกุลของเจลาติน โปรตีนจากหนังสือตัว ไลโคไซด์ อัลคาลอยด์ รวมทั้งโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เซลลูโลส และเพคติน เป็นต้น นอกจากนี้ สารละลายแทนนินยังมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนักบางชนิด เช่น เหล็ก ตะกั่ว และสังกะสีได้ (Amelotet *et al.*, 2007) การเกิดปฏิกิริยา พบว่า เมื่อ Hydrolysable Tannin ทำปฏิกิริยากับเกลือของ Ferric เช่น Ferric chloride จะให้ตะกอนสีน้ำเงิน-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 (Arnolet *al.*, 2008) สารแทนนินเป็นสารในกลุ่ม Polyphenol ซึ่งสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสาร Macromolecule ชนิดอื่นๆ สารสามารถแบ่งสารแทนนินออกเป็น 2 ชนิด ชนิดแรกคือ Hydrolysable Tannin ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ Gallic (Ellagic Acid) ที่มีหมู่เอสเทอร์เชื่อมกับ Sugar (Muetzel, 2006 ; Osmianskiet *al.*, 2007) เป็นสารที่ถูกย่อย (Hydrolysis) ออกเป็นโมเลกุลเล็กๆได้ด้วยกรด หรือ Enzyme Tannase สารในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็น Amorphous มีสีเหลือง-น้ำตาล ละลายในน้ำร้อนได้เป็น Colloidal Dispersions ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ Condensed Tannin (Proanthocyanin) เป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้ เมื่อได้รับกรดหรือ Enzyme Tannase จะให้สารสีแดงที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (Phlobaphenes) มีหมู่คาร์บอนเชื่อมต่อกัน (Muetzel, 2006) ซึ่งสาร Phlobaphenes เป็นกลุ่มโพลิเมอร์ของ Flavonoid (Flavan-3-ol) ทั้งนี้คุณสมบัติของ Condensed Tannins ขึ้นอยู่กับหน่วยโมโนเมอร์ (ตำแหน่งของ Hydroxylation และ 2, 3-cis- หรือ 2, 3-trans stereochemistry) (Meagheret *al.*, 2004)

1.3 สูตรโครงสร้าง



ภาพที่ 1 โมเลกุลแทนนิน

ที่มา: ออแกนิกเคมี (2550)

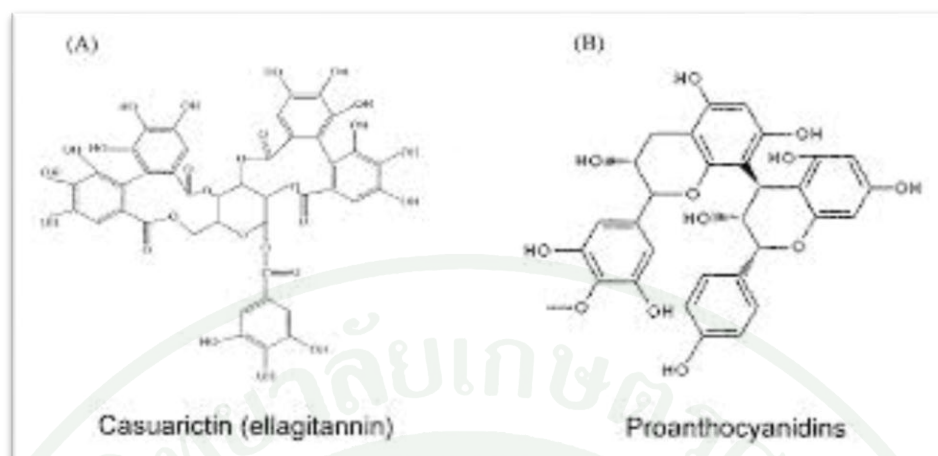
1.4 การแบ่งกลุ่มของสารประกอบแทนนิน

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 นอกจากนี้อาจพบได้ในส่วนของใบ ผล และฝัก

สารประกอบแทนนิน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1.4.1 True Tannins เป็นกลุ่มที่สามารถทนต่อการสลายตัวต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส 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 เชื่อมโยงกันด้วยพันธะเอสเตอร์ที่เรียกว่า Depside Linkage ซึ่งพันธะเอสเตอร์นี้ สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสถานะที่มีน้ำ และถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด เบส หรือเอนไซม์ Tannase ให้ Phenolic acids และน้ำตาล หรือ Polyols เมื่อนำไปกลั่นแบบแห้ง สารประกอบ Phenolic Acid จะเปลี่ยนเป็น Pyrogallol ดังนั้น Hydrolyzable Tannins จึงเรียกว่า Pyrogallol Tannins มี Free Hydroxy Group 3 หมู่ เมื่อเกิดปฏิกิริยากับสารละลาย Ferric Chloride จะให้สีน้ำเงิน สารประกอบกลุ่ม Hydrolyzable Tannins แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้



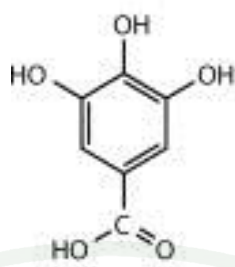
ภาพที่ 2 (A) โมเลกุล Hydrolyzed Tannins ที่ชื่อว่า Gallotannins

(B) โมเลกุล Proanthocyanidins

ที่มา: ประเชิญ(2530)

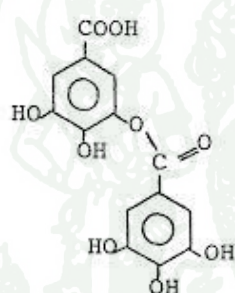
(1.1) Gallotannins เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วย Gallic Acid เชื่อมต่อกับน้ำตาลกลูโคสด้วยพันธะเอสเทอร์ เมื่อ acid hydrolysis เกิดการสลายตัวจะให้สาร 2 ชนิด คือ Gallic Acid และน้ำตาลกลูโคส ตัวอย่างของ Gallotannins ได้แก่ Tannins Acid (Chinese Gallotannin) และ Tara Gallotannin พืชที่เป็นแหล่งของ Gallotannins ได้แก่ Turkish Galls, Hamamelis, Chinese Galls, Bearberry Leaves, Chesnut, Maple โกศน้ำเต้า กานพลู และกลีบกุหลาบแดง เป็นต้น

(1.2) Ellagitannins เป็นกลุ่มของสารประกอบโพลีฟีนอลที่ประกอบไปด้วย Hexahydroxydiphenic Acid หรือ Modified form เช่น Dehydrohexahydroxydiphenic Acid และ Chebulic Acid เป็นต้น โดยอยู่ร่วมกับน้ำตาล Ellagitannins เมื่อเกิดการสลายตัวแบบ Acid Hydrolysis ส่วนของ Hexahydroxydiphenic Acid จะแยกตัวออก และเกิดปฏิกิริยา Lactonization ให้ Ellagic acid ตัวอย่างของ Ellagitannins ได้แก่ เปลือกทับทิม ผลสมอไทย เปลือกต้นโอ๊ก และใบยูคาลิปตัส



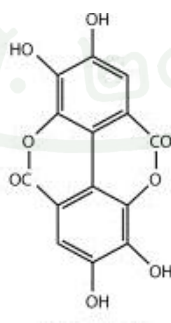
ภาพที่ 3 Gallic Acid

ที่มา: ประเชิญ (2530)



ภาพที่ 4 Digallic Acid

ที่มา: ประเชิญ (2530)



ภาพที่ 5 Ellagic Acid

ที่มา: ประเชิญ (2530)

(2) Condensed Tannins หรือที่เรียกอีกอย่างว่า Proanthocyanidins เป็นกลุ่มของสารประกอบ Polyphenols ที่มีความซับซ้อน และสลายตัวด้วยน้ำยากกว่ากลุ่ม Hydrolysable Tannins โครงสร้าง Polyphenols ในกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบในกลุ่ม Flavonoids พืชที่เป็นแหล่งของ Condensed Tannins ได้แก่ เปลือกอบเชย เปลือกชินโคนา เปลือกหลิว เปลือกโอ๊ค เปลือกโกโก้ เปลือกและใบของ Hamamelis ราก Krameria ราก Male Fern และใบชา สารประกอบกลุ่มนี้เมื่อนำมาต้มกับกรด หรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ จะได้สารประกอบโพลีเมอร์รูปอสัณฐาน สีแดง ไม่สามารถละลายน้ำ เรียกว่า Phobaphenes หรือ Tannin Red จึงเรียกลักษณะนี้ว่า Phobatanins เมื่อนำสารประกอบกลุ่มนี้มาทำการกลั่นแบบแห้ง จะได้สารประกอบที่เป็น Catechol Tannins สารประกอบกลุ่มนี้จึงถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Catechol Tannins สารในกลุ่ม Condensed Tannins ประกอบไปด้วย Free Hydroxyl Group อยู่ 2 หมู่เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย 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 ทำให้ไม่สามารถแยกสารสกัดสารโพลีฟีนอลหลายชนิดที่รวมกันให้บริสุทธิ์ได้โดยการตกผลึก เมื่อเกิดการละลายน้ำจะได้เป็นสารละลายคอลลอยด์ ซึ่งอัตราการละลายน้ำขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์หรือขนาดโพลีเมอร์ (Degree of Polymerization) ละลายได้ในแอลกอฮอล์และอะซิโตน ความคงตัวในตัวทำละลายที่เป็นน้ำขึ้นอยู่กับโครงสร้าง อย่างที่พบในระหว่างสกัดโดย

วิธีการต้มหรือเคี้ยว สารประกอบแทนนินจำพวก Geraniin เมื่อเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวจะได้เป็น Gallic Acid, Ellagic acid และ Corilagin ภายใน 30 วัน

นอกจากสารแทนนินจะสามารถรวมตัวกับ โปรตีน อัลคาลอยด์และช่วยในการตกตะกอนโปรตีน เช่น เจลลาตินและอัลบูมิน รวมไปถึงการตกตะกอนกับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้งแล้ว สารแทนนินยังมีความสามารถในการตกตะกอนโลหะหนัก เช่น Lead Acetate, Zinc Acetate, Potassium Dichromate และ Ferric Chloride ได้อีกด้วย (คณะเภสัชศาสตร์, 2550)

1.6 ชีวสังเคราะห์

(1) Hydrolyzable Tannins สารกลุ่มนี้เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจาก Gallic Acid ซึ่งสังเคราะห์มาจากระบวนการเมตาบอลิซึมของ Shikimic Acid หลังจากนั้น Gallic Acid จะเกิดปฏิกิริยาการเติมกลูโคส (Glucosylation) ได้เป็น UDP-Glucose ต่อจากนั้น UDP-Glucose จะสร้างพันธะเอสเทอร์กับ Gallic Acid ที่ละโมเลกุลได้เป็น Pentagalloyl Glucose ซึ่ง Pentagalloyl Glucose เป็น Tannins ที่เป็นตัวกลางสำคัญในการเปลี่ยนแปลงเป็น Gallotannins และ Ellagitannins

(2) Condensed Tannins สารกลุ่มนี้เป็นสารชีวสังเคราะห์มาจาก Flavan-3-ols ซึ่งมาจากระบวนการเมตาบอลิซึมของ สารฟลาโวนอยด์ โดยปฏิกิริยาการเติมหมู่ Hydroxyl 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 เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยากับสารที่มีประจุลบที่มีคุณสมบัติเป็นพวกที่ชอบประจุบวก (Nucleophilic) ได้ เช่น ตำแหน่งที่ 6 และตำแหน่งที่ 8 ของ Flavan-3-ols หรือที่ตำแหน่งเดียวกันกับ Flavan-3-ols แต่เป็นโมเลกุลของ Flavan-3, 4-diols อีก

โมเลกุลหนึ่ง (แต่กรณีหลัง มักเกิดได้ยากกว่ากรณีแรก) และท้ายที่สุดปฏิกิริยาทั้งสองนี้จะนำไปสู่การเกิด Oligomers และ Polymers ต่อไป

1.7 การตรวจสอบ

1.7.1 การตรวจสอบโดยใช้วิธีทางเคมี

(1) การทดสอบหา Hydrolyzable Tannins

- สารประกอบกลุ่ม Hydrolyzable Tannins ทุกชนิด สามารถทำการทดสอบโดยใช้น้ำปูนใส ผลบวกเกิดตะกอนเหลืองสีน้ำตาลเงินเทา

- ทดสอบสารสกัด Hydrolyzable Tannins ด้วย Ferric Salts ผลบวกเกิดสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ในขณะที่ Condensed Tannins ผลบวกเกิดตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล

นอกจากนี้สามารถแยกประเภทของสารประกอบในกลุ่ม Hydrolyzable Tannins ได้โดยการทดสอบต่อไปนี้

- การทดสอบหา Gallotannins ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Hydrolyzable Tannins ด้วย การใช้ Potassium Iodate ผลบวกเกิดสีชมพู ส่วน Free Gallic acid จะเกิดสีส้มกับ Reagent ชนิดนี้

- การทดสอบหา Ellagitannins ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Hydrolyzable Tannins ด้วย การใช้กรดไนตริกที่มีกรดออกซิดิกผสมอยู่ด้วย ผลบวกเกิดสีชมพูในตอนแรก ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงและสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

(2) การทดสอบหา Condensed Tannins

โดยใช้สารละลาย Vanillin หรือกรดไฮโดรคลอริก ผลบวกให้สีแดง และสารละลาย Bromine Water ผลบวกเกิดตะกอนสีเหลือง ในขณะที่ Hydrolysable Tannins ไม่เกิดปฏิกิริยานี้ (คณะเภสัชศาสตร์, 2550)

1.7.2 การตรวจสอบโดยใช้ TLC

การตรวจสอบสารสกัดทั่วไปใช้เทคนิค TLC บน Silica gel หรือ Cellulose และพิจารณาการเรืองแสงภายใต้แสง UV โดยใช้ Reagents ต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ช่วยในการตรวจสอบผลหรือใช้เทคนิค HPLC Reverse Phase และใช้ Solvent ที่เป็น Slightly Acidic Alcoholic Solvents เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่

1.8 การตรวจวิเคราะห์

1.8.1 การตรวจวิเคราะห์ Tannins โดยรวม

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 10th Edition คือ การตกตะกอนกับผงหนัง (Hide Powder) ซึ่งเป็นโปรตีน โดยเริ่มจากการสกัดแทนนินด้วยวิธี Infusion แล้วแบ่งส่วนหนึ่งมาระเหยแห้ง เพื่อหาปริมาณสารแทนนินที่ละลายในน้ำ จากนั้น

นำอีกส่วนหนึ่งที่มีปริมาณเท่ากับส่วนแรกมาเติมผงแห้งจนกว่าจะไม่เกิดตะกอน นำมากรองเอาตะกอนออกและระเหยสารละลายที่กรองได้จนแห้ง น้ำหนักที่ได้จากส่วนแรกหักลบด้วยน้ำหนักที่ได้จากส่วนที่สองจะเท่ากับน้ำหนักของ Tannins ทั้งหมด

1.8.2 การวิเคราะห์ตามชนิดของ Tannins

ปฏิกิริยาระหว่าง Tannins กับ Potassium Iodate สามารถใช้ในการหาปริมาณของ Galloyl Esters และเมื่อนำปฏิกิริยานี้มาเติม Nitrous Acid ลงไป สามารถนำมาหาปริมาณของ Ellagic Tannins ได้ แล้วนำไปหาปริมาณด้วยวิธี Spectroscopy

การหาปริมาณของ Proanthocyanidins สามารถทำได้โดยเติม Vanillin ลงในตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ ที่ละลายอยู่ใน Methanol หรือเติมสาร 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 การสกัดสารแทนนินมักทำได้ดีที่พืชสดมากกว่าพืชแห้ง เพราะในพืชแห้งสารประกอบกลุ่มนี้อาจรวมตัวอยู่กับโพลีเมอร์อื่นๆ 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 โดยสารแทนนินจะทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้หนังที่ผ่านการฟอกสีแล้วมีสี และไม่เกิดการเน่าเสียหลังการฟอก นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางชนิดด้วย เช่น การทำให้เบียร์ใส และทำให้มีรสขม ฝาด รวมทั้งกลั่นในเครื่องดื่บบางประเภท เช่น เบียร์ ไวน์ ชา และกาแฟ (Lamelaet.al., 2007)

(2) ใช้ในการย้อม แห อวน เชือก และเรือใบ ทำให้มีความทนทานการใช้งานที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม ซึ่งอาศัยคุณสมบัติการตกตะกอนกับโมเลกุลขนาดใหญ่แทนนินที่ใช้ในงานเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับแหล่งที่หาได้ เช่น ในพม่าได้จากแก่นไม้สีเสียด (*Acacia catechu*) ในมาเลเซียได้จากเปลือกไม้ชายเลน เช่น *CarapaObovata* และ *CeriopsCandolleana* และแถบเกาะบอร์เนียวได้จากเปลือกไม้ชายเลน เช่น *CeriopsCandolleana*, *RhizophoraCandelaria* และ โกงกางใบใหญ่

(3) ใช้ในกระบวนการผลิตกว และสีย้อม โดยมีผลให้สีที่นำมาใช้ย้อมติดแน่นทนทาน เช่น โปรแอนโทโรไซยานิดิน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตไม้อัด ทดแทนการใช้สารฟีนอลสังเคราะห์ที่ผลิตจากปิโตรเคมี

(4) ใช้รับประทานแก้อาการท้องเสีย หรือท้องเดิน (Antidiarrheals) โดยสารแทนนินมีกลไกไปจับกับ Fungal Protein, Bacteria Protein, Viral Protein หรือโมเลกุลขนาดใหญ่อื่นๆของเชื้อก่อโรค ทำให้เชื้ออ่อนแอ และไม่สามารถทำอันตรายกับร่างกายได้ นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารสัตว์ที่มีสารแทนนินอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถลดอัตราการเกิดพยาธิในสัตว์สี่กระเพาะได้เช่นกัน (Naczyk and Fereidoon, 2004)

(5) ใช้เป็นยารักษาแผลภายนอก โดยสารแทนนินจะทำปฏิกิริยากับผิวหนังชั้นนอก และเนื้อเยื่อที่ผลิตเมือกคลุมผิว ทำให้สามารถป้องกันน้ำได้ และมีฤทธิ์ต่อเส้นเลือดบริเวณผิวหนัง ทำให้เส้นเลือดหดตัว (Vasoconstrictor) ลดการสูญเสียน้ำจากบาดแผล ทำให้เนื้อเยื่อที่เป็นแผล หรือโดนแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ดีขึ้น บาดแผลจึงแห้ง และหายได้เร็วขึ้น

(6) ช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย โดยสารแทนนินบางชนิดมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิด Superoxide Ion ซึ่งมีผลช่วยลดการเกิดมะเร็งต่างๆ ได้

นอกจากนี้สารแทนนินยังมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์อีกมาก เช่น ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด อาทิ Lipooxygenase และ Angiotensin Converting Enzyme อีกทั้งสารแทนนินบางประเภทมีโครงสร้างของสารกลุ่ม Flavonoids อยู่ จึงมีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นได้ดี ไม่เกิดการเปราะหรือแตกได้ง่าย เมื่อได้รับการกระทบกระเทือน (สุวรรณศรี, 2536)

2. กล้วยน้ำว้า

2.1 นิยาม

กล้วยน้ำว้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa Sapientum* Linn. (AAB group) “KluaiNamwa” ชื่ออื่นๆ กล้วยไต่ (เชียงใหม่, เชียงราย); กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี); กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี); กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) มีลักษณะผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือไส้กลางมีสีเหลือง กล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 5 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำว้าแดง น้ำว้าค่อม น้ำว้าเหลือง น้ำว้าขาว และน้ำว้าวันวล เกิดจากการผสมของกล้วยป่า 2 ชนิดด้วยกัน คือ *Musa Acuminate* และ *Musa Balbisaina* กล้วยเป็นพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับคนไทยมาตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายในทุกภาคของประเทศไทย เติบโตเร็วให้ผลตลอดปี ผลกล้วยเหมาะต่อการบริโภคสำหรับ

ทุกเพศทุกวัย ตั้งแต่ทารกจนถึงวัยชรา เพราะเป็นผลไม้ที่อุดมด้วยคุณค่าทางอาหารในการบริโภคสดหรือการแปรรูปเป็นอาหารทั้งคาวและหวาน ส่วนอื่นๆของกล้วยยังสามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้หลากหลาย

กล้วยจัดเป็น Climacteric Fruit โดยเมื่อเก็บเกี่ยวที่แก่จัดซึ่งเปลือกยังคงเป็นสีเขียวอยู่ แล้วนำมาบ่มกล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในระยะที่กล้วยกำลังสุก ได้แก่ อัตราการหายใจสูง การเปลี่ยนแปลงเปลือก การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และการมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น เป็นต้น การเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้านิยมกระทำเมื่อผลแก่จัดเต็มที่ สัมผัสได้จากเหลี่ยมของผลกล้วยหายไปกล้วยจะสุกเร็วและมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลมากหรือรสหวานกว่ากล้วยที่ตัดเมื่อยังเจริญไม่เต็มที่ (ปวิณ และคณะ, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 6 กล้วยน้ำว้า

การใช้ประโยชน์จากกล้วยน้ำว้านั้น สามารถใช้ได้ทั้งลำต้น ใบและผล โดยมีการใช้ประโยชน์ดังนี้ คือ

ส่วนผล ผลสุกนอกจากจะรับประทานเป็นผลไม้แล้ว ยังสามารถนำมาปรุงอาหารคาวหวาน และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปชนิดต่างๆ

ส่วนใบสามารถนำไปใช้ห่อของ ทำงานประดิษฐ์ศิลป์ต่างๆ ใบตองแห้งใช้ทำกระทงใส่อาหาร และใช้ห่อผลไม้

ก้านใบและกาบกล้วย ใช้ทำเชือก กาบสดใช้สำหรับการแทงหยวกประกอบเมรุในการฌาปนกิจศพ

หัวปลี ใช้รับประทานแทนผักได้

ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้านั้น สามารถใช้ได้ทั้งต้น แต่เปลือกกล้วยน้ำว้ายังมีเหลือเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า

2.2 เปลือกกล้วยน้ำว้า

สำหรับการใช้ประโยชน์จากกล้วยนั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้ผลของกล้วยเพื่อเป็นทั้งผลไม้และอาหารแปรรูปต่างๆ เช่น กล้วยบด กล้วยแช่แข็ง กล้วยแผ่น กล้วยตาก กล้วยอัดเม็ด ด้วยสาเหตุนี้เองจึงมีเปลือกกล้วยเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก

เปลือกกล้วยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้ง และเมื่อสุกจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล จะเห็นว่าการมีปริมาณแป้งและน้ำตาลที่สูงทำให้เปลือกกล้วยมีความเหมาะสมที่จะสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้เช่นเดียวกับ มันสำปะหลัง หรือกากน้ำตาล นอกจากนี้เปลือกกล้วยยังมีปริมาณเชื้อใยที่มากพอที่สามารถจะนำมาผลิตเป็นเอทานอลอีกด้วย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย

ส่วนประกอบทางเคมี	เปลือกกล้วย (เปอร์เซ็นต์)
คาร์โบไฮเดรต	63.6
ปริมาณเยื่อใย	8.6
เถ้า	11.7
ไขมัน	8.6
อื่นๆ	7.5

ที่มา: Hammond and Egg (1996)

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วยนั้นจะเกิดขึ้นในระหว่างการสุก เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะมีการสร้างและสลายตัวอยู่ตลอดเวลา แต่ในระหว่างการสุกนั้นจะเกิดการสลายตัวมากกว่าซึ่งทำให้คลอโรฟิลล์หมดลงไป และเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ดังนั้นจึงใช้ค่าดัชนีสีของเปลือกกล้วยเป็นตัวกำหนดระยะสุก เรียกว่า ดัชนีของเปลือกกล้วย (PCI, Peel Color Index) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะของกล้วยที่คัดเลือกตาม Peel Index Color

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาดัชนีสีเปลือกกับปริมาณแป้งและน้ำตาลของกล้วย

PCI	สีเปลือก	แป้ง (เปอร์เซ็นต์)	น้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)	หมายเหตุ
1	เขียว	21.13	0.75	แข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยสีขาว ไม่มีกลิ่น
2	เขียว มีสีเหลืองเล็กน้อย	18.40	2.69	แข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยมีสีขาว ไม่มีกลิ่นกล้วย
3	มีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง	16.10	4.77	เนื้อนิ่มลง สีของเนื้อกล้วยขาว ไม่มีกลิ่นกล้วย
4	มีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว	12.46	8.21	เนื้อกล้วยนิ่ม เริ่มปอกเปลือกได้ง่าย
5	สีเหลืองปลายเขียว	6.80	13.71	เนื้อกล้วยมีสีเหลืองอ่อนแต่ยังไม่มีกลิ่น
6	สีเหลืองทั้งผล	3.30	17.62	เริ่มมีกลิ่นกล้วยหอม
7	สีเหลืองเริ่มมีจุดน้ำตาล	2.36	18.54	ปอกเปลือกได้ง่าย ผลกล้วยยังคงแน่น กล้วยสุกเต็มที่ กลิ่นหอมมาก

ที่มา: จินตนา (2534)

2.3 องค์ประกอบหลักในเปลือกกล้วย

ส่วนประกอบส่วนใหญ่ในเปลือกกล้วยและพืชชนิดอื่นๆคือ คาร์โบไฮเดรต โดยอาจจะมีคาร์โบไฮเดรตมากถึง 70% ของน้ำหนักแห้ง คาร์โบไฮเดรตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้ คือ คาร์โบไฮเดรตเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่มีสารชนิดอื่นประกอบอยู่ในโมเลกุล และคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีสารชนิดอื่น เช่น ไขมันหรือโปรตีนประกอบในโมเลกุลด้วย

2.3.1 โมโนแซคคาไรด์ เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรต มีสูตรอย่างง่ายคือ $(CH_2O)_n$ โดย n มีจำนวนตั้งแต่ 3 ขึ้นไป (ที่พบมากที่สุดคือ 5 และ 6 แต่อาจมีค่าได้ถึง 9) โมโนแซคคา

ไรด์ที่รู้จักดี คือ พวกที่ประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส กาแลกโตสฟรุกโตส และแมนโนส เป็นต้น

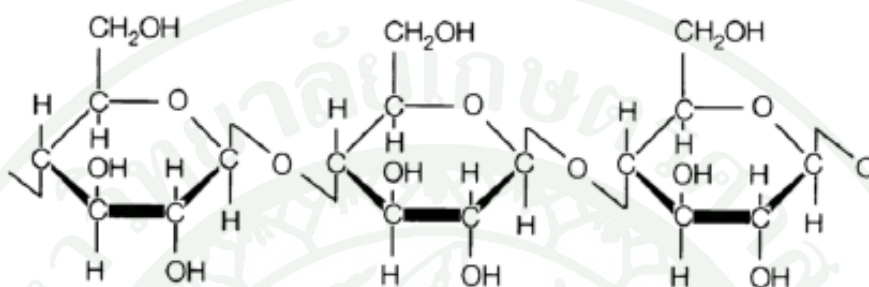
2.3.2 โอลิโกแซคคาไรด์เป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบไปด้วยโมโนแซคคาไรด์ในช่วง 2-20 หน่วย โอลิโกแซคคาไรด์ ที่รู้จักดีคือ พวกที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ 2 หน่วย เช่น น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลมอสโตส เป็นต้น

2.3.3 พอลิแซคคาไรด์เป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์มากกว่า 20 หน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond: $-C-O-C-$) เป็นสายยาว พอลิแซคคาไรด์แตกต่างกันที่ชนิดและจำนวนของโมโนแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบบางชนิดเป็นสายโซ่ยาวตรง บางชนิดมีกิ่งก้านแยกออกไป ตัวอย่างพอลิแซคคาไรด์ในพืช ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และแทนนิน เป็นต้น

1) แป้ง

แป้ง เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืช พบทั้งในใบ ลำต้น ราก ผล และเมล็ด แป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆตามขนาดโมเลกุล และลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่งมีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะไมโลเพกตินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีกิ่งก้านสาขามากมาย ในแป้งมีอะไมโลสประมาณ 10-30% และอะไมโลเพกติน ประมาณ 70-90% อะไมโลสประกอบด้วยกลูโคส 200-1,500 โมเลกุล ซึ่งต่อกันเป็นโซ่ยาวแบบไม่มีกิ่ง และขดเป็นเกลียวแบบเฮลิคซ์ ส่วนอะไมโลเพกตินจะมีโครงสร้างต่างจากอะไมโลส คือ นอกจากกลูโคสต่อเป็นโซ่ยาวแล้วยังมีการต่อแบบกิ่งด้วย โดยกลูโคสต่อกันเป็นโซ่ยาว 12 ถึง 25 โมเลกุลจะแตกกิ่งครั้งหนึ่ง และส่วนที่เป็นโซ่กิ่งมีกลูโคสต่อกัน 20 ถึง 25 และโมเลกุลอะไมโลเพกติน ประกอบด้วยกลูโคส 2,000-200,000 โมเลกุล

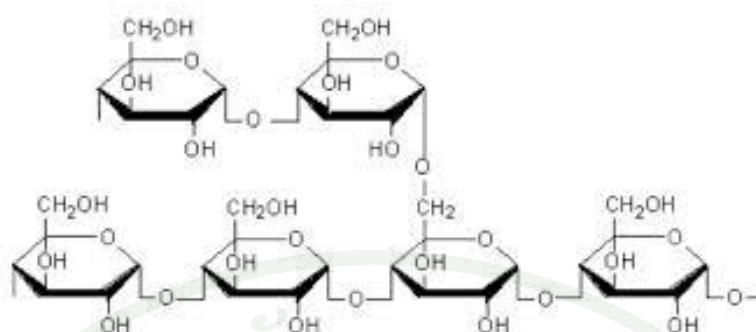
1.1) อะไมโลส เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้น ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-ไกลโคซิดิก น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสจะอยู่ในช่วงประมาณ 1,000-15,000 ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของแป้งดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา: คุษฎี (2550)

1.2) อะไมโลเพกติน เป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-ไกลโคซิดิก และส่วนของกิ่งที่เป็นพอลิเมอร์สายสั้นเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-ไกลโคซิดิก ดังภาพที่ 9 จะมีอยู่ประมาณ 5% ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพกตินทั้งหมด ด้วยโครงสร้างที่เป็นแบบกิ่งก้าน อะไมโลเพกตินจะจับกันเป็นกลุ่มทำให้เกิดเป็นเกลียวคู่ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์



ภาพที่ 9 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน

ที่มา: คูษฎี (2550)

2) เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดในเซลล์พืช พบตามผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด มีหน้าที่ช่วยให้พืชมีโครงสร้างแข็งแรง ในธรรมชาติจะไม่พบเซลลูโลสในรูปอิสระ แต่มักจะพบรวมกับลิกนิน เฮมิเซลลูโลส กัมเพนโตโซน แทนนิน ไขมัน และสารเกิดสี

เซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของดีกลูโคส ในรูปแบบต้า-ดี-กลูโคไพราโนส (β -D-Glucopyranose) หลายโมเลกุลเรียงต่อกันเป็นโครงสร้างคล้ายลูกโซ่ แต่ละโมเลกุลจับกันด้วยพันธะ β -1,4-ไกลโคซิดิกที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 1 ของกลูโคสกับคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสโมเลกุลถัดไป

ผนังเซลล์ของพืชจะมีเซลลูโลสจัดเรียงตัวเป็นแถบๆ ไม่ติดต่อกันโดยตลอด เมื่อเซลล์แก่เต็มที่ภายในช่องว่างจะเต็มไปด้วยลิกนิน นอกจากนี้ยังมีพอลิแซ็กคาไรด์อื่นๆ ที่ปะปนอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช ได้แก่ ไซเลน (Xylan) แมนแนน (Mannan) พอลิยูโรไนด์ (Polyuronide) อะราเบน (Araban) และกาแลกแตน (Galactan) โดยมักพบในปริมาณที่น้อยกว่าเซลลูโลส

เซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ สารอินทรีย์ใดๆและในสารละลายค้างอ่อนหรือกรดอ่อน แต่สามารถละลายได้ดีในกรดแก่หรือด่างแก่ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลสตามลักษณะการละลายในกรดหรือด่างได้ 3 ชนิด ได้แก่

(1) แอลฟาเซลลูโลส (α -Cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5% ที่อุณหภูมิห้อง

(2) เบต้าเซลลูโลส (β -Cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5% ที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถตกตะกอนได้ง่ายในสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด

(3) แกมมาเซลลูโลส (γ -Cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5% ที่อุณหภูมิห้อง และละลายได้ในสารละลายกรดแก่แต่สามารถตกตะกอนได้โดยใช้แอลกอฮอล์

2.4 คุณค่าทางอาหาร

เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารเช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอุดมด้วยวิตามินเอ และวิตามินซี รวมทั้งมีปริมาณแคลเซียมสูง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าอาหารของผลกล้วยน้ำว้าสด 100 กรัม

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก
ความชื้น (ก.)	69	71.6
ไขมัน (ก.)	0.2	0.3
โปรตีน (ก.)	1.4	1.2
คาร์โบไฮเดรต(ก.)	28.7	26.1
แคลเซียม(มก.)	8	12
ฟอสฟอรัส(มก.)	35	32
เหล็ก(มก.)	0.9	0.8
วิตามินเอ(IU)	483	375
วิตามินบี1 (มก.)	0.04	0.03
วิตามินบี2 (มก.)	0.02	0.04
ไนอาซิน (มก.)	0.6	0.6
วิตามินซี (มก.)	31	14

ที่มา: เบญจมาศ (2545)

3. น้ำเสีย

3.1 นิยาม

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

3.2 แหล่งกำเนิด และประเภทของน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

3.2.1 แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดแน่นอน ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน

(1) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการหล่อเย็นและหม้อน้ำร้อน จนกระทั่งถึงขั้นตอนการทำความสะอาดโรงงาน รวมทั้งน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดหรือน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดมาแล้ว แต่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม องค์ประกอบของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสภาพแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำทิ้ง ประเภท และขนาดของโรงงาน ทั้งนี้ น้ำเสียโรงงานมักเป็นน้ำเสียที่มีสภาพของความเป็นกรดเป็นเบส รวมทั้งมีค่าความเป็นพิษเกินมาตรฐานสูงเกินกว่าที่กำหนด

(2) น้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดยทั่วไปน้ำเสียในประเภทนี้ กำเนิดมาจากแหล่งที่มา 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่ น้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัยขนาดต่างๆ และน้ำเสียจากสถานประกอบการต่างๆ รวมทั้งตลาด ร้านค้า โรงมหรสพ โรงแรม สถานให้บริการ สำนักงานและสถานที่ราชการ รวมไปถึงเอกชนในพื้นที่ชุมชน ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่อาศัย และประกอบอาชีพอยู่ในแหล่งชุมชนนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการชำระล้างร่างกาย การซักล้างภาชนะ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องนุ่งห่ม การประกอบอาหาร การขับถ่าย เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้มักมีสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์เจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก สิ่งสกปรกที่พบมักเป็นพวกเศษอาหาร ผักและผลไม้ คราบสบู่ ไขมัน สารซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบสารตกค้างจากการซักล้างภาชนะ และเครื่องนุ่งห่มปะปนมาด้วย โดยน้ำเสียในชุมชนแต่ละแห่งจะมีคุณภาพ และปริมาณที่แตกต่างกันไปตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชุมชนนั้นๆ

3.2.2 แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน ได้แก่ เกษตรกรรม

(1) น้ำเสียจากเกษตรกรรม ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดมาจากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูก ทั้งนี้ น้ำเสียจากการเพาะปลูกมักพบสารจำพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และสารพิษต่างๆ ในปริมาณสูง ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ เป็นส่วนมาก เช่น เศษอาหารตกค้าง และมูลสัตว์

นอกจากนี้การแบ่งประเภทของน้ำเสีย สามารถจำแนกออกได้ตามลักษณะของสิ่งเจือปนหรือสารปนเปื้อนในน้ำเสีย ได้แก่

- น้ำเสียอินทรีย์ คือ น้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกเจือปนเป็นสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจุลินทรีย์ในธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ น้ำเสียประเภทนี้ ได้แก่ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานทอผ้า โรงงานประกอบอาหาร เป็นต้น ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้ สังเกตได้ว่า หากปล่อยให้เกิดการหมักหมม รวมตัวกันเป็นระยะเวลาานจะเกิดการเน่าเหม็น

- น้ำเสียอนินทรีย์ คือ น้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสิ่งสกปรกที่มีการเจือปนจำพวกสารประกอบอนินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ น้ำเสียประเภทนี้ ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท ยังพบว่ามีสารประกอบทั้งอินทรีย์ และอนินทรีย์เจือปนอยู่ด้วย เช่น น้ำเสียจากโรงงานผลิตรถยนต์ ที่มีสารประกอบจำพวกสังกะสี ละลายอยู่เป็นจำนวนมาก และมีสารประกอบอินทรีย์ปะปนอยู่เช่นกัน

3.3 สิ่งสกปรกในน้ำเสีย

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

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

(2) สารอนินทรีย์ คือ แร่ธาตุต่างๆ ที่แม้จะไม่ก่อให้เกิดการเน่าเหม็น แต่สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต หรือเป็นอุปสรรคในการผลิตน้ำประปา ซึ่งแร่ธาตุต่างๆ ที่ปะปนในแหล่งน้ำส่วนมากมักละลายมาจากตะกอนดินในพื้นที่ที่แหล่งน้ำนั้นไหลผ่าน เช่น เหล็ก สังกะสี คลอไรด์ซัลเฟต และฟอสเฟต เป็นต้น

(3) โลหะหนัก และสารพิษอื่นๆ พบการเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำในรูปของสารอินทรีย์ หรือ สารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ เช่น พรอท แคดเมียม ทองแดง ทั้งนี้ตามปกติแล้วโลหะหนักเหล่านี้มักเกิดการเจือปนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชในการทำการเกษตร แต่สำหรับแหล่งชุมชนบางแห่ง อาจพบได้ในน้ำทิ้งจากอู่ซ่อมรถ โรงพยาบาล ร้านชุบโลหะ ฯลฯ ได้เช่นกัน

(4) ไขมัน และสารแขวนลอยในน้ำเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ อีกทั้งยังขัดขวางการละลายของแก๊สออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดมลพิษต่อทัศนียภาพ

(5) ความร้อนมีผลทำให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำมีค่าสูงขึ้น ส่งผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ ในแหล่งน้ำ เช่น การละลายตัวของแก๊สออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ และยังเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการใช้ก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นอีกด้วย มีผลทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง

(6) ของแข็ง ประกอบด้วย ของแข็งที่แขวนลอย ของแข็งที่สามารถละลายในน้ำได้ และตะกอนหนัก ซึ่งเมื่อจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำจะทำให้เกิดสภาพการไร้ออกซิเจนที่พื้นท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์

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

(8) ค่าความเป็นกรด-เบส สามารถตรวจวัดได้จากค่าพีเอช โดยค่าพีเอชที่มากกว่า 7 หมายถึง สภาพความเป็นเบส ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึง สภาพความเป็นกรด ซึ่งน้ำสะอาดจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 คืออยู่ในสภาพเป็นกลาง ทั้งนี้ ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำด้วย

(9) สารที่ก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ฟองซักฟอก สบู่ โดยฟองที่เกิดขึ้นมีผลไปขัดขวางการละลายตัวของแก๊สออกซิเจน จากอากาศลงสู่พื้นน้ำ ทั้งยังส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

(10) จุลินทรีย์น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานฟอกหนัง โรงงานผลิตอาหารหรือโรงฆ่าสัตว์ พบว่า มีจุลินทรีย์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีพ ทำให้ระดับของก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว แหล่งกำเนิดกลิ่นเน่าเหม็น อีกทั้งจุลินทรีย์บางชนิดยังเป็นเชื้อโรค หรือเป็นพาหะของโรคบางชนิดอีกด้วย

(11) สารกัมมันตรังสี อาจพบมีเจือปนมากับน้ำเสียตามโรงพยาบาล หน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรของเอกชนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตรังสีในการปฏิบัติงาน สารกัมมันตรังสีเหล่านี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร และยังพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งในสิ่งมีชีวิต

(12) ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส หากพบมีอยู่ในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูงมากจะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายบางชนิดอย่างรวดเร็ว จนเกินขอบเขตที่สามารถรับได้เกิดการทับถมของซากสาหร่ายเหล่านี้ และเกิดการเน่าเสียตามมา รวมทั้งการแพร่กระจายของสาหร่าย และพิษน้ำยังเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรทางน้ำเป็นอย่างมาก

(13) กลิ่น ส่วนมากกลิ่นของน้ำเสีย มักเกิดขึ้นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ หรืออาจเป็นกลิ่นจากวัตถุดิบในการผลิตอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การผลิตอาหารสัตว์ ปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

3.4 สารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ หมายถึง อนุภาคของสารที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยอาจพบ ออกซิเจน และธาตุอื่นๆเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย ธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุคาร์บอนร้อยละ 58 ไฮโดรเจนร้อยละ 10 ออกซิเจนร้อยละ 20 ไนโตรเจนร้อยละ 5 ฟอสฟอรัส และกำมะถัน อย่างละร้อยละ 1 ส่วนที่เหลือเป็นสารอื่นๆอีกเล็กน้อย ปกติสารอินทรีย์จะไม่เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นไอออนในสารละลาย ส่วนมากเป็นองค์ประกอบที่มาจากพืช และสัตว์ แต่อาจเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การสังเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ หรือสารประกอบอินทรีย์โดยตรง ซึ่งสุรัสวดี (2542) ได้จำแนกสารอินทรีย์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) สารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิต โดยแบ่งเป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

(1) ไม่ว่าจะเป็นพืช หรือสัตว์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยง่ายด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ทำได้ดีที่สุดได้เป็น ธาตุอาหารกลับไปเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตต่อไป

(2) สิ่งขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะจากมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง มักพบว่าส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ

2) สารอินทรีย์จากกิจกรรมอื่นๆอันนอกจากกิจกรรมต่างๆในการดำรงชีวิตประจำวันของสิ่งมีชีวิต เช่น กากเชื้อเพลิง น้ำมัน สารกำจัดศัตรูพืช ของเสีย วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม และภาคการเกษตร ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

พัฒนา (2539) กล่าวคือ สารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสียว่ามีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน สารลดแรงตึงผิว สารประกอบอินทรีย์ระเหย และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช และสัตว์ เป็นต้น ทั้งนี้หากสารอินทรีย์เหล่านี้ปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมากย่อมเป็นสาเหตุก่อให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ เนื่องจาก สารอินทรีย์เหล่านี้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ซึ่งจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ เมื่อปริมาณสารอินทรีย์มีมากในแหล่งน้ำ ความต้องการปริมาณของแก๊สออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้นย่อมมากตามไปด้วยมีผลทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำลดลง

การตรวจสอบปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียทั่วไป หมายถึง ปริมาณของสารอินทรีย์ในรูปของความต้องการแก๊สออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ ซึ่งการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียประเภทนี้ สามารถใช้การวัดได้ 2 วิธี โดยวิธีการวัดทางชีวภาพ และวิธีการวัดทางเคมี ซึ่งการหาค่าความต้องการแก๊สออกซิเจนทางชีวภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ส่วนวิธีทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี สุรัสวดี (2542) ได้อธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์หาค่าความต้องการปริมาณแก๊สออกซิเจนในแหล่งน้ำทั้ง 2 วิธีไว้ดังนี้

1) ความต้องการปริมาณแก๊สออกซิเจนทางชีวภาพ หมายถึง ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ภายใต้สภาวะที่มีแก๊สออกซิเจน ซึ่งค่าความต้องการแก๊สออกซิเจนทางชีวภาพของแหล่งน้ำจะเท่ากับ ปริมาณของแก๊สออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิโดซ์สารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และน้ำ

การวิเคราะห์ค่าบีโอดีนั้น นิยมวิเคราะห์ในช่วงเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่จากการศึกษาพบว่า ที่ระยะเวลา 5 วัน จุลินทรีย์ในธรรมชาติสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เพียงร้อยละ 60-70 เท่านั้น เนื่องจากในธรรมชาติสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มักใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 20-30 วัน จึงสามารถย่อยสลายได้เกือบหมด คิดเป็นร้อยละ 95-99 แต่การวิเคราะห์ที่เวลา 20 วันนั้น ถือว่านานเกินไป และอาจเกิดการผิดพลาดจากผลการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์จำพวก Autotrophic กลุ่ม Nitrifying Bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนโดยตรง แต่สามารถใช้ออกซิเจนในสารอนินทรีย์ทดแทน โดยการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรต์ และเปลี่ยนไนไตรต์เป็นไนเตรดตามลำดับ (สมการที่ 1) ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น



2) ความต้องการแก๊สออกซิเจนทางเคมี ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยทั่วไป สามารถวิเคราะห์ได้จากการที่สารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถูกออกซิโดซ์ด้วยปริมาณที่มากพอของสารเคมี ที่เรียกว่า สารออกซิโดซ์ซิงค์เอเจนต์อย่างแรง สารที่นิยมใช้ ได้แก่ โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ในสภาวะกรด ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ silver sulfate โดยทั่วไปแล้ว ค่าซีโอดีจะมีค่ามากกว่าค่าบีโอดีเสมอ และใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ 3 วัน ซึ่งรวดเร็วกว่าการหาบีโอดี และสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิโดซ์ด้วยวิธีทางเคมี จะมีปริมาณมากกว่าวิธีทางชีวภาพ อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดในรูปของค่าซีโอดี เป็น

การวัดปริมาณของสารอินทรีย์ทั้งหมดซึ่งที่สามารถย่อยสลายได้ ย่อยสลายได้ช้าและไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

สามารถอธิบายสรุปความสัมพันธ์ระหว่างบีโอดี และค่าซีโอดี โดยพิจารณาจากผลของปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ โดยการเปรียบเทียบค่าตัวเลขที่ได้ของค่าซีโอดีที่มีค่าสูงกว่าบีโอดี ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ เปลี่ยนเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยไม่ต้องอาศัยกระบวนการย่อยสลายและการดูดซึมของจุลินทรีย์ ซึ่งอธิบายสรุปให้สามารถเข้าใจได้ง่ายกว่าค่าบีโอดีเป็นค่าที่สามารถแสดงให้เห็นเฉพาะสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ในธรรมชาติย่อยสลายได้เท่านั้น แต่ค่าซีโอดีเป็นค่าที่แสดงถึง ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีทั้งหมดในน้ำไม่ว่าจะสามารถย่อยสลายได้หรือไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

3.5 ผลกระทบของน้ำเสีย

สุรัสวดี (2542) ได้อธิบายถึง ผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อสภาพสิ่งแวดล้อม หากว่าน้ำเสียดังกล่าวถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้อง และทำให้อยู่ในตามเกณฑ์ของค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ไว้ดังนี้

(1) ผลกระทบในกระบวนการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภค และบริโภค เนื่องจากแหล่งน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่มาจากแม่น้ำลำคลองตามธรรมชาติ เมื่อแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย คุณภาพน้ำลดลง การผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้คุณภาพตรงมาตรฐานจึงมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำมากขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายด้านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

(2) ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค เช่น เชื้อบิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค เป็นต้น ซึ่งทางการสาธารณสุขได้ใช้เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform Bacteria) เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ หากมีการตรวจพบแบคทีเรียเหล่านี้เป็น

จำนวนมากในแหล่งน้ำก็จะสามารถบ่งชี้ว่าอาจมีเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในแหล่งน้ำนั้นๆ

(3) ผลกระทบต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยทั่วไป พบว่า ในน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เจือปนอยู่เป็นจำนวนมากจะส่งผลให้จุลินทรีย์ในน้ำเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย เกิดการใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นเกิดการสูญเสียสมดุล โดยทั่วไปแล้วตามแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หากปริมาณก๊าซออกซิเจนลดน้อยลงกว่านี้ก็จะเกิดผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

(4) ผลกระทบต่อการประมง เนื่องจากการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำจากการปล่อยน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นจำนวนมากลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและการขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำโดยตรง ทั้งยังอาจส่งผลให้สัตว์น้ำล้มตายเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณผลผลิตทางด้านประมงมีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

(5) ผลกระทบต่อการเกษตร โดยน้ำเสียที่มีความเป็นกรดเป็นเบสสูง บ่งบอกถึงการมีปริมาณเกลืออนินทรีย์อยู่สูง หรือมีสารพิษปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่นำไปใช้เพื่อการเกษตรจึงมีผลเสียโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช และสารพิษที่อยู่ในน้ำเสียสามารถสะสมในห่วงโซ่อาหาร เกิดผลเสียต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกเช่นกัน

(6) ผลกระทบทางด้านทัศนียภาพของพื้นที่บริเวณแหล่งน้ำ พบว่า การที่มีปริมาณสารแขวนลอย (Suspension) เจือปนอยู่ในน้ำเสีย ก่อให้เกิดลักษณะของน้ำที่มีความขุ่น และเมื่อเกิดการเน่าเสีย สีของน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำถึงดำ มีผลต่อความสวยงามของทัศนียภาพบริเวณนั้นๆ

4. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ กระบวนการหรือขั้นตอนการกำจัดหรือคัดแยกสิ่งสกปรกที่พบเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำให้ลดลงหรือหมดไป และปรับสภาพให้น้ำนั้นมีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ลงไว้ ณ วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ตามที่ได้มีการประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2548 แต่ทั้งนี้ห้ามมิให้ใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้สารละลายเพื่อเกิดการเจือจาง

นิพนธ์ (2550) ได้อธิบายถึงกรรมวิธีในการบำบัดน้ำเสีย ไว้ว่า กระบวนการในการบำบัดน้ำเสียนั้นมีขั้นตอนหรือกระบวนการบำบัดอยู่หลายวิธีการด้วยกันขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำเสีย สิ่งสกปรกที่เจือปนหรือสารองค์ประกอบที่แตกต่างกันในน้ำเสียเหล่านั้น ทั้งที่อยู่ในรูปของแข็งและสารละลายไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ซึ่งกระบวนการในการกำจัดบำบัดย่อมแตกต่างกันไป ตามลักษณะทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีของน้ำเสียเหล่านั้น ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งแยกออกตามกระบวนการบำบัดได้เป็น 3 วิธีการ ดังนี้

4.1 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่มีขั้นตอนง่าย และสะดวกที่สุด อาศัยหลักการทางฟิสิกส์ เพื่อการกำจัดสิ่งสกปรกในรูปของของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ไม่ละลายน้ำ เช่น การใช้ตะแกรงกรองคัดสิ่งสกปรกออกจากแหล่งน้ำ การตกตะกอน การกวาด การกวั่น การทำให้ลอย การกรอง และการแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง เป็นต้น ซึ่งการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพนี้เป็นการบำบัดขั้นต้นของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการอื่นต่อไป

4.2 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ถือเป็นกระบวนการบำบัด น้ำเสียที่ค่อนข้างยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายในการทำงานที่สูง เนื่องจากต้องนำสารเคมีเข้ามาใช้ในกรรมวิธีเพื่อประโยชน์ในการกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของสารละลาย ด้วยเหตุนี้การปฏิบัติงานจึงมี

ความจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ รวมทั้งต้องมีความรู้เรื่องการใช้ และการป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆเป็นอย่างดี ทั้งนี้ สิ่งสกปรกส่วนมากมักเป็นสารประกอบจำพวกสารอินทรีย์ ซึ่งย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติ หรือด้วยวิธีการทางชีวภาพ กระบวนการบำบัดน้ำเสียวิธีทางเคมี เช่น การเติมสารเคมีลงในน้ำเสีย เพื่อช่วยในการตกตะกอน การเติมสารฆ่าเชื้อโรค หรือการทำปฏิกิริยาการสะเทิน เพื่อให้สภาพของน้ำเสียมีค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนของสารอินทรีย์ เป็นต้น

4.3 กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางชีวภาพ ถือเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ค่อนข้างง่ายแก่การดูแลรักษา ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และการดูแลรักษาต่ำกว่ากระบวนการทางเคมี อีกทั้งประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับที่ดีจนถึงดีมาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ยังมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำเองได้โดยไม่ต้องมีความรู้ ความชำนาญมากนัก อีกทั้งต้นทุนในด้านค่าใช้จ่าย และการดูแลรักษาต่ำ และน้ำเสียชุมชนก็ถือว่าเป็นน้ำเสียที่มีคุณภาพระดับปานกลาง หรือไม่ต่ำกว่ามาตรฐานมากนัก และประกอบไปด้วยสารอินทรีย์เป็นหลักด้วย

นอกจากกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการดังกล่าวแล้ว เกรียงศักดิ์ (2539) ยังได้อธิบายเพิ่มเติมไว้อีกหนึ่งวิธี คือ กระบวนการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ-เคมี เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัย กระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมีร่วมกัน โดยใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนของสารเจือปนในน้ำ การแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของสารกระบวนการดูดซับ เป็นต้น

พัฒนา (2539) ได้อธิบายถึงหลักการ วิธีการ รวมทั้งขั้นตอนในการปฏิบัติงานในการบำบัดน้ำเสียไว้ว่า การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมพอที่จะไม่ให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้นๆ โดยได้สรุปวัตถุประสงค์สำคัญในการบำบัดน้ำเสียไว้ดังนี้

- เพื่อลดความเป็นพิษหรือผลกระทบจากน้ำเสีย
- เพื่อบำบัดค่าบีโอดีในน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
- เพื่อลดปริมาณตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย
- เพื่อลดปริมาณของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำเสีย

ทั้งนี้ พิมล และชัยวัฒน์ (2539) ได้ทำการแบ่งลักษณะการบำบัดน้ำเสียออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

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

(2) ระบบบำบัดขั้นต้น เป็นขั้นตอนที่ต้องการแยกอนุภาคของสารที่ไม่สามารถละลายน้ำ หรือตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และการกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสียได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น โดยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น พบว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคลดลงร้อยละ 50 ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 35-65 ค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 25-40 และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงร้อยละ 20-40

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

(4) ระบบบำบัดขั้นที่สาม เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในกรณีที่ต้องการให้น้ำสะอาด เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก และสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ โดยใช้

วิธีการทางเคมี ร่วมกับวิธีทางกายภาพเคมี ซึ่งสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่จากการบำบัดขั้นที่สองได้ทั้งหมด รวมทั้ง ปริมาณของแอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และสารประกอบโลหะต่างๆที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียด้วย ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการพื้นฐานของการผลิตน้ำประปา

5. การสร้างตะกอน

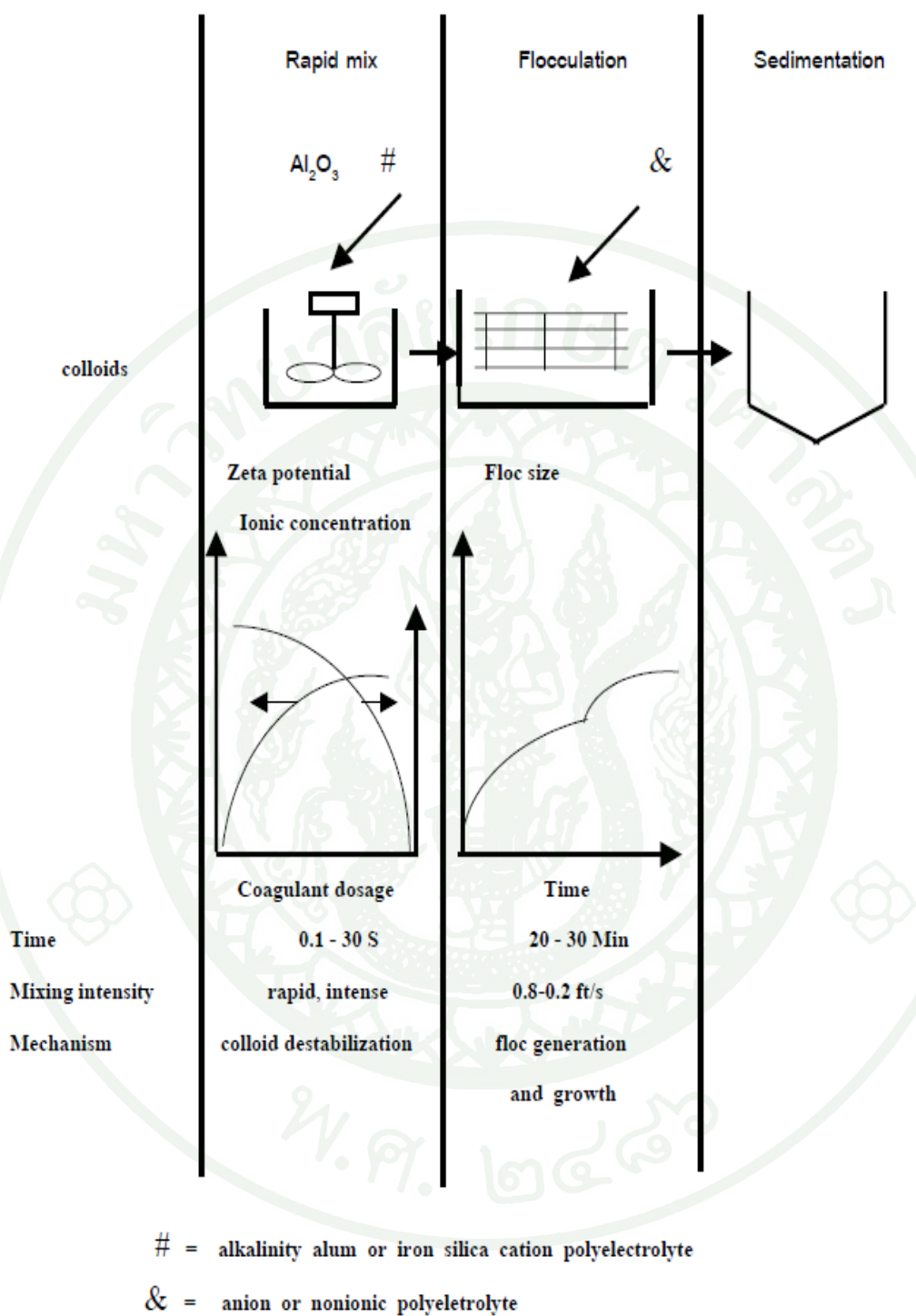
5.1 นิยาม

การสร้างตะกอน หมายถึง กระบวนการทั้งหมดในการทำให้อนุภาคคอลลอยด์มารวมกันเป็นกลุ่มก้อน (floc) อนุภาคขนาดเล็กซึ่งเรียกว่าอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำมัน โดยทั่วไปมีขนาด 10^{-3} – 10^{-6} มิลลิเมตร อนุภาคคอลลอยด์ต่าง ๆ นั้นส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุบวกหรือลบแล้วแต่ชนิดสารแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ (มันลิน, 2538)

1) พวกที่ชอบน้ำ จะมีโมเลกุลของน้ำห่อหุ้มอยู่รอบๆอนุภาคเหล่านั้นแยกออกจากน้ำได้ยาก ต้องใช้แรงมากในการบังคับให้อนุภาคต่าง ๆ นั้นมาเกาะมาจับกันเป็นกลุ่มก้อนเพราะโมเลกุลของน้ำเสมือนสิ่งกีดขวางไม่ให้อนุภาคต่างๆเข้าใกล้และจับตัวได้ พวกนี้มักจะเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก เช่น สารอินทรีย์บางชนิด

2) พวกที่ไม่ชอบน้ำ อนุภาคมักจะเป็นประจุลบสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย เพราะไม่มีโมเลกุลของน้ำเป็นสิ่งกีดขวาง เช่น อนุภาคของดินเหนียว ทอง โลหะอื่นๆ

การที่อนุภาคต่างๆ แขนวลอยอยู่ในน้ำ เพราะอนุภาคเหล่านั้นมีเสถียรภาพสูงเกิดจากแรงผลักดันกันระหว่างอนุภาคที่มีประจุชนิดเดียวกัน ทำให้อนุภาคไม่สามารถจับเป็นกลุ่มก้อนได้ ดังนั้นการทำให้อนุภาคต่างๆรวมตัวกันเกิดเป็นกลุ่มก้อนจะต้องมี 2 ขั้นตอน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการเกิดโคแอกกูเลชัน

ที่มา: กรองกาญจน์ (2530)

(1) ต้องทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของคอลลอยด์โดยการเติมสารสร้างตะกอนภายใต้สภาพน้ำที่มีความปั่นป่วนอย่างรุนแรงในขั้นตอนการกวนเร็ว เพื่อให้สารเคมีและอนุภาคคอลลอยด์จับตัวได้มีมากยิ่งขึ้น กระบวนการนี้สามารถกระทำได้อาศัยกลไก 4 แบบ คือ

- การลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการลดค่าศักดาโพเทนเชียล (Zeta Potential) ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวน Counter Ion ในชั้นกระจายทำให้ชั้นกระจายมีความหนาลดลง

- การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาค (Adsorption/Charge Neutralization) โดยการเติมสารเคมีที่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับกับอนุภาคและสามารถดูดติดผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้ทำให้มีผลในทางลดอำนาจศักย์ไฟฟ้าและทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

- การห่อหุ้มอนุภาคไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น โดยการเติมสารประกอบของเกลือของโลหะบางชนิดลงไป ในน้ำปริมาณที่พอเพียงจะมีการตกผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกหรืออนุภาคอาจจับรวมตัวกับผลึกทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้น และสูญเสียเสถียรภาพจนสามารถตกตะกอนได้ สารสร้างตะกอนที่ใช้ เช่น สารส้ม เพอร์ริกคลอไรด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต และปูนขาว เป็นต้น การกำจัดคอลลอยด์โดยกลไกแบบนี้มักเรียกว่าเป็น Sweep Coagulation

- การใช้สารอินทรีย์โพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ (Polymer Bridging) เป็นการเติมสารประกอบตามธรรมชาติ เช่น แป้ง เซลลูโลส น้ำตาลบางชนิด และโปรตีนบางชนิด รวมทั้งสารอินทรีย์โพลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อเป็นสารสร้างตะกอน สารเหล่านี้มักมีขนาดโมเลกุลใหญ่มาก ประจุไฟฟ้าประจำตัวอาจเป็นบวก ลบ หรือไม่มีประจุเลยก็ได้ กลไกนี้จะทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ โดยวิธีสร้างสะพานเชื่อมระหว่างโพลิเมอร์ (Polymer Bridging) โดยในขั้นตอนแรก โพลิเมอร์จะเกาะติดกับอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากประจุที่ต่างกันของโพลิเมอร์ และคอลลอยด์หรือเป็นแรงของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างประจุที่

เหมือนกันของโพลิเมอร์และคอลลอยด์ อนุภาคที่มีโพลิเมอร์เกาะติดอยู่และมีปลายอิสระสำหรับเกาะกับอนุภาคอื่นถือได้ว่าเป็นอนุภาคที่สูญเสียเสถียรภาพแล้ว (Destabilized Particle)

อนุภาสดังกล่าวนี้นี้จะสามารถจับตัวกับอนุภาคอื่นๆ โดยมีโพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม ทำให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ และสามารถแยกตัวออกจากน้ำได้ง่าย การเชื่อมโพลิเมอร์จะเกิดขึ้นได้ทราบเท่าที่มีโพลิเมอร์และตำแหน่งว่างบนผิวอนุภาค แต่ในทางตรงกันข้ามหากปลายอิสระของโพลิเมอร์กับมาเกาะจับบนอนุภาคเดิมทำให้ไม่มีปลายอิสระไว้จับอนุภาคอื่น และทำให้มีตำแหน่งว่างบนอนุภาคสำหรับยึดเกาะน้อยลง อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกสารโพลิเมอร์ยึดเกาะหลายตำแหน่งจนไม่มีปลายอิสระ และไม่มีที่ว่างทำให้อนุภาคมีเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized Particle) และการใช้โพลิเมอร์มากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เพราะโพลิเมอร์หลายโมเลกุลจะไปเกาะอยู่บนอนุภาคคอลลอยด์จนกระทั่งไม่มีที่ว่างบนอนุภาค สำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของโพลิเมอร์ที่อยู่บนอนุภาคอื่นๆ อนุภาคคอลลอยด์จึงยังคงมีเสถียรภาพอยู่ และการกวนน้ำแรงเกินไปหรือนานเกินไปก็ก่อผลเสียได้ เพราะทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นแล้วแตกออกเป็นส่วนๆ และอาจทำให้ปลายอิสระของโพลิเมอร์เกาะกันบนอนุภาคอันเดิม เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงกลับคืนมาใหม่ อีก

(2) ต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันให้มากที่สุด (Transport of Colloidal Particles) จนมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะตกตะกอนได้ง่ายขึ้น (Flocculation) โดยอาศัยการกวนช้า ซึ่งปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดกลไก ได้แก่

- Perikinetic Flocculation เป็นการรวมตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่เนื่องจากความร้อนซึ่งแปรรูปเป็นพลังงานทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และชนอนุภาคความขุ่นที่กระจายอยู่ในน้ำ ทำให้อนุภาคมีการเคลื่อนที่ที่เกิดการสัมผัสจนมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำจำนวนอนุภาค โดยจะมีบทบาทเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนและหากอนุภาคความขุ่นรวมตัวกันจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน แล้วการรวมตัวแบบนี้จะมีบทบาทน้อยลงมาก

- Orthokinetic Flocculation เป็นการรวมตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อการเคลื่อนที่ของน้ำอยู่ในภาวะของการกวน โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำจะแตกต่างกันตามตำแหน่งและเวลาดังนั้นอนุภาคความขุ่นที่เคลื่อนที่ไปกับน้ำจะมีความเร็วแตกต่างกันไปด้วย จึงทำให้เกิดการชนและการรวมตัวในที่สุด กลไกแบบนี้จะมีบทบาทมากเมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลไกหลักของการกวนช้าจะต้องมีการสร้างสภาวะการเคลื่อนที่ของน้ำให้มีความเร็วที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่างๆในน้ำ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ใบพัดแบบต่างๆ

เสริมพล และไชยยุทธ (2524) เสนอให้ใช้อัตรากวนเร็ว 100 รอบ/นาที นาน 3 นาที จากนั้นลดลงเหลือความเร็ว 30 รอบ/นาที นาน 12 นาที แล้วตั้งทิ้งให้ตกตะกอน

กรรณิการ์ (2525)กล่าวถึงวิธีการใช้อัตรากวนเร็ว 100 รอบ/นาที นาน 1 นาที จากนั้นลดลงเหลือความเร็ว 30-40 รอบ/นาที นาน 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง

Cleasby (1990)เสนอให้ใช้อัตรากวนเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 0.5-1 นาที แล้วตามด้วยการกวนช้า 25-35 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 20 นาที แล้วตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง

Luis (1993) ทำการวิจัยโดยใช้ระยะเวลากวนเร็ว 1-2 นาที กวนช้า 10-12 นาที ตั้งให้ตกตะกอน 1-2 ชั่วโมง สำหรับการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มและปูนขาว

5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างและรวมตัวกันตะกอน

ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนจะดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้ (มันสิน, 2538)

1) ชนิดของคอลลอยด์ในน้ำ

เนื่องจากคอลลอยด์ในน้ำเป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่มีสภาพเป็นประจุบวกหรือลบหรือเป็นคอลลอยด์ประเภทที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จะมีโอกาสถูกกำจัดออกจากน้ำได้ง่ายกว่าประเภทที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) หากทราบชนิดของคอลลอยด์จะช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้สารที่ช่วยในการตกตะกอนได้อย่างเหมาะสม

2) อุณหภูมิ

อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความหนืดของน้ำต่ำซึ่งจะช่วยให้ตกตะกอนได้ดี

3) ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างตะกอนจะสมบูรณ์ต้องอาศัยส่วนประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำที่สำคัญได้แก่ สภาพความเป็นด่างในน้ำ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชเพื่อให้ปฏิกิริยาในการกำจัดอนุภาคคอลลอยด์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) พีเอช (pH) ที่เหมาะสม

สารที่ใช้ในการตกตะกอนแต่ละชนิดให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่พีเอชต่างกัน การเติมสารสร้างตะกอนลงในน้ำที่ไม่อยู่ในช่วงพีเอชที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้เปลืองสารเคมีที่ใช้แล้วยังทำให้คุณภาพน้ำไม่ดีเท่าที่ควรและผลการตกตะกอนจะเกิดขึ้นไม่ดี

5) ชนิดและปริมาณของสารที่ใช้ในการสร้างและรวมตะกอน

สารสร้างตะกอนแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมสำหรับทำลายอนุภาคคอลลอยด์แต่ละชนิดได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปริมาณที่ใช้ ลักษณะของกลุ่มตะกอนที่เกิดขึ้น ความเร็วของการตกตะกอน ความยากง่ายในการใช้งานรวมทั้งราคาด้วย

6) กลิ่นของสาร

ในน้ำเสียมักจะพบกลิ่นอินทรีย์ ซึ่งจะมีผลต่อช่วงพีเอชที่เหมาะสมคือจะทำให้ช่วงกว้างขึ้น ระยะเวลาที่จับตัวเป็นตะกอนมากขึ้นและปริมาณสารช่วยสร้างตะกอนจะใช้มากขึ้นเป็นต้น

7) ระดับความขุ่นในน้ำ

หมายถึง ปริมาณอนุภาคคอลลอยด์ที่มีอยู่ในน้ำ โดยน้ำที่มีอนุภาคแขวนลอยจำนวนมากจะใช้สารสร้างตะกอนในปริมาณที่น้อยกว่า อีกทั้งยังตกตะกอนได้ดีกว่า เนื่องจากมีเป่าลมผสมมากกว่าน้ำที่มีอนุภาคคอลลอยด์น้อยกว่า

8) เวลาและความแรงของการผสมเพื่อให้สารเคมีกระจายตัว

การทำให้สารเคมีละลายน้ำอย่างทั่วถึงเพื่อให้เกิดการสร้างตะกอนจำเป็นต้องกวนน้ำเพื่อให้เกิดการปั่นป่วนอย่างรวดเร็วด้วยเวลาอันสั้น เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวออกไปทำปฏิกิริยากับสารแขวนลอยได้ทั่วถึงและยังเป็นการช่วยประหยัดเวลาอีกด้วย เพราะปฏิกิริยาดังกล่าวนี้นี้ใช้เวลาน้อยกว่ากระบวนการรวมตะกอน ดังนี้ ถ้าใช้การกวนที่รุนแรงมากเท่าใดก็จะช่วยประหยัดเวลามากขึ้นเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อต้องการให้เกิดการรวมตะกอนนี้เกิดขึ้นเพื่อให้มีโอกาสดอยมา

สัมผัสซึ่งกันและกันได้มากที่สุด โดยทั่วไปการกวนเร็วใช้เวลา 30-90 วินาที (Kawamura,1973)
ส่วนการกวนช้าใช้เวลา 30-60 นาที (AWWA, 1990)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฑาลักษณ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปริมาณแทนนินในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพแปลงโดยใช้วิธีการสกัด และวิธีการวิเคราะห์ของเยาวมัลย์ (2523) ซึ่งใช้น้ำกลั่นในการสกัด Hydrolyzed Tannins และใช้เมทานอลในการสกัด Condensed Tannins โดยใบมันสำปะหลังที่ทำการศึกษา มี 3 สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ห้วยบง และพันธุ์ระยอง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ใบมันสำปะหลังที่สามารถสกัดได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง อีกทั้งปริมาณของสารแทนนินที่สกัดได้นั้นยังขึ้นอยู่กับอายุของต้นมันสำปะหลัง โดยปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้น

วัลลภและคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบมันสำปะหลัง:แทนนิน โดยใช้สารละลาย 9 ชนิดด้วยกันในการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง คือ นาอะซิโตน เอทิลแอลกอฮอล์ เบนซีน ปีโตรเลียมอีเธอร์ ไดเอทิลอีเธอร์เอทิลอะซิเตท และเฮกเซน ที่อุณหภูมิค่าความเป็นกรด-ด่าง และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน และทำการวิเคราะห์ชนิดของแทนนินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) จากนั้นนำสารแทนนินที่สกัดได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) โดยทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของสารสีที่ลดลง (% Decolorization) พบว่า สารสกัดที่สามารถสกัดสารแทนนินได้ในปริมาณสูงสุด คือ อะซิโตนที่ความเข้มข้น 50% โดยใช้เวลาสกัด 2 ชั่วโมง ได้สารแทนนินเท่ากับ 10.833 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งในสภาพความเป็นกรดที่พีเอช5 สามารถสกัดสารแทนนินได้ดี และยังพบว่าสารที่มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี คือ สารสกัดแทนนินที่สกัดด้วยอะซิโตน 50% ผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ 80%

โอภาส (2546) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยการสร้างตะกอนทางเคมี ได้เลือกใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารสร้างตะกอน 3 ชนิด คือ สารส้ม ปูนขาว และ อลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) โดยมีปริมาณที่เหมาะสมคือ 280, 1,100 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสารสร้างตะกอนที่มากที่สุด พบว่า โพลีออลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) มีความเหมาะสมที่จะเป็นสารสร้างตะกอนมากที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นได้ร้อยละ 91.60 บำบัดที่เคเอ็นได้ร้อยละ 88.21 บำบัดซีโอดีได้ร้อยละ 87.63 บำบัดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 91.60 บำบัดที่เคเอ็นได้ร้อยละ 24.92 บำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ร้อยละ 94.14 ค่าใช้จ่ายของสารเคมีในการบำบัดคือ 10.24 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

Hagerman (1988) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การสกัดสารแทนนินจากใบพีช โดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ระยะเวลาเจริญเติบโตในแต่ละฤดูกาล และช่วงอายุของใบ ทั้งนี้สารละลายที่นำมาใช้ในการศึกษาได้แก่ อะซิโตน เมทานอล และสารละลายกรดโครคลอริกผสมเมทานอล ซึ่งผลจากการสกัดสารแทนนินในใบพีช 3 ชนิดที่เลือกศึกษา ได้แก่ Burr Oak, Sugar Maple และ Shagbark Hickory พบว่า สารละลายที่สามารถสกัดสารแทนนินออกจากพีชได้สูงที่สุด ได้แก่ อะซิโตน โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้อะซิโตนที่ความเข้มข้น 70% นอกจากนี้พบว่า ชนิดของพีชที่เลือกศึกษาทั้ง 3 ชนิดนั้น Sugar Maple เป็นพีชที่สามารถสกัดได้สารแทนนินสูงที่สุด

Viraraghavan and Wimmer(1988) ได้ทำการศึกษา ปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมของสารส้ม และ PAC ที่อุณหภูมิ 7, 10 และ 20°C นั้นพบว่าในการกำจัดความขุ่นนั้น PAC มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นที่ 1/3 ถึง 2/3 ของปริมาณสารส้ม และ PAC สามารถกำจัดความขุ่นได้มากกว่าการใช้สารส้มร้อยละ 20 ในทุกๆอุณหภูมิที่ทดสอบซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้มีการเพิ่มสารโพลิเมอร์เพื่อใช้เป็นสารช่วยในการตกตะกอนและสามารถใช้ PAC ได้ในช่วงของอุณหภูมิที่กว้างกว่าการใช้สารส้ม นอกจากนี้คุณสมบัติของน้ำภายหลังการบำบัดยังมีพีเอชสูงกว่าการใช้สารส้ม จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชของน้ำในภายหลัง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- (1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- (2) เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis-Spectrophotometer)
- (3) เครื่องตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำ
 - (3.1) เครื่องวัดความขุ่น
 - (3.2) เครื่องวัดพีเอช
 - (3.3) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายได้ (DO-Meter)
 - (3.4) เครื่องย่อยสลาย สำหรับวิเคราะห์ซีโอดี (COD-Digestor)
- (4) เครื่องจาร์เทสต์ (Jartest)
- (5) ตู้อบ
- (6) เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2. สารเคมี

- (1) สารละลายเอทานอล
- (2) สารเคมีที่ใช้วัดปริมาณแทนนิน เช่น
 - (2.1) สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก
 - (2.2) สาร Folin-Ciocalteu Phenol Reagent
 - (2.3) สารโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- (3) สารอะลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$)

วิธีการ

1. เตรียมกราฟมาตรฐานแทนนิน

นำสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 ppm มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound) ด้วยวิธีFolin-Ciocalteu Phenol Reagent โดยวัดค่าดูดกลืนแสงของสารประกอบสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 735 nm. ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

2. เตรียมสารละลายสารส้ม

ชั่งสารส้ม ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) 20 กรัม เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

3. เตรียมเปลือกกล้วยน้ำว้า

นำเปลือกกล้วยน้ำว้าที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ $103^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่น อบอีกครั้งที่อุณหภูมิ $103^{\circ}C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดสารแทนนิน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย คือ น้ำ สารละลายเอทานอลเข้มข้น 50% v/v และเอทานอล อุ่นหภูมิ ($30^{\circ}C$ และ $50^{\circ}C$) ระยะเวลาในการสกัด (10, 30 และ 60 นาที) และปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้า (1, 5, 10, 15 และ 20 กรัม) การทดลองเป็นดังต่อไปนี้

4.1 ชั่งเปลือกกล้วยน้ำว้าที่บดเป็นผงปริมาณต่าง ๆ กัน คือ 1, 5, 10, 15 และ 20 กรัม ต่อตัว ทำละลายน้ำ 200 มิลลิลิตร แต่ละปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้านำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30°C และ 50 °C และที่แต่ละอุณหภูมิใช้เวลาในการสกัดต่าง ๆ กันคือ 10, 30 และ 60 นาที

4.2 ในการสกัดแทนนินที่สภาวะต่าง ๆ กันข้างต้นทำการระเหยตัวทำละลายให้เหลือน้อยที่สุด เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายแทนนินด้วยวิธีเช่นเดียวกับกราฟมาตรฐานแทนนิน

4.3 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.1 และ 4.2 โดยเปลี่ยนชนิดตัวทำละลายเป็น สารละลายเอทานอลเข้มข้น 50% v/v และเอทานอลบริสุทธิ์

5. เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เก็บน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีมาการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำได้แก่ สี กลิ่น อุณหภูมิ ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า พีเอช ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมด (TDS) และของแข็งแขวนลอย (SS)

6. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนของสารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า

การทดลองใช้น้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี โดยใช้วิธีจลน์ศาสตร์ ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณสารละลายแทนนินที่เหมาะสมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22 มิลลิลิตร) พีเอช (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12) ระยะเวลาการกวนเร็ว (70, 80, 90 และ 100 rpm) และกวนช้า (10, 20, 30 และ 40 rpm)

7. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยสารสกัดตะกอนแทนนินในน้ำเสียชุมชนปริมาตร 20 ลิตร

นำน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี มาทำการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนิน โดยใช้ น้ำเสียครั้งละ 20 ลิตร ปรับพีเอชให้เท่ากับที่ศึกษาเดิมปริมาณสารสกัดแทนนิน 20 เท่าของปริมาณ ที่ศึกษาและกวนด้วยความเร็วรอบของการกวนเร็วและช้าตามที่ศึกษาได้จากข้อ 6 ศึกษาระยะเวลา การกวนเร็วและช้าโดยแปรผันระยะเวลาการกวนเร็วเป็น 10 และ 30 นาที และระยะเวลาการกวนช้า เป็น 30 และ 60 นาที

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดิน ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

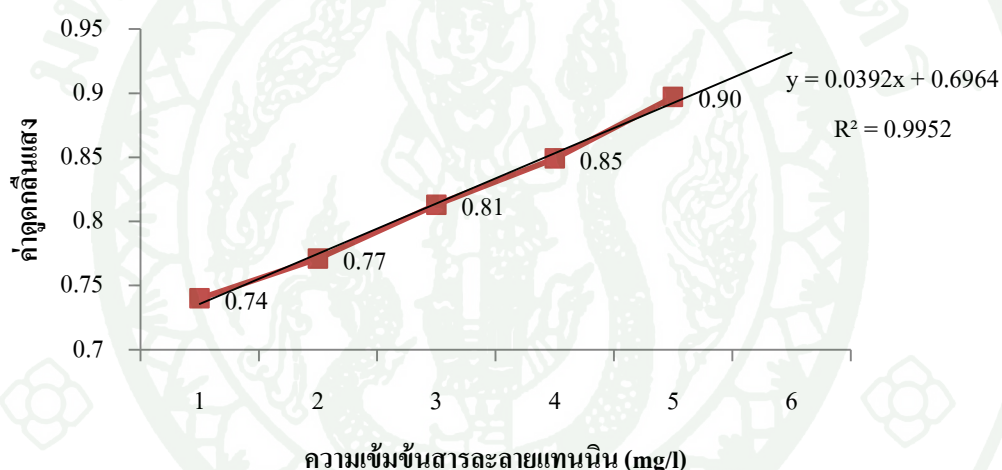
ระยะเวลาในการทดลอง

ช่วงระหว่าง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556

ผลและวิจารณ์

1. กราฟมาตรฐานแทนนิน

กราฟมาตรฐานแทนนินเตรียมจากสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1.00 ถึง 5.00 ppm. ด้วยวิธี Folin & Ciocalteus Reagent โดยวัดค่าดูดกลืนแสงของสารประกอบสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 735 nm. ได้กราฟเส้นตรงที่มีสมการเชิงเส้นถดถอย คือ $y = 0.039x + 0.696$ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.995 ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟมาตรฐานแทนนิน

2. ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการสกัดสารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า

ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย คือ น้ำ สารละลายเอทานอลเข้มข้น 50% v/v และเอทานอล ปริมาณเปลือกกล้วย คือ 1, 5, 10, 15 และ 20 กรัม ระยะเวลาการสกัด คือ 10, 30 และ 60 นาที และอุณหภูมิที่ใช้สกัด ได้แก่ 30 °C และ 50 °C ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4, 5 และ 6 จะเห็นได้ว่า ทุกสถานะที่ทำการศึกษา สารละลายแทนนินที่ได้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและลดการใช้สารเคมี ผู้วิจัยจึงเลือกใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย โดย

สภาวะที่เหมาะสมคือ เปลือกกล้วย 10 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 30 นาที ได้สารละลายแทนนินเข้มข้น 0.71 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะต่างๆ โดยน้ำเป็นตัวทำละลาย

ปริมาณเปลือกกล้วย (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายแทนนิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	10 นาที		30 นาที		60 นาที	
	30°C	50°C	30°C	50°C	30°C	50°C
1	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
5	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
10	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
15	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
20	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะต่างๆ โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

ปริมาณเปลือกกล้วย (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายแทนนิน(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	10 นาที		30 นาที		60 นาที	
	30°C	50°C	30°C	50°C	30°C	50°C
1	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
5	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
10	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
15	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
20	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่สภาวะต่างๆ
ใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้น 50% v/v

ปริมาณเปลือกกล้วย (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายแทนนิน(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	10 นาที		30 นาที		60 นาที	
	30°C	50°C	30°C	50°C	30°C	50°C
1	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
5	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
10	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
15	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
20	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72

ลักษณะสารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองเหนียวข้น ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 สารละลายแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า

3. คุณภาพของน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนการบำบัด

น้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการศึกษามาจากน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนการบำบัด

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำ
pH	7.9
Temp (°C)	30.0°C
สี (Pt-Co Unit)	0.08
กลิ่น	เหม็นเน่า
ความขุ่น (NTU)	23.59
DO (mg/l)	2.8
BOD (mg/l)	3.8
COD (mg/l)	225
TDS (mg/l)	1142
SS (mg/l)	55

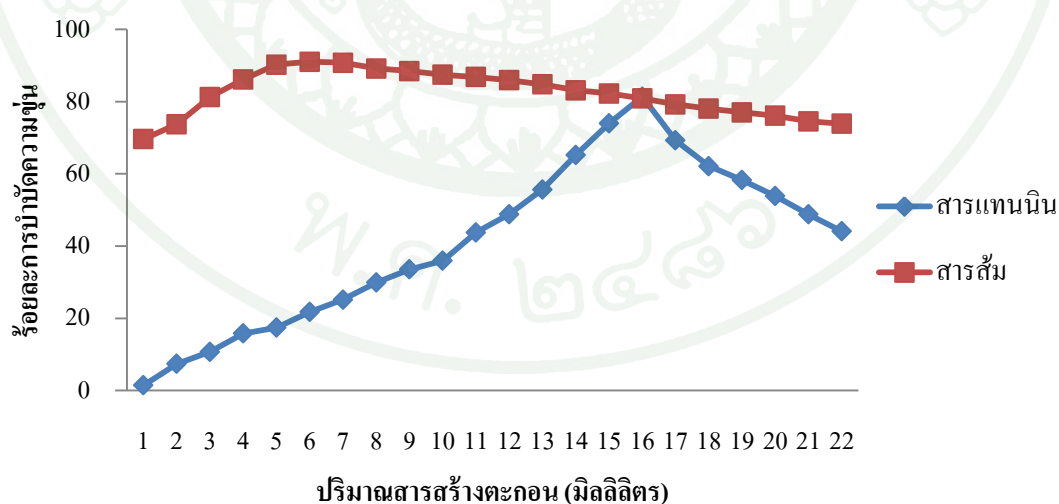
จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ดังในตารางที่ 7 พบว่า มีลักษณะขุ่น สีเหลือง และมีกลิ่นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ก่อนข้างต่ำ ซีโอดี (COD) สูงอาจเนื่องมาจากเป็นน้ำเสียที่มาจากชุมชนซึ่งมีกิจกรรมที่หลากหลาย จึงทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ทั้งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้และไม่ได้ อีกทั้งยังมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TDS) เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร คือ ต้องไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร

4. ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียด้วยสารสร้างตะกอนที่สกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้มโดยวิธีจาร์เทสต์

การทดลองทำโดยใช้เครื่องจาร์เทสต์และน้ำเสียชุมชนจากสองแหล่ง ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณสารสร้างตะกอน พีเอช และอัตราการกวนเร็ว-ช้า ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ปริมาณสารสร้างตะกอน

ปริมาตรสารละลายแทนนินเข้มข้นและสารละลายสารส้มเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ใช้ในการทดลองคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22 มิลลิตรต่อน้ำเสีย 1 ลิตร โดยวิธีจาร์เทสต์เมื่อทดลองกับน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 13 สารละลายแทนนินเข้มข้นปริมาตร 16 มิลลิตร สามารถบำบัดความขุ่นได้ดีที่สุดร้อยละ 81.37 ส่วนสารส้มปริมาตร 6 มิลลิตร สามารถบำบัดความขุ่นได้ดีที่สุดร้อยละ 91.04

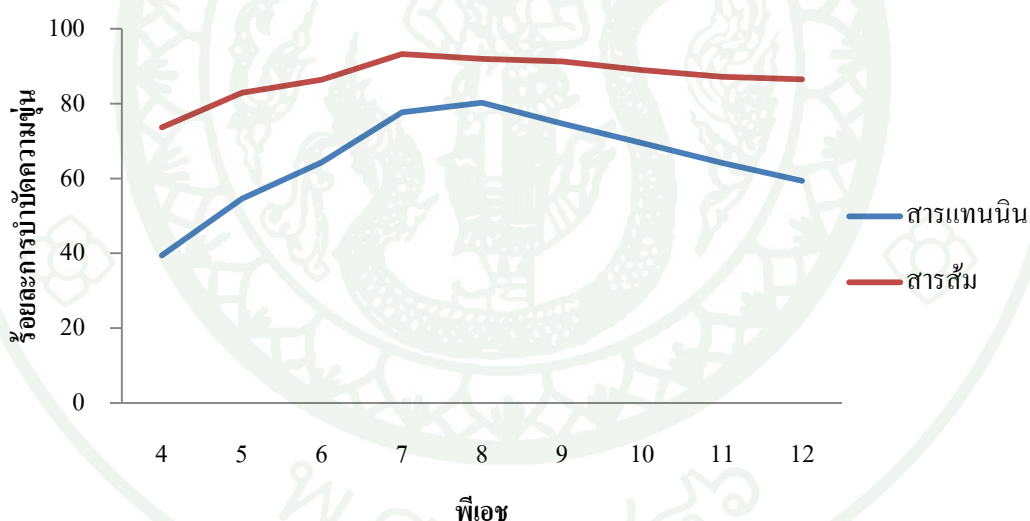


ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความขุ่นกับปริมาณสารสร้างตะกอนแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม

จะเห็นได้ว่า จากการศึกษাপริมาณสารสร้างตะกอนทั้งสองชนิด พบว่า สารสร้างตะกอนแทนนินมีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารส้ม และต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่า เนื่องมาจากสารส้มเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุมากกว่า จึงสามารถรวมตัวหรือจับกับสารแขวนลอยที่เป็นคอลลอยด์ที่มีประจุตรงข้ามได้ดีกว่าสารแทนนิน

4.2 พีเอช

พีเอชที่ใช้ในการทดลองคือ 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 ค่อน้ำเสียปริมาตร 1 ลิตร และใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนแทนนินและสารส้ม จากที่ศึกษาได้ในข้อ 4.1 โดยใช้วิธีจาร์เจสต์ ได้ผลดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความขุ่นด้วยสารสร้างตะกอนแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้มที่พีเอชต่างกัน

จากการทดลองดังแสดงในภาพที่ 14 พบว่า พีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารแทนนิน คือ ที่พีเอช 8 สามารถบำบัดความขุ่นได้ร้อยละ 80.25 และพีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารส้ม คือ ที่พีเอช 7 สามารถบำบัดความขุ่นได้ร้อยละ 93.27 จะเห็นได้ว่า เมื่อ

ปรับพีเอชให้เหมาะสม สารสกัดทั้งสองชนิดสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากพีเอชมีผลต่อการแตกตัวและสภาพประจุของสารสร้างตะกอนนั่นเอง

4.3 อัตราการกวนเร็ว-ช้า

การทดลองศึกษาอัตราการกวนเร็ว-ช้าที่แตกต่างกัน คือ อัตราการกวนเร็วทำการทดลองที่ 70, 80, 90 และ 100 rpm และอัตรากวนช้า 10, 20, 30 และ 40 rpm โดยวิธีจาร์เทสต์ในน้ำเสีย 1 ลิตร

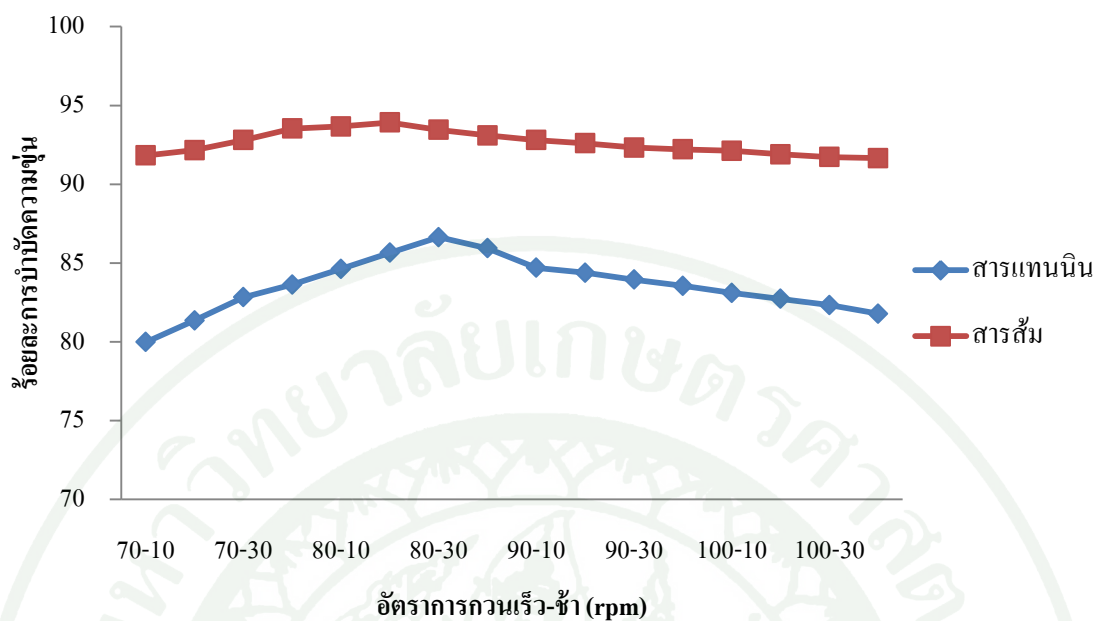
เมื่อใช้สารแทนนินและสารส้มได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 ตามลำดับ และภาพที่ 15 พบว่า เมื่อใช้สารละลายแทนนิน 16 มิลลิลิตร และปรับพีเอชน้ำเสียให้เท่ากับ 8 ที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm และกวนช้า 30 rpm ให้ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นดีที่สุด เท่ากับ 86.64% ส่วนสารส้มใช้ที่ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ปรับพีเอชน้ำเสียให้เท่ากับ 7 ที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm และกวนช้า 20 rpm ให้ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นดีที่สุด เท่ากับ 93.92% ซึ่งมากกว่า จากที่ศึกษาปริมาณสารสร้างตะกอนและพีเอช เนื่องจากเป็นอัตราการกวนที่ทำให้สารสร้างตะกอนแทนนินจับกับคอลลอยด์เป็นปฏิกิริยาตะกอน และรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ได้ดี

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตรา
การกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน

อัตรากวนเร็ว-ช้า (rpm)	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
70-10	23.38	4.68	79.98
70-20	23.32	4.35	81.35
70-30	23.36	4.01	82.83
70-40	23.34	3.82	83.63
80-10	23.36	3.59	84.63
80-20	23.34	3.35	85.65
80-30	23.36	3.12	86.64
80-40	23.33	3.28	85.94
90-10	23.34	3.57	84.70
90-20	23.36	3.67	84.38
90-30	23.35	3.75	83.94
90-40	23.35	3.84	83.55
100-10	23.32	3.94	83.10
100-20	23.34	4.03	82.73
100-30	23.32	4.12	82.33
100-40	23.33	4.25	81.78

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพการบำบัดความชื้นโดยใช้สารส้มที่อัตราการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน

อัตรากวนเร็ว-ช้า (rpm)	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
70-10	23.36	1.91	91.83
70-20	23.34	1.83	92.16
70-30	23.34	1.68	92.80
70-40	23.35	1.51	93.53
80-10	23.37	1.48	93.67
80-20	23.35	1.42	93.92
80-30	23.36	1.53	93.45
80-40	23.33	1.61	93.10
90-10	23.34	1.68	92.80
90-20	23.36	1.73	92.60
90-30	23.35	1.79	92.33
90-40	23.35	1.82	92.21
100-10	23.36	1.84	92.12
100-20	23.34	1.89	91.90
100-30	23.35	1.93	91.73
100-40	23.35	1.95	91.65



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการบำบัดความขุ่นกับอัตราการกวกรวเร็ว-ช้าในการบำบัดความขุ่นโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม

4.4 คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยการสร้างตะกอนที่สภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธีจาร์เจสต์

เมื่อวิเคราะห์หัดชั้นคุณภาพน้ำเบื้องต้นของน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมืองจ.เพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดด้วยสารสร้างตะกอนแทนนินและสารส้มที่สภาวะที่เหมาะสมที่ศึกษาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีก่อนและหลังการบำบัดด้วยสารสกัด
แทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารส้ม

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วย	ร้อยละ การบำบัด	หลังบำบัดด้วย	ร้อยละ การบำบัด
		สารแทนนิน		สารส้ม	
pH	7.9	8.2	-	7.2	-
Temp (°C)	30.0°C	28.3°C	-	28.7°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.76	0.14	81.21	0.10	87.64
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	23.59	4.28	81.86	2.09	91.08
DO (mg/l)	2.8	3.6	-	3.4	-
BOD (mg/l)	3.8	2.1	44.74	2.2	40.54
COD (mg/l)	225	14	93.78	16	92.63
TDS (mg/l)	1142	95	91.68	76	93.30
SS (mg/l)	55	18	67.27	19	64.81

จะเห็นได้ว่า สารสร้างตะกอนแทนนินสามารถบำบัดสี ความขุ่น BOD COD TDS และ TSS ได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับสารส้ม แต่สารส้มมีประสิทธิภาพการบำบัดสี และความขุ่นได้ดีกว่าสารแทนนิน แต่อย่างไรก็ตาม ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของน้ำทิ้งอาคาร

4.5 คุณภาพน้ำหลังการบำบัดที่อัตราการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพของน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีจาร์ทดสอบที่อัตราการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกันนั้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดด้วยสารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm ช้า 30 rpm

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.9	8.0	-
Temp (°C)	30.0°C	28.1°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.75	0.09	88.49
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	22.76	4.01	82.38
DO (mg/l)	2.8	3.8	-
BOD (mg/l)	3.8	1.8	52.63
COD (mg/l)	220	10	95.45
TDS (mg/l)	1140	79	93.07
SS (mg/l)	53	13	75.47

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดด้วยสารส้มที่อัตราการกวนเร็ว 80 rpm ชั่ว 20 rpm

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.8	7.2	-
Temp (°C)	30.1°C	28.2°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.74	0.09	87.74
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	22.16	2.01	90.93
DO (mg/l)	2.8	3.5	-
BOD (mg/l)	3.7	1.2	67.57
COD (mg/l)	218	10	95.41
TDS (mg/l)	1124	74	93.42
SS (mg/l)	50	12	76.00

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียหลังการบำบัดโดยใช้อัตราการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน พบว่า เมื่อแปรผันระยะเวลาการกวนเร็ว กวนช้า ให้ประสิทธิภาพการบำบัดทุกพารามิเตอร์ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเพิ่มอัตราการกวนเร็ว กวนช้า สารแทนนินสามารถบำบัดความขุ่นได้ใกล้เคียงกับน้ำเสียปริมาตร 1 ลิตร

5. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนปริมาตร 20 ลิตรด้วยสารสร้างตะกอนแทนนินและสารส้ม

ในการศึกษาใช้น้ำเสียปริมาตร 20 ลิตร เติมสารสร้างตะกอนแทนนินและสารส้ม ปริมาณ 20 เท่าของปริมาณที่ได้จากวิธีจาร์เทสต์และปรับพีเอชให้เท่ากับ 8 และ 7 ตามลำดับ และทำการศึกษาเวลาการกวนเร็วและกวนช้า ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 คุณภาพน้ำเสียโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่เวลาการกวนเร็ว-ช้า
แตกต่างกัน

พารามิเตอร์	ร้อยละการบำบัด			
	80-30 rpm	80-30 rpm	80-30 rpm	80-30 rpm
	10-30 min	10-60 min	20-30 min	20-60 min
สี (Pt-Co Unit)	92.26	91.77	90.54	92.00
ความขุ่น (NTU)	90.80	90.91	89.19	90.82
BOD (mg/l)	76.92	69.23	62.16	69.44
COD (mg/l)	96.28	95.39	95.41	96.23
TDS (mg/l)	92.98	93.38	91.87	92.16
SS (mg/l)	76.60	72.34	70.83	83.33

ตารางที่ 14 คุณภาพน้ำเสียโดยใช้สารส้มที่เวลาการกวนเร็ว-ช้าแตกต่างกัน

พารามิเตอร์	ร้อยละการบำบัด			
	80-20 rpm	80-20 rpm	80-20 rpm	80-20 rpm
	10-30 min	10-60 min	20-30 min	20-60 min
สี (Pt-Co Unit)	90.22	89.88	88.31	88.90
ความขุ่น (NTU)	90.56	90.63	90.97	90.88
BOD (mg/l)	61.54	55.26	55.56	58.33
COD (mg/l)	95.45	95.07	95.65	96.02
TDS (mg/l)	93.74	93.13	93.15	93.53
SS (mg/l)	77.50	76.74	74.47	77.78

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียในสเกลใหญ่ขึ้นที่น้ำเสีย 20 ลิตร เมื่อแปรผัน
 ระยะเวลาจนเร็ว กวนช้า พบว่า คุณภาพน้ำเสียโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและ
 สารส้ม ในทุกพารามิเตอร์มีร้อยละการบำบัดที่ใกล้เคียงกัน โดยระยะเวลาที่สามารถบำบัดได้ดีที่สุด
 คือ 10-30 นาที ซึ่งเป็นการใช้ระยะเวลาที่น้อยที่สุด จึงทำให้ประหยัดพลังงาน



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า คือ เปลือกกล้วยน้ำว้า 10 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 30 นาที ได้สารละลายแทนนิน เข้มข้น 0.71 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำไปบำบัดน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี จากการทดลองโดยวิธีจาร์เจสต์ พบว่า สภาวะที่บำบัดความขุ่นได้ดี คือ ปรับพีเอชเท่ากับ 8 ใช้สารละลายแทนนิน 16 มิลลิลิตร และอัตราการกวนเร็ว-ช้า เท่ากับ 80-30 rpm เป็นระยะเวลา 1 และ 3 นาที ตามลำดับ ให้ร้อยละการบำบัด เท่ากับ 86.64 และเมื่อปรับพีเอชน้ำเสียให้เท่ากับ 7 ใช้สารละลายสารส้ม 6 มิลลิลิตร และอัตราการกวนเร็ว-ช้า เท่ากับ 80-20 rpm เป็นระยะเวลา 1 และ 3 นาที ตามลำดับ ให้ร้อยละการบำบัด เท่ากับ 93.92 เมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า สารแทนนินมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD BOD และ TDS ได้ใกล้เคียงกันกับสารส้ม ส่วนสีและความขุ่นนั้นสารส้มมีประสิทธิภาพบำบัดสูงกว่าสารแทนนิน นอกจากนี้ทำการบำบัดด้วยวิธีการสร้างตะกอนด้วยสารแทนนินและสารส้มในน้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี ในปริมาณ 20 ลิตร โดยใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนเพื่อบำบัด 20 เท่า และใช้พีเอชเท่ากับที่ศึกษาได้ในวิธีจาร์เจสต์ และศึกษาอัตราการกวนเร็ว-ช้าในเวลาที่ต่างกัน พบว่า น้ำเสียชุมชนเขตเทศบาลเมือง จ.เพชรบุรี โดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80-30 rpm ที่เวลากวนเร็ว 10 นาที และกวนช้า 30 นาที สามารถบำบัดความขุ่นได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 90.80 ส่วนสารส้มที่อัตราการกวนเร็ว-ช้า 80-20 rpm ที่เวลากวนเร็ว 10 นาที และกวนช้า 30 นาที สามารถบำบัดความขุ่นได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 90.56 เมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า สารแทนนินมีประสิทธิภาพในการบำบัด สี และความขุ่นได้ใกล้เคียงกับสารส้ม สรุปได้ว่า สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นและสีได้ดี และยังสามารถบำบัดพารามิเตอร์อื่นได้ดีเช่นกัน งานวิจัยนี้สอดคล้องกับโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่เน้นให้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าที่เหลือทิ้งทาง

การเกษตรนำมาสกัดสารแทนนินเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน อีกทั้งยังเป็นการบำบัดที่มีประสิทธิภาพ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นการนำเปลือกกล้วยน้ำว้าซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบของสารแทนนินมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย
2. ลดปัญหาความสูญเสียของผลิตผลทางการเกษตร ช่วยแก้ปัญหากำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
3. สามารถนำแนวทางการวิจัยไปศึกษาต่อยอดกับน้ำเสียชุมชนอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตอาจทำการทดลองประยุกต์วิธีการศึกษาครั้งนี้ เพื่อการสกัดสารแทนนินจากพืชชนิดอื่นๆอีกในการแก้ไขปัญหาส่งแวดล้อม และประยุกต์ใช้สารแทนนินในการบำบัดคุณภาพน้ำเสียทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมีในดัชนีชี้วัดตัวอื่นๆ เช่น การกำจัด หรือลดปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยลดและแก้ไขปัญหारेื่องการกำจัดเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร และเป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมจึงเห็นควรว่า การใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เป็นวิธีการที่เหมาะสม และดีมากวิธีหนึ่งในการประยุกต์วัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาส่งแวดล้อม อันจะสามารถช่วยให้สิ่งแวดล้อมคงความยั่งยืนต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

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

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

ศุภฤติ อุดภาพ. 2550. **Carbohydrate Technology**. สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี. คณะทรัพยากร
ชีวภาพและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคม
สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งคณานุกรณ์. 2549. เอกสารประกอบการสอนเรื่องหลักการและเทคนิคการวิเคราะห์
คุณภาพน้ำ (Principle and Techniques of Water Quality Analysis). วิทยาลัย
สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปวิณปณศรี, วัฒนา เสถียรสวัสดิ์, สุชุม ลิ้มงูร, เบญจมาศ กาญจนสุด, สนั่น มาชัยวงศ์, สมเพียร
เกษมทรัพย์ และไพรัช ธิกุลพิชัย. ม.ป.ป. โครงการศึกษาวิธีการบางอย่างเพื่อช่วยเพิ่ม
ผลผลิตของกล้วยหอม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2530. การสกัดแยกสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง เพื่อใช้ในการฟอก
หนังสือพิมพ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัฒนา มุลพฤกษ์. 2539. อนามัยสิ่งแวดล้อม. เอ็น. เอส. แอล. พรินต์ติ้ง, กรุงเทพฯ.

พิมล เรือนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2539. เคมีสถานะแวดล้อม. โอ. เอส. พรินต์ติ้งเฮ้าส์,
กรุงเทพฯ.

พิรศักดิ์ วรสุนทรโรสด. 2544. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 พืชที่ให้สีย้อมและ
แทนนิน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.).
โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2545. แนวทางการผลิตและศักยภาพการใช้ประโยชน์ของไบโมันสำปะหลัง/
มันเฮย์เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์. การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังเพื่อเพิ่ม
ศักยภาพการแปรรูปอาหารสัตว์และเอทานอล. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี. 2551. สารสกัดแทนนินจากไบโมันสำปะหลังเพื่การบำบัดคุณภาพน้ำเสีย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์. 2542. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำเสียจาก
เขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ผ่านระบบบำบัดบริเวณแหลมผักเบี้ยอำเภอบ้านแหลมจังหวัด
เพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรัสวดี บุบผะเรณู. 2542. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสียชุมชน
เมืองเพชรบุรีโดยวิธีหลั่งกรองน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณค์ วงษ์ศิริ. 2536. การสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ออกานิกเคมี. 2550. สูตรเคมี: **Tannin**. แหล่งที่มา: <http://www.VCharkarn.com>, 16 เม.ย.2550.

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.

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

Hammond, J. and R Egg. 1996. Alcohol from bananas. **Bioresource Technology** 1996 (56): 125-130.

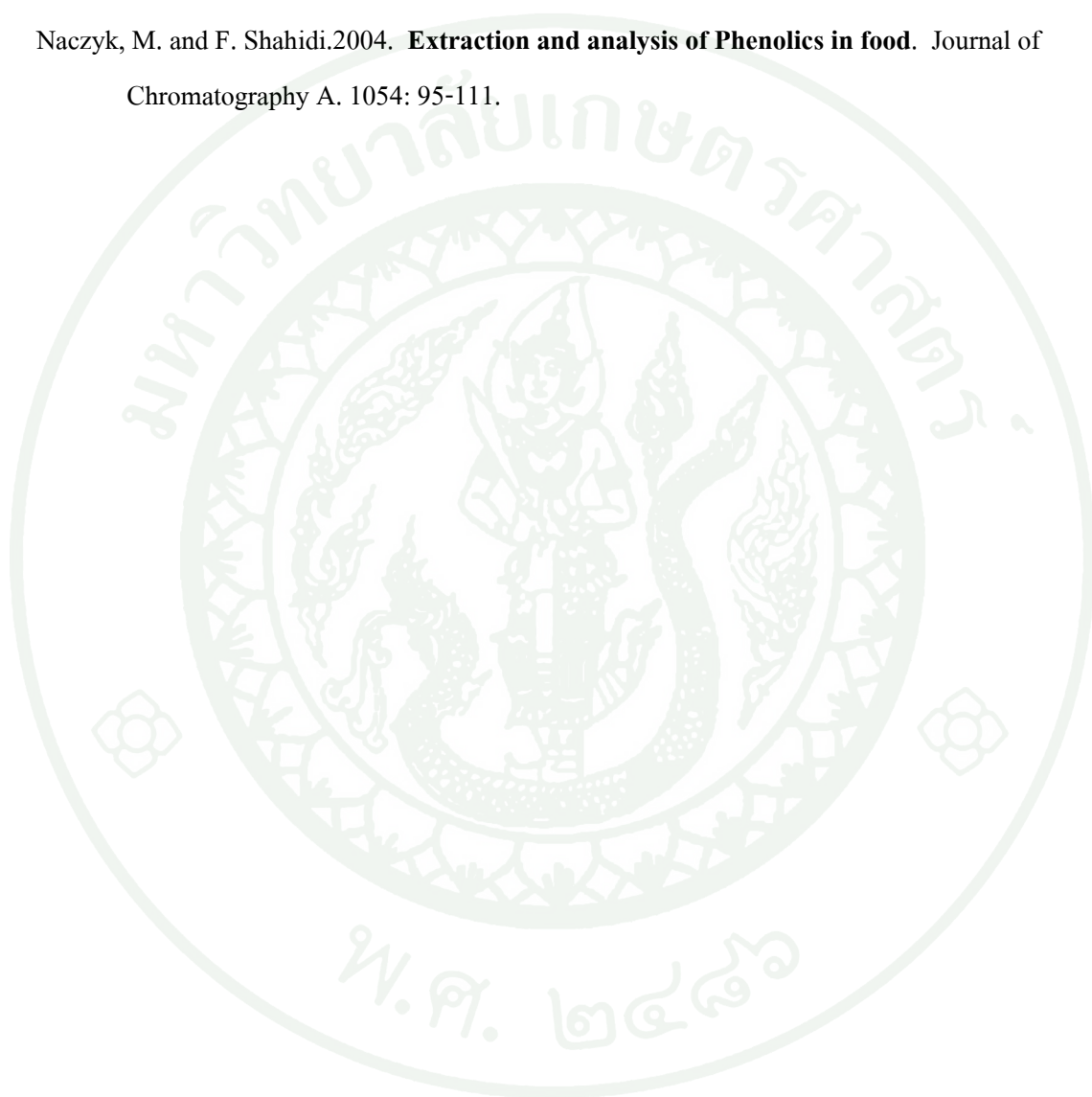
Hung, Y.T., P.C. Chen., R.C. Chen. and T.J. Cheng. 2008. **determining the levels of tannins in tea by amperometry of ferricyanide pre-reaction with a sample in a flow injection system**. Sensors and Actuators B. 130: 135-140.

Lamela, C.P., M.S. Falcon., J.S. Gandara. And I. O. Fernandez. 2007. **Influence of grape variety, vine system and enological treatments on the colour stability of young red wines**. Food Chemistry. 101: 601-606.

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 electrospray mass spectrometry**. Animal Feed Science and Technology. 117: 151-163.

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.





ตารางผนวกที่ 1 ค่ามาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์หา Total Phenolic Compound ด้วยเครื่อง UV-Vis-Spectrophotometer โดยวิธี Folin & Ciocalteaus Reagent ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

ความเข้มข้น Tannic Acid (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าดูดกลืนแสง
1	0.740
2	0.761
3	0.843
4	0.851
5	0.907

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณสารสร้างตะกอนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า

V สารสกัด (ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ขุ่นก่อน (NTU)	23.16	23.14	23.08	23.1	23.09	23.12	23.13	23.16	23.19	23.21	23.2	23.21	23.21	23.24	23.26	23.27	23.29	23.3	23.32	23.32	23.34	23.35
ขุ่นหลัง (NTU)	22.83	21.43	20.61	19.45	19.07	18.09	17.31	16.23	15.41	14.87	13.04	11.87	10.29	8.09	6.05	4.33	7.15	8.82	9.73	10.76	11.95	13.05
%removal	1.45	7.39	10.7	15.8	17.41	21.76	25.16	29.92	33.55	35.93	43.79	48.86	55.67	65.19	73.99	81.39	69.3	62.15	58.28	53.86	48.8	44.11
pH ก่อน	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.5	7.6	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6	7.5	7.5
pH หลัง	7.2	7.1	6.9	6.9	6.7	6.7	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4	6.3	6.3	6.3	6.1	6.0	6.1	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0

ตารางผนวกที่ 3 พืชที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้า

pH สารสกัด	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ขุ่นก่อน (NTU)	23.31	23.42	23.36	23.32	23.34	23.42	23.35	23.32	23.34
ขุ่นหลัง (NTU)	14.11	10.63	8.32	5.21	4.61	5.84	7.12	8.35	9.48
%removal	39.47	54.61	64.38	77.66	80.25	74.72	69.51	64.19	59.38
pH ก่อน	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5
pH หลัง	4.0	5.2	6.1	7.0	8.1	9.2	10.3	11.1	12.1

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณสารสร้างตะกอนโดยใช้สารส้ม

V _{สารส้ม} (ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ขุ่น _{ก่อน} (NTU)	23.1	23.0	23.3	23.1	23.0	23.1	23.1	23.0	23.2	23.1	23.1	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.3	23.3	23.3	23.3
ขุ่น _{หลัง} (NTU)	7.01	6.03	4.36	3.19	2.24	2.07	2.13	2.48	2.67	2.89	3.04	3.26	3.52	3.91	4.11	4.43	4.81	5.09	5.35	5.56	5.93	6.08
%removal	69.65	73.78	81.29	86.19	90.26	91.04	90.78	89.22	88.49	87.49	86.84	85.95	84.83	83.15	82.28	80.91	79.27	78.06	77.04	76.14	74.55	73.91
pH _{ก่อน}	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
pH _{หลัง}	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

ตารางผนวกที่ 5 พืชที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนโดยใช้สารส้ม

pH _{สารส้ม}	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ขุ่น _{ก่อน} (NTU)	23.31	23.5	23.3	23.33	23.3	23.15	23.22	23.24	23.36
ขุ่น _{หลัง} (NTU)	6.13	4.01	3.17	1.57	1.86	2.01	2.56	2.98	3.14
%removal	73.7	82.94	86.4	93.27	92.02	91.32	88.98	87.18	86.56
pH _{ก่อน}	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6
pH _{หลัง}	4.3	5.4	6.4	7.3	8.1	9.2	10.1	11.2	12.1

3 z

ตารางผนวกที่ 6 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทน
นินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณ 16 มิลลิลิตร พีเอช 8

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.9	8.2	-
Temp (°C)	30.0°C	28.3°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.76	0.05	93.96
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	23.59	4.28	81.86
DO (mg/l)	2.8	3.6	-
BOD (mg/l)	3.8	0.5	86.84
COD (mg/l)	225	14	93.78
TDS (mg/l)	1142	31	97.29
SS (mg/l)	55	18	67.27

ตารางผนวกที่ 7 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้มที่ปริมาณ 6 มิลลิลิตร ฟีเอช 7

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.8	7.2	-
Temp (°C)	30.1°C	28.7°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.79	0.03	96.34
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	23.42	2.09	91.08
DO (mg/l)	2.8	3.4	-
BOD (mg/l)	3.7	1.4	62.16
COD (mg/l)	217	16	92.63
TDS (mg/l)	1152	33	97.14
SS (mg/l)	54	19	64.81

ตารางผนวกที่ 8 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณ 16 มิลลิตร พีเอช 8 อัตราความเร็ว-ช้า 80,30 rpm เวลาความเร็ว-ช้า 20,60 นาทีในน้ำเสีย 20 ลิตร

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	8.0	8.0	-
Temp (C)	31.6C	30.8C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.76	0.06	92.00
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	24.09	4.27	82.27
DO (mg/l)	2.9	3.6	-
BOD (mg/l)	3.6	1.1	69.44
COD (mg/l)	221	9	95.93
TDS (mg/l)	1025	34	95.75
SS (mg/l)	53	25	52.83

ตารางผนวกที่ 9 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารสกัดแทนนินจาก
ที่ปริมาณ 16 มิลลิลิตร พีเอช8 อัตราความเร็ว-ช้า 80,30 rpm เวลาความเร็ว-ช้า10,30
นาทึ ในน้ำเสีย 20 ลิตร

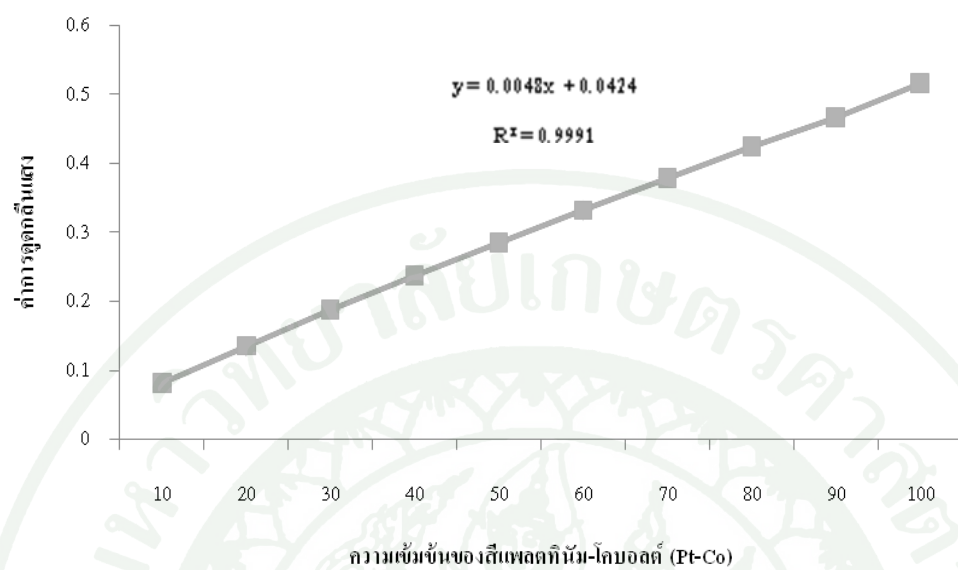
พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.9	8.0	-
Temp (°C)	30.6C	30.1C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.74	0.04	94.97
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	23.16	3.94	82.99
DO (mg/l)	2.9	3.7	-
BOD (mg/l)	3.9	0.9	76.92
COD (mg/l)	215	12	94.42
TDS (mg/l)	1017	31	96.95
SS (mg/l)	47	18	61.70

ตารางผนวกที่ 10 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้มที่ปริมาณ 6 มิลลิตร พีเอช 7 อัตราความเร็ว-ช้า 80,20 rpm เวลาความเร็ว-ช้า 20,60 นาที ในน้ำเสีย 20 ลิตร

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.8	7.1	-
Temp (°C)	31.9C	32.6C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.79	0.09	88.12
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	24.31	2.67	89.02
DO (mg/l)	3.0	3.9	-
BOD (mg/l)	3.6	1.5	58.33
COD (mg/l)	230	9	96.09
TDS (mg/l)	1027	26	97.47
SS (mg/l)	47	12	74.47

ตารางผนวกที่ 11 คุณภาพน้ำก่อนและหลัง และประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สารส้มที่ปริมาณ 6 มิลลิตร พีเอช 7 อัตราความเร็ว-ช้า 80,20 rpm เวลาความเร็ว-ช้า 10,30 นาที ในน้ำเสีย 20 ลิตร

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
pH	7.8	7.0	-
Temp (°C)	31.7°C	32.4°C	-
สี (Pt-Co Unit)	0.75	0.08	89.04
กลิ่น	เหม็นเน่า	ไม่มีกลิ่น	-
ความขุ่น (NTU)	24.18	2.43	89.95
DO (mg/l)	3.2	3.8	-
BOD (mg/l)	3.9	1.6	58.97
COD (mg/l)	226	11	95.13
TDS (mg/l)	1023	21	97.95
SS (mg/l)	43	9	79.07



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานสารละลายสีแพลตทินัม-โคบอลต์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวกิริติ์ ชินโรจน์บรรกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 ตุลาคม พ.ศ. 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-