

บทที่ 3

อุปกรณ์ วัสดุและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทั่วไป

3.1.1.1 เครื่องบด

แบบ Hammer mill ใช้หลักการเหวี่ยงแท่งเหล็กจากแกนหมุนไปตีเปลือกไม้ให้แตกมีขนาดเล็กลง โดยได้รับแรงขับจากมอเตอร์ขนาดกำลัง 0.5 HP มีแผ่นประตูควบคุมอัตราการป้อนเปลือกไม้เข้าสู่ห้องบด

3.1.1.2 ตะแกรง (sieve)

ขนาดช่องตะแกรง 0.25 มิลลิเมตร, 0.355 มิลลิเมตร, 0.5 มิลลิเมตร, 1.0 มิลลิเมตร และ 2.0 มิลลิเมตร

3.1.1.3 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)

อบเปลือกไม้ครั้งละประมาณ 20-30 กิโลกรัม และควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3.1.1.4 เครื่องมือแยกสกัดโดยใช้ soxhlet apparatus

เพื่อหาปริมาณแทนนินที่มีอยู่ทั้งหมด อาจมาจากวัตถุดิบหรือกากที่เหลืออยู่จากการแยกสกัด

เครื่องมือประกอบด้วยขวดแก้วก้นกลมขนาด 500 ลบ.ซม. บรรจุตัวทำละลาย (น้ำกลั่น) ที่จะใช้สำหรับสกัดแทนนิน ให้ความร้อนโดยเตาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (heating mantle) ขวดแก้วต่อกับ soxhlet apparatus ซึ่งใส่ห่อเปลือกไม้ที่บดแล้ว นำเครื่องความแน่นมาต่อส่วนบนของ soxhlet แล้วเริ่มกลั่น โดยปรับระดับความร้อนของเตา

ในการสกัด ตัวทำละลายที่ใช้จะระเหยไปกระทบความเย็น เนื่องจากการไหลเวียนของน้ำในเครื่องควบแน่นและจะกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลกลับสู่ขวดกันกลม ในอัตรา 120 หยดต่อนาที ใช้เวลาในการสกัดประมาณ 8 ชั่วโมง

หลังจากถอดชุด soxhlet apparatus ออก นำขวดกันกลมซึ่งขณะนี้มีผลิตภัณฑ์แทนินถูกสกัดออกมาจากสารละลายตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแทนิน ส่วนห่อเปลือกไม้ นำมาอบแห้งและชั่งน้ำหนักต่อไป

3.1.1.5 ตู้อบไฟฟ้า

เพื่ออบกากหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบต่อเนื่องในพัลส์คอลัมน์ประเภทวงแหวนกับจานและ soxhlet apparatus

3.1.1.6 เครื่องชั่ง ที่ใช้มี 2 ชนิดคือ

ชนิดชั่งได้ละเอียด 2 ตำแหน่ง

ชนิดชั่งได้ละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.1.1.7 เครื่องบีบ

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ แผ่นโลหะสำหรับกดตัว body เป็นรูปทรงกระบอกมีรูพรุนวางอยู่บน, ถาดรองรับของเหลว, โดยที่ทั้งถาดรองรับของเหลวและตัวกดจะมีแกน เพื่อใช้ในการบีบให้ตัวกดผ่านเข้าไปในตัว body

3.1.1.8 เครื่อง spectrophotometer

ของบริษัท Beckman Instruments Model DB-G California
ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.1.9 เครื่องแก้ว

ได้แก่ beaker, volumetric flask, funnel, pipet, flask ฯลฯ

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหลัก

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหลักนี้ เป็นเครื่องสกัดแบบต่อเนื่องในคอลัมน์แบบฟิลล์ ประเภทวงแหวนกับจาน ซึ่งรัฐบาลฝรั่งเศสมอบให้แก่ภาควิชาเคมีเทคนิคในโครงการร่วมวิจัย ระหว่างสถาบันวิศวกรรมเคมี เมืองตุลูล ประเทศฝรั่งเศส กับ ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

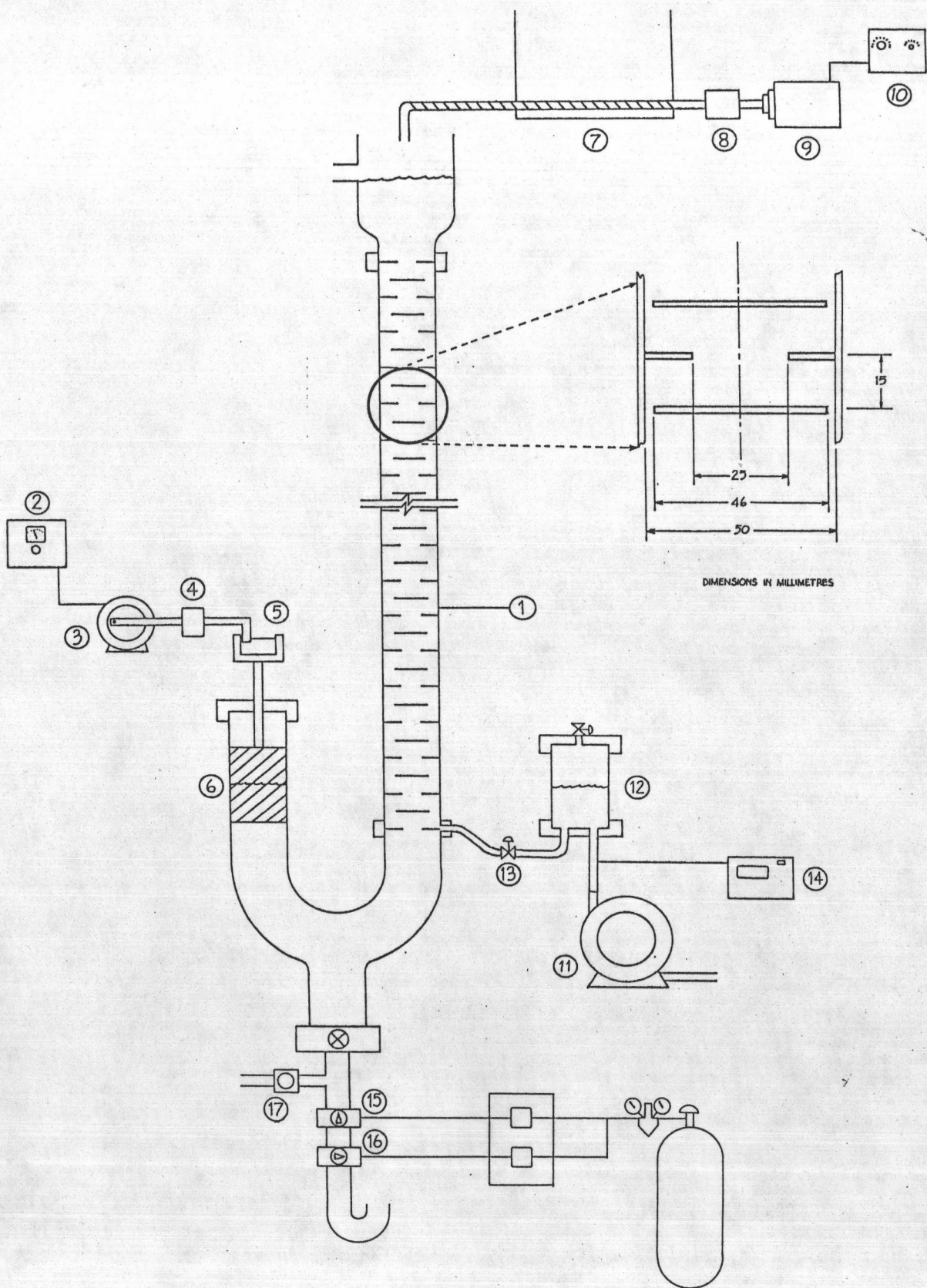
3.1.2.1 ส่วนประกอบของคอลัมน์ (แสดงดังภาพที่ 3.1)

คอลัมน์ ① มีความสูงทั้งหมดประมาณ 4.50 เมตร ภายในคอลัมน์ มีจานกับวงแหวนวางสลับกันตลอดความสูงของคอลัมน์ 3 เมตร โดยที่จานกับวงแหวนคู่หนึ่งห่างกันประมาณ 3 เซนติเมตร

ระบบควบคุมฟิลล์ มีระบบควบคุมความถี่ ② ที่ช่วยในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ③ โดยแกนของมอเตอร์ต่อกับส่วนของเกียร์ทด ④ ซึ่งทำหน้าที่ในการลดจำนวนรอบของมอเตอร์ เมื่อใช้ความถี่ต่ำ แกนของเกียร์ทดซึ่งต่อกับส่วนที่เป็นแกนบังคับการขึ้นลงของลูกสูบ ⑤ อยู่จะทำให้ลูกสูบ ⑥ เคลื่อนที่ได้ช้า เนื่องจากเกียร์ทดสามารถลดจำนวนรอบของมอเตอร์ได้มาก แต่เมื่อปรับความถี่ให้สูงขึ้น ลูกสูบจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

ระบบการป้อนของแข็ง (เปลือกไม้) ⑦ เครื่องป้อนของแข็งประกอบด้วยภาชนะสำหรับใส่เปลือกไม้และน้ำ ภายในภาชนะมีแกนสแตนเลสพร้อมสปริงพันอยู่รอบแกน ปลายของแกนสแตนเลสส่วนหน้ามีสายยางหุ้มต่อไปยังส่วนบนของคอลัมน์ ส่วนปลายของแกนสแตนเลสทางหลังต่อเข้ากับเกียร์ทด ⑧ โดยมีขอยเป็นตัวเชื่อมเกียร์ทดกับส่วนไฟฟ้า ⑨ ซึ่งมีแผงควบคุมความเร็วอยู่ ⑩

ของแข็งที่ต้องการสกัดสารป้อน เข้าทางด้านบนคอลัมน์ ให้ตกลงมาสัมผัสกับของเหลว ผ่านจานกับวงแหวนที่ทำหน้าที่กีดขวางการตกลงมาด้วยน้ำหนักของของแข็ง ช่วยให้ของแข็งอยู่ในคอลัมน์ได้นานขึ้น ข้อสำคัญของแข็งต้องมีความหนาแน่นมากกว่าของเหลวของแข็งจึงตกลงมาได้ จึงเป็นเหตุผลที่ต้องแช่เปลือกไม้ด้วยน้ำก่อนที่จะป้อน เข้าคอลัมน์



ภาพที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องสกัดไนโคลิมันแบบฟิลล์
ประเภทวงแหวนกับจาน

ระบบการป้อนของเหลว (น้ำ) ตัวทำละลายที่ใช้ (น้ำ) ถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของคอลัมน์ โดยอาศัยปั๊ม ⑪ ซึ่งจะป้อนผ่านกระเปาะความดัน ⑫ และจะมีสายยางต่อไปยังวาล์ว ⑬ เข้าคอลัมน์ ซึ่งมีระบบควบคุมการไหล ⑭ ควบคุมอยู่

ระบบการนำของแข็งออกจากคอลัมน์ จะมีวาล์วแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ 2 ตัว จะทำหน้าที่ปิด-เปิด เมื่อของแข็งตกลงมายังส่วน pneumatic valve วาล์วตัวบน ⑮ จะเปิด ส่วนวาล์วตัวล่างจะปิด ⑯ จากนั้นจะขับของแข็งออกมา โดยวาล์วตัวบนจะปิด และวาล์วตัวล่างจะเปิด พร้อมกับมีระบบน้ำฉีด ⑰ ไหลออกทางท่อ การปิด-เปิดของวาล์วนี้ใช้ระบบไฟฟ้าคอยควบคุมการอัดก๊าซเฉื่อยเข้าไปยังวาล์วทั้ง 2 ตัว

ส่วนเสริมการทำงานของคอลัมน์

ก๊าซเฉื่อย ในที่นี้ใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวช่วยในการอัดให้วาล์วปิด-เปิดโดยอัตโนมัติ

ภาชนะใส่น้ำ สำหรับพักน้ำก่อนที่จะเข้าคอลัมน์ ในกรณีที่ต้องเติมสารเคมีช่วยในการสกัดต้องอาศัยภาชนะใส่น้ำนี้เช่นกัน

อุปกรณ์ทำน้ำร้อน ใช้ heater ชนิดอยู่ในถังโลหะมีกำลัง 3,000 วัตต์ ช่วยให้น้ำร้อนอยู่ตลอดเวลา และควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการโดยอาศัยตัวควบคุมอุณหภูมิที่ต่อจาก heater อีกทางหนึ่ง

3.1.3 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.3.1 วัตถุดิบ เปลือกไม้โกงกางที่ใช้ในการทดลองเป็นเปลือกไม้โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) นำมาจากจังหวัดระนอง เปลือกไม้จะมีสีน้ำตาล นำมาอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80° ซ แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดขนาดใหญ่และขนาดเล็ก หลังบดแล้วนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของเปลือกไม้โกงกางใบใหญ่ที่อบแห้งก่อนนำมาสกัด

ส่วนประกอบของเปลือกไม้	อัตราส่วนร้อยละของเปลือกไม้
ความชื้นหลังอบแห้ง	5.98
แทนนิน	28.39
ผลิตภัณฑ์ของแข็งไม่ใช่แทนนิน	19.94
สารที่ไม่ละลาย (กาก)	45.69

ผลิตภัณฑ์ของแข็งไม่ใช่แทนนิน ได้แก่ gallic acid, nitrogenous matter, gummy matter, soluble mineral salt เรียกรวมว่า astringent non tannin และยังมี น้ำตาล สี กรดอะซิติก และสารอื่น ๆ (29)

3.1.3.2 สารเคมี

- กรดแทนนิน (Lab grade ของบริษัท BHD)
- โซเดียมทังสเตท (Lab grade)
- กรดฟอสโฟโมลิบดิก (Analytical grade)
- กรดฟอสฟูริค (Analytical grade)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Analytical grade)
- โซเดียมซัลไฟด์ (Lab grade)

3.2 วิธีทดลอง

3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนิน

แทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนินประกอบด้วย แทนนินหลายชนิดรวมกันอยู่ยากที่จะสกัดออกมาหรือแยกแทนนินแต่ละชนิดออกมาอย่างบริสุทธิ์ จึงต้องใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการวิเคราะห์หา

ปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนิน ปฏิกิริยาจะเกิดที่กลุ่มไฮดรอกซิลของกรดฟีนอลลิครวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เพราะฉะนั้นการหาปริมาณแทนนินจึงต้องใช้สารที่เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบคือ กรดแทนนิก (tannic acid) เพราะเป็นสารแทนนินที่มีมวลโมเลกุลต่ำ โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกรดฟีนอลลิครวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเท่านั้น จึงเหมาะสมที่จะเป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนินต่าง ๆ วิธีวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้คือ วิธี Colorimetric method

Colorimetric method (64) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินโดยใช้สารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนและเกิดสี แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลายฟีนอล (Phenol reagent or Folin Denis reagent) เตรียมโดยชั่งสารโซเดียมทังสเตท 100 กรัม ผสมกับกรดฟอสโฟโมลิบดิก 20 กรัม และกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร น้ำ 750 มิลลิลิตร Reflux 2 ชั่วโมงแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
- สารละลายอิมิตัวโซเดียมคาร์บอเนต ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนตชนิด anhydrous 35 กรัม น้ำ 100 มิลลิลิตร ละลายที่อุณหภูมิ 70 - 80 °C ปล่อยให้เย็นทิ้งไว้ตลอดคืน จากนั้นนำมาใส่ฟอสฟอริกโซเดียมคาร์บอเนตลงไป ถ้าตกผลึกให้กรองผ่านใยแก้ว
- สารละลายกรดแทนนิก เตรียมโดยละลายกรดแทนนิก 100 มิลลิกรัมในน้ำ 1 ลิตร หรือ 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการทดลอง

วิธีการทดลอง

1. เตรียม standard curve

ไปเปิดสารละลายกรดแทนนิกมาตรฐาน 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิลิตรลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร มีน้ำอยู่ 75 มิลลิลิตร แต่ละ flask เติมสารละลายฟีนอล 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิมิตัว 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

2. หาปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนิน

นำสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีน้ำอยู่ 75 มิลลิลิตร เติมสารละลายเฟโนล 5 มิลลิลิตร และสารละลายอิมตัว โซเดียมคาร์บอเนต 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เช่นเดียวกันกับข้อ 1 ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ ถ้ามากเกินไปอาจเจือจางมีความเข้มข้นเป็น $1/4$ เท่าของสารละลายตัวอย่างแล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับ standard curve ก็จะทราบปริมาณแทนนินและคำนวณหาเป็นเปอร์เซ็นต์แทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนินได้

3.2.2 ศึกษาวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องสวนทางกัน

3.2.2.1 ทดลองหาช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว (steady state)

สภาวะการทดลอง

ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้	1 มิลลิเมตร - 2 มิลลิเมตร
ผลคูณของความถี่และระยะทาง	
การเคลื่อนที่ของลูกสูบ (af)	1.29 เซนติเมตรต่อวินาที
อัตราการป้อนเปลือกไม้	148.2 กรัมต่อชั่วโมง
อัตราการไหลของน้ำ	54.9 ลิตรต่อชั่วโมง
อัตราส่วนเปลือกไม้ต่อน้ำ (น้ำหนักต่อปริมาตร)	1 : 3 กรัมต่อมิลลิลิตร
อุณหภูมิน้ำ	อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 °ซ)

ปรับสภาวะการทดลองให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างต้น เก็บสารละลายตัวอย่างทุก ๆ 20 นาที จึงนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับ standard curve ที่เขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของกรดแทนนิน (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ทำให้ทราบความเข้มข้นของแทนนินเทียบเท่าความเข้มข้นกรดแทนนิน นำสารละลายตัวอย่างที่เก็บได้ในเวลาต่าง ๆ กันไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจนมีค่าการดูดกลืน

แสงคงที่ ซึ่งถือว่าความเข้มข้นของแทนนินเท่าเดิมด้วย เพราะใช้ standard curve เดียวกัน จึงถือช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว

หลังจากถึงช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวแล้วเปลี่ยนค่าตัวแปรใหม่ เก็บสารละลายทุกๆ 10 นาที นำสารละลายตัวอย่างที่เก็บได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำไปหาความเข้มข้นของแทนนินได้จาก standard curve เช่นเดียวกับการหาช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวข้างต้น ทำให้ทราบช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวใหม่ แล้วเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เหลือจนครบทุกค่าตัวแปร จึงหยุดการทดลอง นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาแทนนินและผลิตภัณฑ์แทนนินต่อไป

ในการทดลองหาช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวของสภาวะการทดลองนี้ เลือกใช้ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ใหญ่ที่สุดคือ 1 มิลลิเมตร - 2 มิลลิเมตร af เลือกค่าต่ำที่สุดคือ 1.29 เซนติเมตรต่อวินาที อัตราการป้อนเปลือกไม้ต่ำสุดคือ 148.2 กรัมต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของน้ำต่ำสุดคือ 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง ค่าตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปรนี้ ถือเป็นสภาวะการทดลองหาช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวใช้เวลานานที่สุด ดังนั้นจึงถือช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวนี้เป็นจุดอ้างอิงการทดลองอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากค่าตัวแปรอื่น ๆ ช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวเร็วกว่าใช้เวลาไม่นานเท่าค่าตัวแปรตามสภาวะการทดลองนี้ แต่อย่างไรก็ตามการเก็บสารละลายตัวอย่างเก็บที่ช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว ระยะเวลาห่างจากช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว 5 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ เพื่อเก็บสารละลายตัวอย่างที่ช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวได้ใกล้เคียงมากที่สุด

3.2.2.2 การสกัดแบบต่อเนื่องสวนทางกัน

นำเปลือกไม้ที่บดละเอียดและแยกขนาดอนุภาคไว้แล้วประมาณ 1,000 ถึง 1,200 กรัม ใส่ลงในเครื่องป้อนเปลือกไม้ เติมน้ำประมาณ 3,000 ถึง 3,600 มิลลิลิตร ทั้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้เปลือกไม้ดูดน้ำจนมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ สามารถตกลงสู่คอลัมน์ปรับอัตราการไหลของน้ำ อัตราการป้อนเปลือกไม้ ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ อุดหนุนและ/หรือเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟด์ ตามตัวแปรที่ต้องการศึกษา เปิดถังแก๊สไนโตรเจนเพื่อให้ก๊าซอัด pneumatic valve ให้ปิด-เปิดโดยอัตโนมัติ เมื่อปรับทุกตัวแปรตามสภาวะการทดลองที่ต้องการศึกษาแล้ว ทำการทดลองรอช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จึงเก็บสารละลายตัวอย่างทาง overflow ส่วนบนของคอลัมน์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง 5 นาทีและ 2 ชั่วโมง 10 นาที จากนั้นเปลี่ยนค่าตัวแปรอื่น ๆ รอให้ถึงช่วง

เวลาที่เกิดสถานะคงตัวใหม่อีกครั้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที เก็บสารละลายตัวอย่าง 3 เวลา เช่นเดียวกัน รวมเวลาศึกษาผลของหนึ่งตัวแปรที่มีค่าตัวแปร 4 ค่า ใช้เวลาประมาณ 250 นาที

นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ตามสภาวะการทดลองต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษามา 20 มิลลิเมตร นำมาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 105°C เมื่อสารตัวอย่างแห้งนำเข้า dessicator ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำมาชั่งหาน้ำหนักต่อไป น้ำหนักที่ได้คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์แทนเงิน ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณแทนเงินในผลิตภัณฑ์ใช้วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงตามวิธีที่กล่าวมา

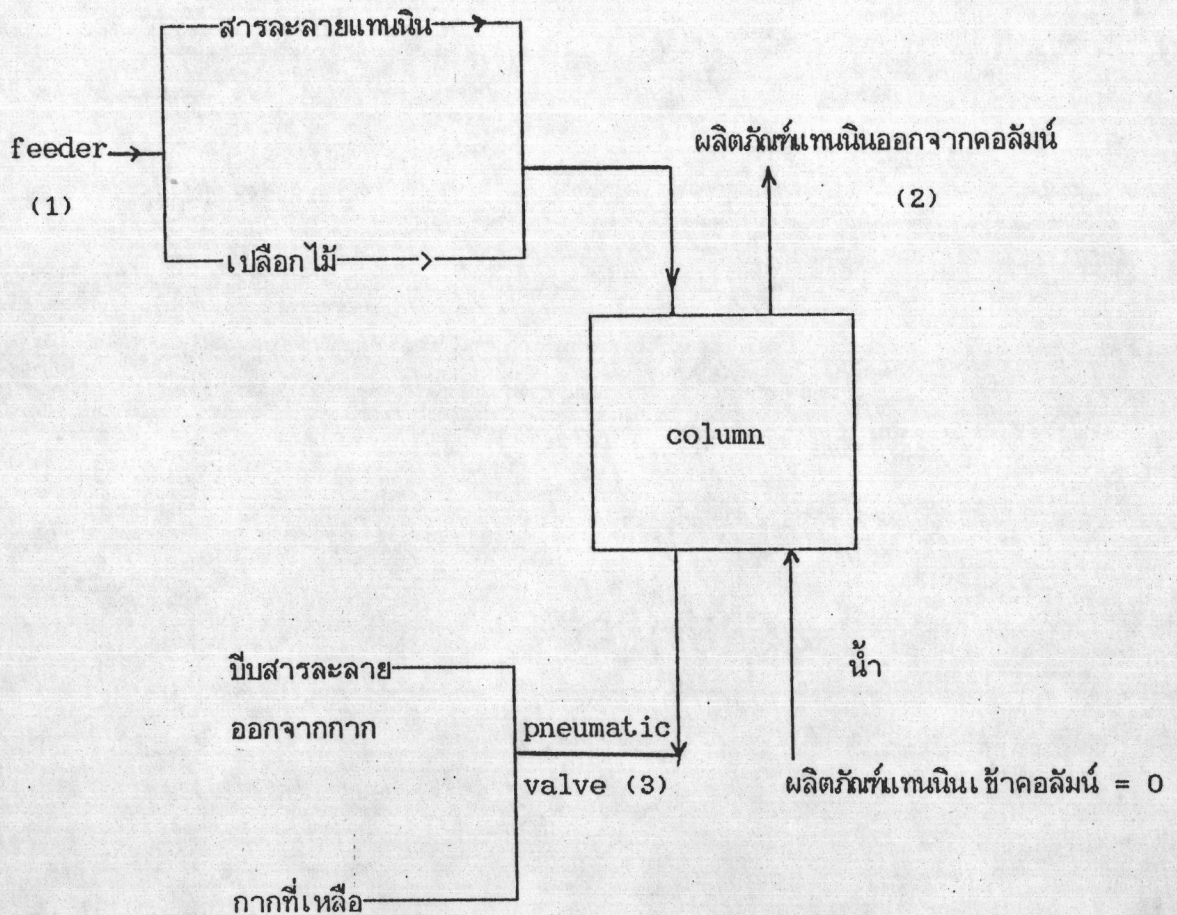
3.2.2.3 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้	1 มิลลิเมตร - 2 มิลลิเมตร	
	0.5 มิลลิเมตร - 1 มิลลิเมตร	
	0.355 มิลลิเมตร - 0.5 มิลลิเมตร	
	0.25 มิลลิเมตร - 0.355 มิลลิเมตร	
2. อัตราการป้อนเปลือกไม้แห้ง	148.2	กรัมต่อชั่วโมง
	180.0	กรัมต่อชั่วโมง
	225.0	กรัมต่อชั่วโมง
	255.0	กรัมต่อชั่วโมง
3. อัตราการไหลของน้ำ	54.9	ลิตรต่อชั่วโมง
	78.3	ลิตรต่อชั่วโมง
	101.6	ลิตรต่อชั่วโมง
	116.7	ลิตรต่อชั่วโมง
4. ผลคูณของความถี่และระยะทาง การเคลื่อนที่ของลูกสูบ (af)	1.29	เซนติเมตรต่อวินาที
	2.15	เซนติเมตรต่อวินาที
	2.97	เซนติเมตรต่อวินาที
	3.54	เซนติเมตรต่อวินาที
5. อุณหภูมิน้ำ	อุณหภูมิห้อง (28 °ซ - 31 °ซ)	
	40 °ซ (วัดได้ 38 °ซ)	
	50 °ซ (วัดได้ 47 °ซ)	
6. สารเคมี Na ₂ SO ₃ ช่วยในการสกัด	0 %	น้ำหนักต่อปริมาตร
	1 %	น้ำหนักต่อปริมาตร
	2 %	น้ำหนักต่อปริมาตร
	3 %	น้ำหนักต่อปริมาตร

3.2.2.4 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หมีหลายจุดด้วยกัน ดังแสดงเป็นแผนผัง

(ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์

จุดที่ 1 Feeder (เครื่องป้อนเปลือกไม้) ใน Feeder ประกอบด้วยเปลือกไม้ และน้ำในอัตราส่วนเปลือกไม้ต่อน้ำ 1:3 (เปลือกไม้ 1,000 กรัมต่อน้ำ 3,000 มิลลิลิตร) การเติมน้ำใน feeder เพื่อให้เปลือกไม้ดูดน้ำจนมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำสามารถตกลงมาสู่คอลัมน์

ได้ แต่เปลือกไม้ถูกน้ำสกัดผลิตภัณฑ์แทนนินออกมาก่อนเข้าสู่คอลัมน์ จึงจำเป็นต้องเก็บส่วนนี้มาวิเคราะห์คือ ส่วนของสารละลายที่ถูกสกัดและส่วนของเปลือกไม้ที่เหลืออยู่ พร้อมทั้งวัดปริมาตรของสารละลายสกัดที่เหลืออยู่ในแต่ละครั้งเมื่อเสร็จการทดลองด้วยเพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

จุดที่ 2 หลังจาก feeder ป้อนเปลือกไม้เข้ามาในคอลัมน์ผ่านจานและวงแหวน นอกจากทำให้เปลือกไม้ออกจากคอลัมน์ช้าลงแล้ว ยังมีระบบพัลส์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ทำให้เปลือกไม้ลอยตัวอยู่ในคอลัมน์นานขึ้นอีกด้วย ในขณะที่น้ำไหลสวนทางขึ้นมาสกัดเอาผลิตภัณฑ์แทนนินออกจากคอลัมน์ทางด้านบน จึงต้องเก็บสารละลายส่วนนี้มาวิเคราะห์ ส่วนเปลือกไม้ที่ถูกสกัดแล้วจะถูก pneumatic valve ขับออกมา (มีภาชนะรองรับเปลือกไม้ส่วนนี้ไว้) เรียกว่า กาก

จุดที่ 3 กากที่ได้นำเข้าเครื่องบีบได้สารละลายส่วนหนึ่งและกากอีกส่วนหนึ่งสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาผลิตภัณฑ์แทนนินและแทนนินต่อไป ส่วนกากนำมาอบแห้งสกัดด้วย Soxhlet จนกระทั่งสารละลายไม่มีสี จึงนำมาวิเคราะห์หาผลิตภัณฑ์แทนนินและแทนนินต่อไป

เมื่อทำสมดุลมวลสารแล้ว ผลิตภัณฑ์แทนนินเข้าสู่คอลัมน์จะต้องเท่ากับผลิตภัณฑ์แทนนินที่ออกจากคอลัมน์ ถ้าไม่เท่ากันจะต้องมีค่าไม่ต่างกันเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จึงจะถือว่าผลการทดลองนี้ถูกต้อง น่าเชื่อถือ