บทที่ 4

การทดลองและวิธีการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2 อุปกรณ์การวิเคราะห์และอุปกรณ์วัดที่เกี่ยวข้อง และการใช้งาน

- 4.2.1 อุปกรณ์วัดความดันชนิดน้ำ (ท่อแก้วตัวยู)
- 4.2.2 เครื่องมือวัดการดูดกลืนรังสียูวี (UV absorbance)

4.3 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง และการทำการทดลอง

4.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง และการเตียมสารละลาย

4.5 การสร้างกราฟเทียบวัด (Calibration Curve) สำหรับปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำ ด้วยเทคนิคการวัดการดูดกลืนรังสียูวี (UV absorbance Technique)

4.6 การทดลอง

- 4.6.1 การวัดความดันลดตกคร่อมตัวรองรับแพคกิ้ง (เทฟล่อน)
- 4.6.2 การวัดความดันลดตกคร่อมแพคกิ้งแห้งสูง 1 ฟุต
- 4.6.3 การวัดความดันลดตกคร่อมแพคกิ้งเปียกสูง 1 ฟุต
- 4.6.4 การศึกษาผลของอัตราการป้อนอากาศต่อการถ่ายเทมวลสาร
- 4.6.5 การศึกษาการถ่ายเทมวลสารในหอแยกด้วยแอร์สตริปปิง ที่สภาวะอากาศป้อนอุณหภูมิต่าง ๆ
- 4.6.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิป้อนน้ำที่ระดับน้ำต่าง ๆ ต่อการถ่ายเทมวลสาร
- 4.6.7 การศึกษาผลขของการป้อนน้ำที่ระรับต่ำมาก ๆ ต่อการถ่ายเทมวลสาร
- 4.6.8 การศึกษาผลของการป้อนน้ำ และอากาศที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ร่วมกันต่อการถ่ายเทมวลสาร
- 4.6.9 การศึกษาการถ่ายเทมวลสารเมื่อมีการป้อนไวนิอะซิเตทในน้ำที่ 1,000 PPM

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หอดูดซึมสารแบบแพค ดังแสดงในภาพที่ (4-1)

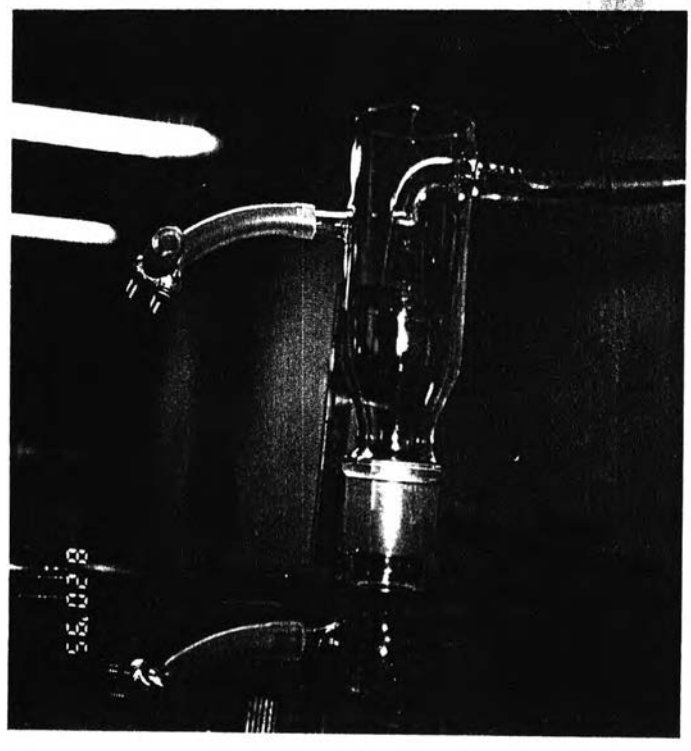
1.1 วัสดุที่ใช้สร้างเป็นท่อแก้วไพเรกซ์ แบ่งเป็น 3 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม. ท่อนบนสุดปลายเปิดปล่อยอากาศที่มีไอของไวนิลอะซิเตทออกสู่อากาศผ่านท่อยางที่สวมอยู่ มีท่อแก้วขนาด 12.5 ซม. ปล่อยสารละลายลงหอ และท่อวัดความดันมีขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ (4-1) ท่อนกลางขนาดยาว 1 เมตร ไม่รวมข้อต่อใช้บรรจุแพคกิ้ง มีรูต่อท่อขนาด 8 มม. ปลายเปิดเพื่อใช้วัดความดันที่ทางด้านล่างของท่อนกลางมีตัวรองรับแพคกิ้งทำด้วยเทฟล่อนหนา 8 มม. เจาะรู ดังแสดงในภาพที่ (4-2) ท่อนล่างเป็นช่วงก้นหอ ทางตอนล่างมีลักษณะเป็นขวดก้นกลม เพื่อเก็บสารละลายที่ตกลงมาได้ ทางด้านข้างมีท่อขนาด ϕ 40 มม. เชื่อมเข้ากับคอขวด เพื่อให้เป็นทางเดินเข้าของอากาศโดยมี ช่องเสียบเทอร์โมมิเตอร์ได้ ที่ขวดก้นกลมมีช่องเสียบเทอร์โมมิเตอร์ และช่องสำรองอีกหนึ่งช่องมีท่อปล่อยสารละลายลงถังและท่อเก็บสารตัวอย่าง

1.2 แพคกิ้งทำด้วยพลาสติกอะคริลิคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 8 มม. ยาว 12 มม. ขนาดความหนาแน่นในการแพคกิ้งคือ 164 ชิ้นต่อความสูงหอ 5 ซม. ดังภาพที่ (4-4)

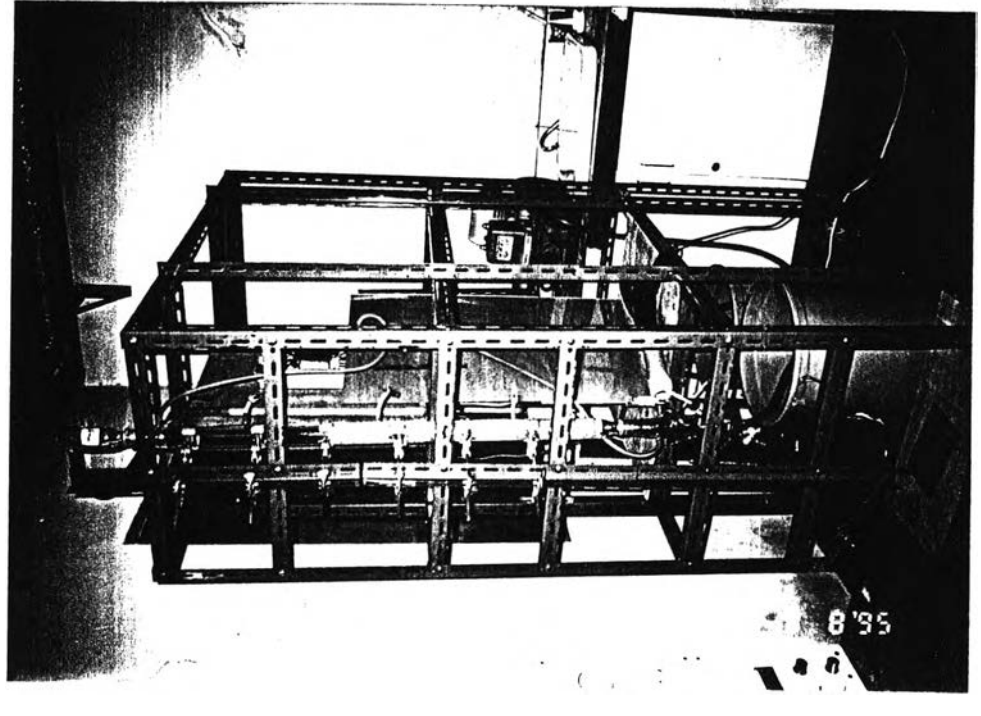
1.3 การเชื่อมต่อระหว่างช่วงหอทำโดยการใช้ข้อต่อสวมพอดีกระชับแน่น

2. ชุดน้ำร้อน (Water Heater) ภาพที่ (4-5)

ผลิตภัณฑ์	:	ARISTON, Itali
ชนิด	:	ผ่านร้อน
รุ่น	:	5 KMRX 220 V (3 ระดับความร้อน)
		N 94 10 28 3+2 KW
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	:	5 KW
ϕ ท่อน้ำขาออก	:	½นิ้ว

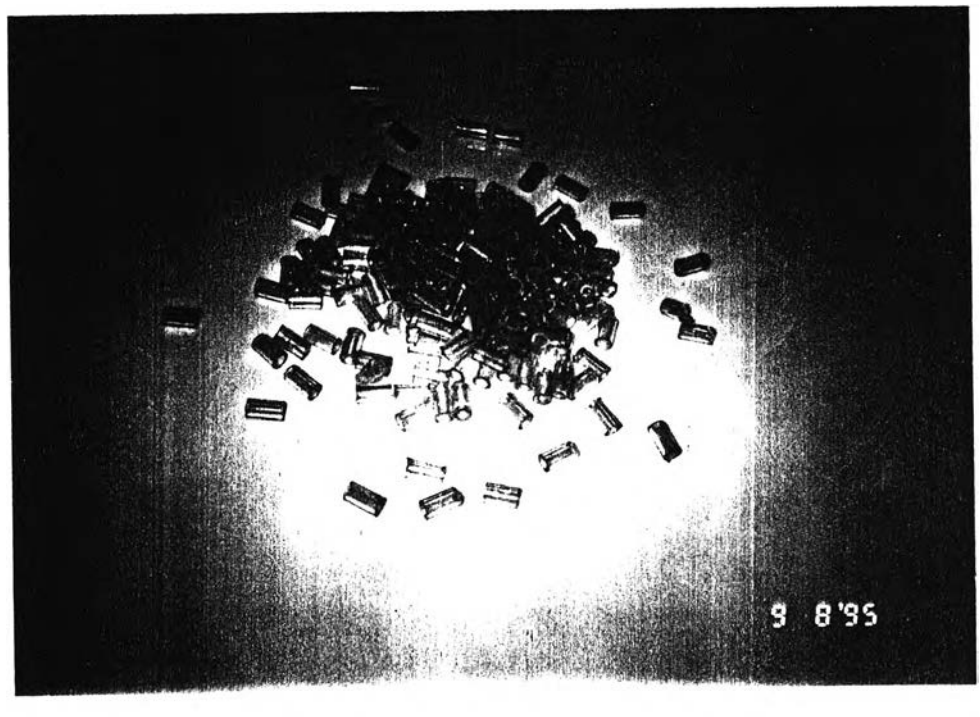


ภาพที่ 4-1 ชิ้นส่วนหอแก้วสตริปปิงตอนบน

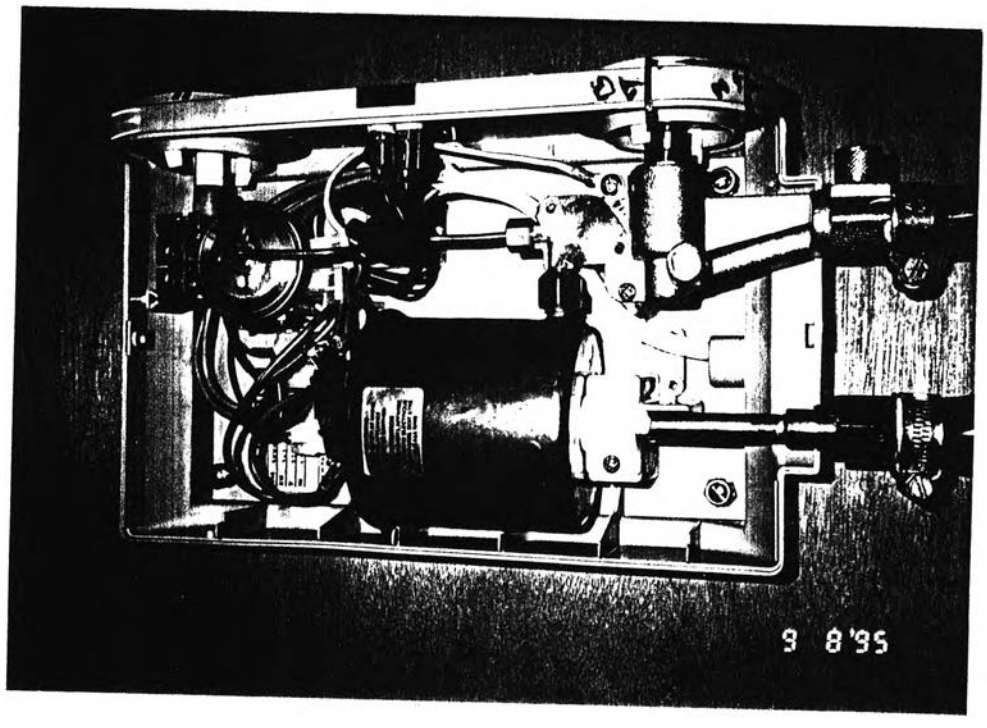


ภาพที่ 4-2 แสดงการติดตั้งหอแพค และชุดจำลองการทดลองทั้งหมด

ภาพที่ 4-3 ท่อล่างของหอส่วนก้นกลม



ภาพที่ 4-4 ภาพแพคกิ้ง



ภาพที่ 4-5 อุปกรณ์ทำน้ำร้อน

ภาพที่ 4-6 อุปกรณ์ส่งลมและชุดทำความร้อนอากาศในตัว

3. พัดลมส่งอากาศ (Air Heater Blower) (ภาพที่ 4-6)

ผลิตภัณฑ์	:	WIGO, Switzerland
ชนิด	:	Dryer & Heater
รุ่น	:	Concorde 2000 HD TYP 5109
ระดับกำลังไฟฟ้า	:	1,600 vol (MAX)
อัตราการไหลของอากาศ	:	ช่วงความเร็วต่ำ 550 ลิตร/นาที
		ช่วงความเร็วสูง 770 ลิตร/นาที

4. ปั๊มน้ำ (ภาพที่ 4-7)

ผลิตภัณฑ์	:	UMA, CHINA
ชนิด	:	แบบลูกสูบชัก
กำลัง	:	1/4 HP
เฮดสูงสุด	:	150 เมตร
อัตราส่งน้ำสูงสุด	:	25 ลิตร/นาที
ไฟฟ้า	:	220 V
ท่อน้ำขาออก	:	0.5 นิ้ว (เส้นผ่าศูนย์กลาง)

5. บีคเกอร์ขนาด 1 ลิตร ใช้ตวงวัดน้ำ

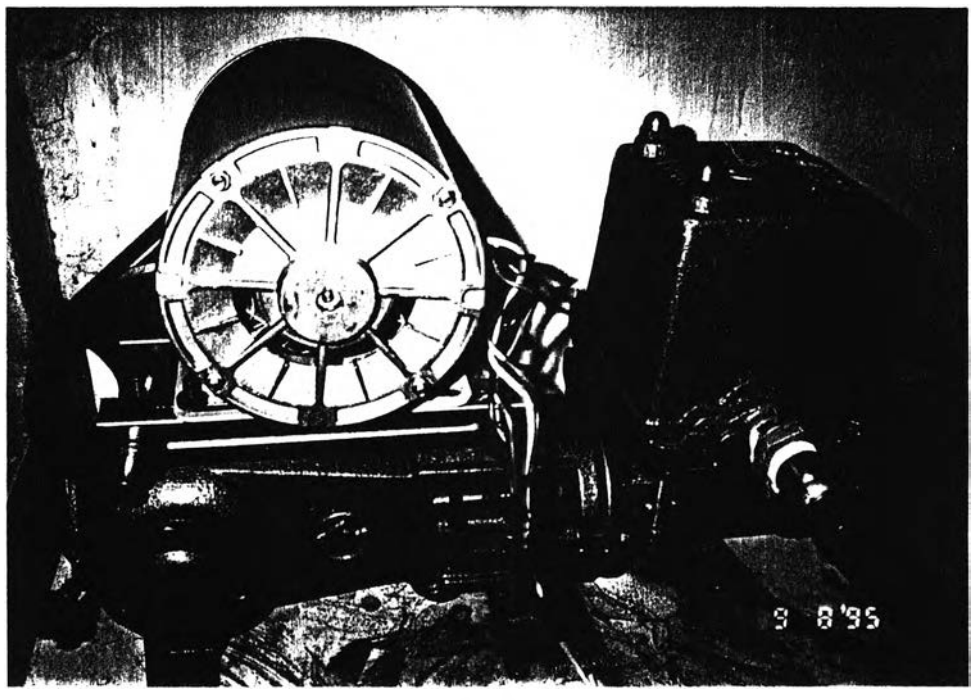
6. โครงเหล็กฉากใช้ติดตั้งอุปกรณ์ แบบเจาะรู ขนาด 1.5 นิ้ว x 1.5 นิ้ว

7. ระบบท่อขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว วาล์ว และข้อต่อต่าง ๆ

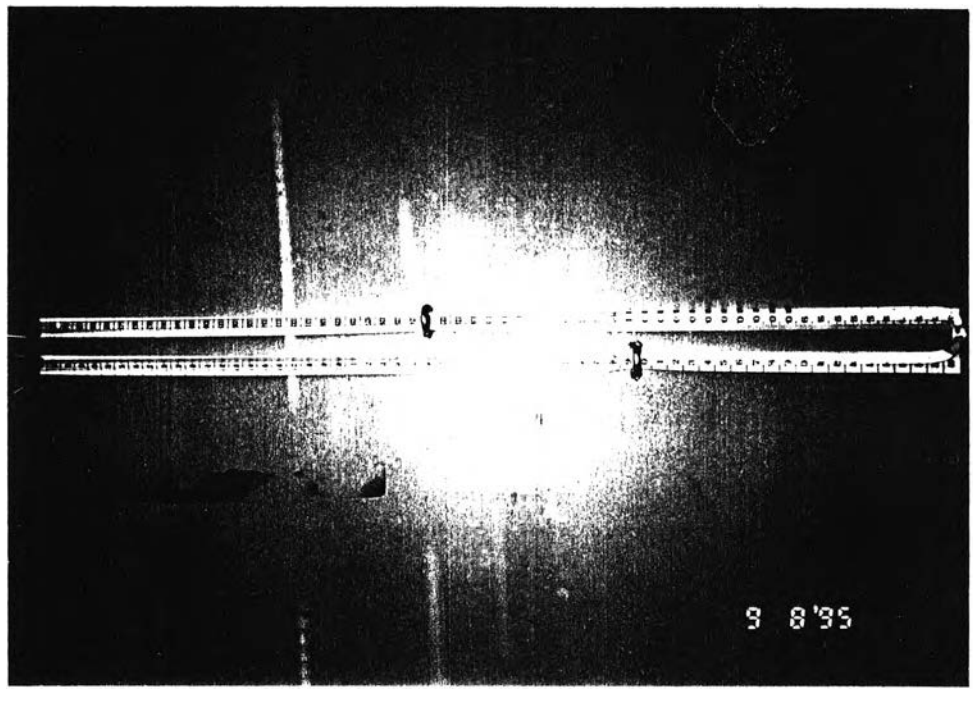
8. เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 $^{\circ}$C 5 อัน

9. ข้อต่ออ่อนต่าง ๆ

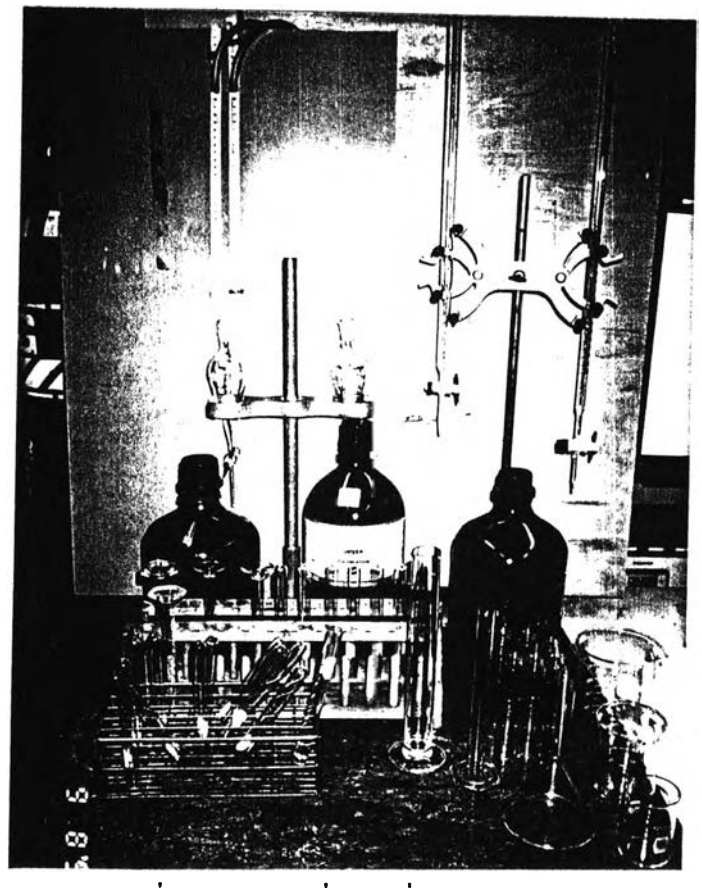
10. ถังน้ำพลาสติกขนาด 45 ลิตร เพื่อใช้เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำ และรองรับสารละลายที่ผ่านหอแพครวม 2 ถัง



ภาพที่ 4-7 ปั๊มน้ำ



ภาพที่ 4-8 มานอมิเตอร์ U-Tube



ภาพที่ 4-9 อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง

4.2 อุปกรณ์การวิเคราะห์ อุปกรณ์การวัดที่เกี่ยวข้อง และการใช้งาน

1. มานอมิเตอร์น้ำแบบท่อตัวยู ใช้ท่อแก้วดัดเป็นตัวยูสูง 80 ซม. เติมน้ำสูงด้านละ 30 ซม. เชื่อมต่อหอแพค ด้วยสายยางใสตามจุดที่ต้องการวัดความดัน วัดค่าความดันเป็นมิลลิเมตรน้ำ ดังแสดงในภาพที่ (4-8)

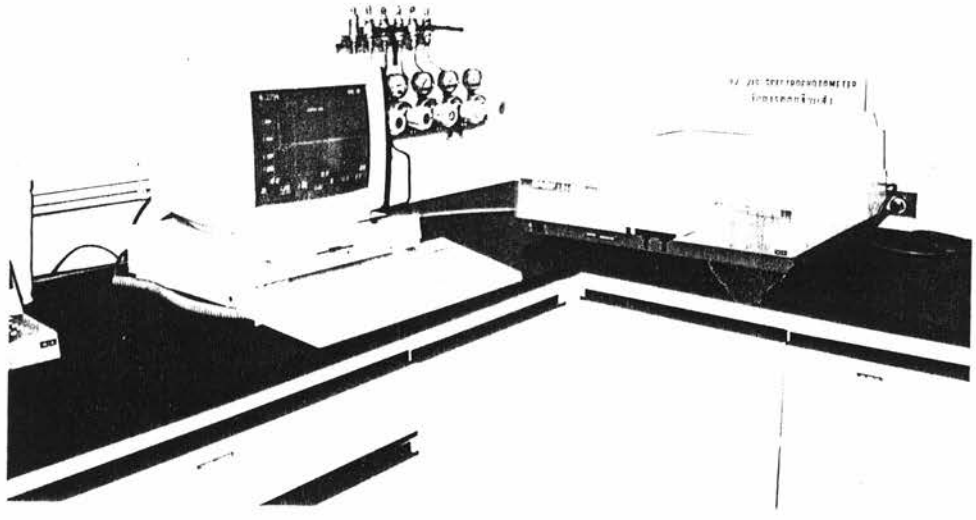
2. เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงยูวี (UV Spectrophotometer) ดังแสดงในภาพที่ (4-10) เป็นผลิตภัณฑ์ของ VARIAN รุ่น CARY 3 ประเทศออสเตรเลีย ย่านความยาวคลื่น (Wave length) 10-900 นาโนเมตร ปริมาณสารตัวอย่างในการวัดเท่ากับ 1 และ 3 ซีซี ช่วงคลื่นที่ทำการวัดเท่ากับ 240 และ 275 นาโนเมตร

เครื่องวัดการดูดกลืนแสงยูวี เป็นการวิเคราะห์สารเชิงปริมาณ โดยการวัดปริมาณการดูดกลืนแสงที่มองเห็นได้ หรือพลังงานที่แผ่รังสีออกมาโดยสารละลาย เนื่องจากปริมาณการดูดกลืนแสง จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย หรือสสารในสารละลาย สารละลายได้ สสารแต่ละชนิดมีแถบช่วง การดูดกลืนแสงที่ เด่นเฉพาะต่างกัน โดยเฉพาะในย่านแถบ

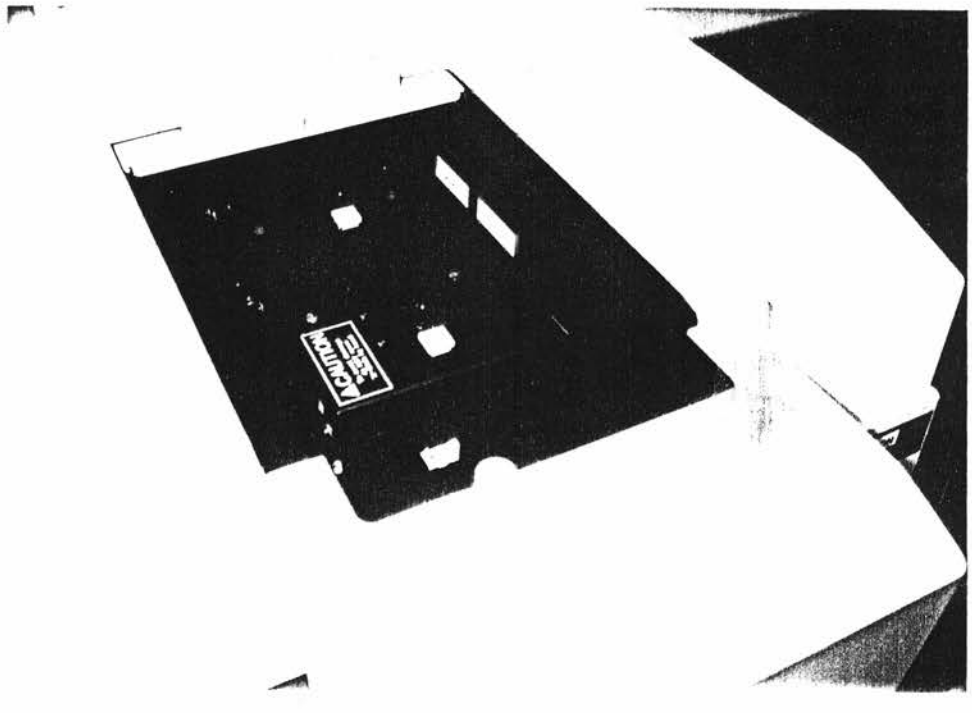
แสงยูวีจะมีความสำคัญอย่างมากในการกำหนดค่าเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ของสสาร โดยเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ทั้งหลาย (Organic Compound) ค่าช่วงย่านการดูดกลืนแสงและสีที่มองเห็นได้สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.1[40]

ตารางที่ 4.1 การดูดกลืนของแสงและสีที่มองเห็นได้

Wavelength, nm	Color (Absorbed)	Color Observed (Transmitted) or Complementary Hue
< 380	Ultraviolet	
380–435	Violet	Yellowish green
435–480	Blue	Yellow
480–490	Greenish blue	Orange
490–560	Bluish green	Red
500–560	Green	Purple
560–580	Yellowish green	Violet
580–595	Yellow	Blue
595–650	Orange	Greenish blue
650–780	Red	Bluish green
> 780	Near-infrared	

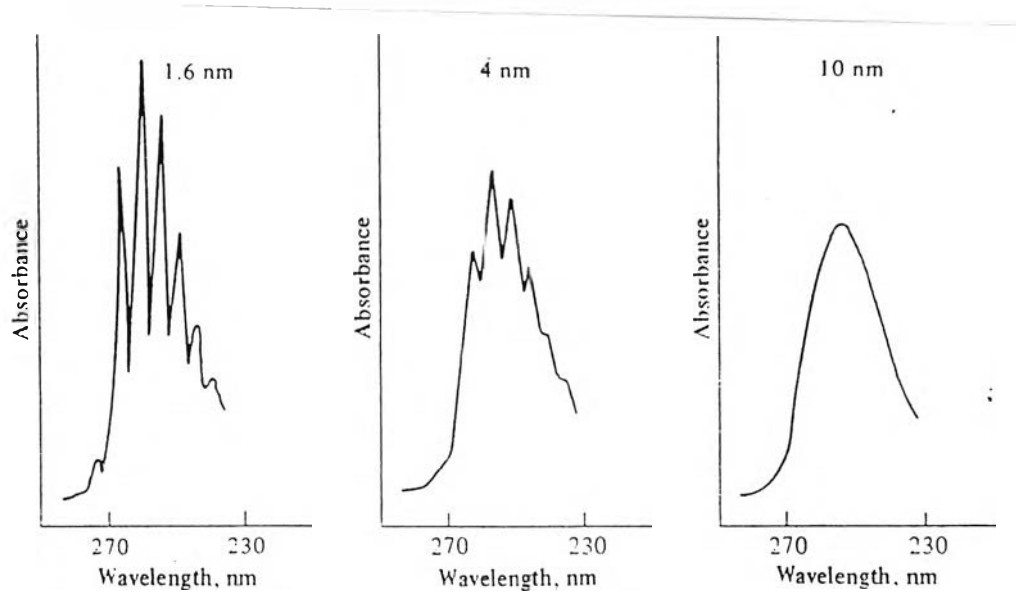


ภาพที่ 4-10 เครื่องวัดการดูดกลืนแสงยูวี



ภาพที่ 4-11 ช่องใส่เซลเพื่อวิเคราะห์สารตัวอย่างในเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงยูวี

ตัวอย่างการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ (4-10)



ภาพที่ 4-12 ภาพแสดงช่วงสเปคตรัมของเบนซีนในไซโคลเฮกเซนที่ดูดกลืนแสง

เทคนิคดังข้างต้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของสารประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ลักษณะพันธะทางเคมีภายในสารประกอบ ลักษณะการฟอร์มตัวแบบวงแหวนเบนซิน การศึกษาสเตอริกเอฟเฟค การหาความเข้มข้นของสารละลาย การกำหนดค่าน้ำหนักโมเลกุลของสาร อัตราปฏิกิริยา และอื่น ๆ อีกมากมาย[40]

ซึ่งการวิจัยนี้ ก็ได้นำเทคนิคดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าความเข้มข้นของไวนิลอะซิเตทในน้ำ ที่ความยาวคลื่นแสง (Wave Length) = 240 และ 275 นาโนเมตร โดยที่การวัดค่าการดูดกลืนทุกครั้งจะต้องมีการสร้างกราฟมาตรฐานเทียบวัดทุกครั้ง (Calibration Curve) เพื่อนำค่าการดูดกลืนที่ได้มาเทียบหาค่าความเข้นข้นของไวนิลอะซิเตทในน้ำต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 การเทียบวัดการดูดกลืนแสงยูวีที่ความเข้มข้นของไวนิลอะซิเตทในน้ำที่ปริมาณต่าง ๆ กัน สำหรับการทดลองที่ 4.6.1-4.6.7

สารตัวอย่างที่	ความเข้มข้นของไวนิลอะซิเตทในน้ำ (ppm)	ปริมาณการดูดกลืนแสงยูวี (nm)	
		240	275
1	1	0.2970	0.3960
2	5	0.2982	0.3960
3	10	0.3002	0.3960
4	50	0.3224	0.3960
5	100	0.3407	0.3960
6	200	0.3610	0.3960
7	300	0.3707	0.3960
8	400	0.3960	0.3960
9	500	0.4277	0.3960
10	1,000	0.5914	0.3960
11	1,100	0.5941	0.3960
12	1,200	0.6318	0.3975
13	1,400	0.6931	0.3995
14	1,600	0.6931	0.3995
15	1,800	0.7932	0.4950
16	2,000	0.8370	0.4950
17	2,200	0.8911	0.4950
18	2,500	0.9207	0.4950
19	2,800	1.0891	0.4950
20	3,000	1.1882	0.4950

ตารางที่ 4.3 การเทียบวัดปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำสำหรับการทดลองที่ 4.6.8

สารตัวอย่างที่	ความเข้มข้นของไวนิลอะซิเตทในน้ำ (ppm)	ปริมาณการดูดกลืนแสงยูวี (nm)	
		240	275
1	1	0.0022	0.0690
2	5	0.0069	0.0990
3	10	0.0086	0.0815
4	50	0.0112	0.1980
5	100	0.0163	0.0990
6	200	0.0423	0.0500
7	300	0.0672	0.0721
8	400	0.0990	0.0990
9	500	0.1027	0.0990
10	1,000	0.2108	0.5941
11	1,100	0.2276	0.0990
12	1,200	0.2684	0.0342
13	1,400	0.2897	0.1497
14	1,600	0.3214	0.0990
15	1,800	0.3707	0.0990
16	2,000	0.4102	0.2970
17	2,200	0.4396	0.0417
18	2,500	0.5941	0.0990
19	2,800	0.6214	0.0771
20	3,000	0.6875	0.0929

4.3 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง และการทำการทดลอง

การทดลองนี้ได้สร้างแบบจำลองการทดลอง เพื่อศึกษาการทำงานของหอแยกสารแบบแพคด้วยแอร์สตริปปิง ดังแสดงในภาพที่ (4-2) ซึ่งสามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้ด้วยเหล็กฉากเจาะรู ไม้อัด ปากการจัดท่อแก้ว และระบบน็อต สกรู ต่าง ๆ การวัดปริมาณการไหลของลมได้ทำโดยวิธีการเป่าใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดถุง แล้วแทนที่น้ำ ส่วนการจัดปริมาณการไหลของน้ำกระทำโดยการใช้แบ่งสเกลวาล์วเปิดปิดน้ำตามช่วงที่ต้องการศึกษาทดลอง โดยมีสเกล 15 สเกลดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

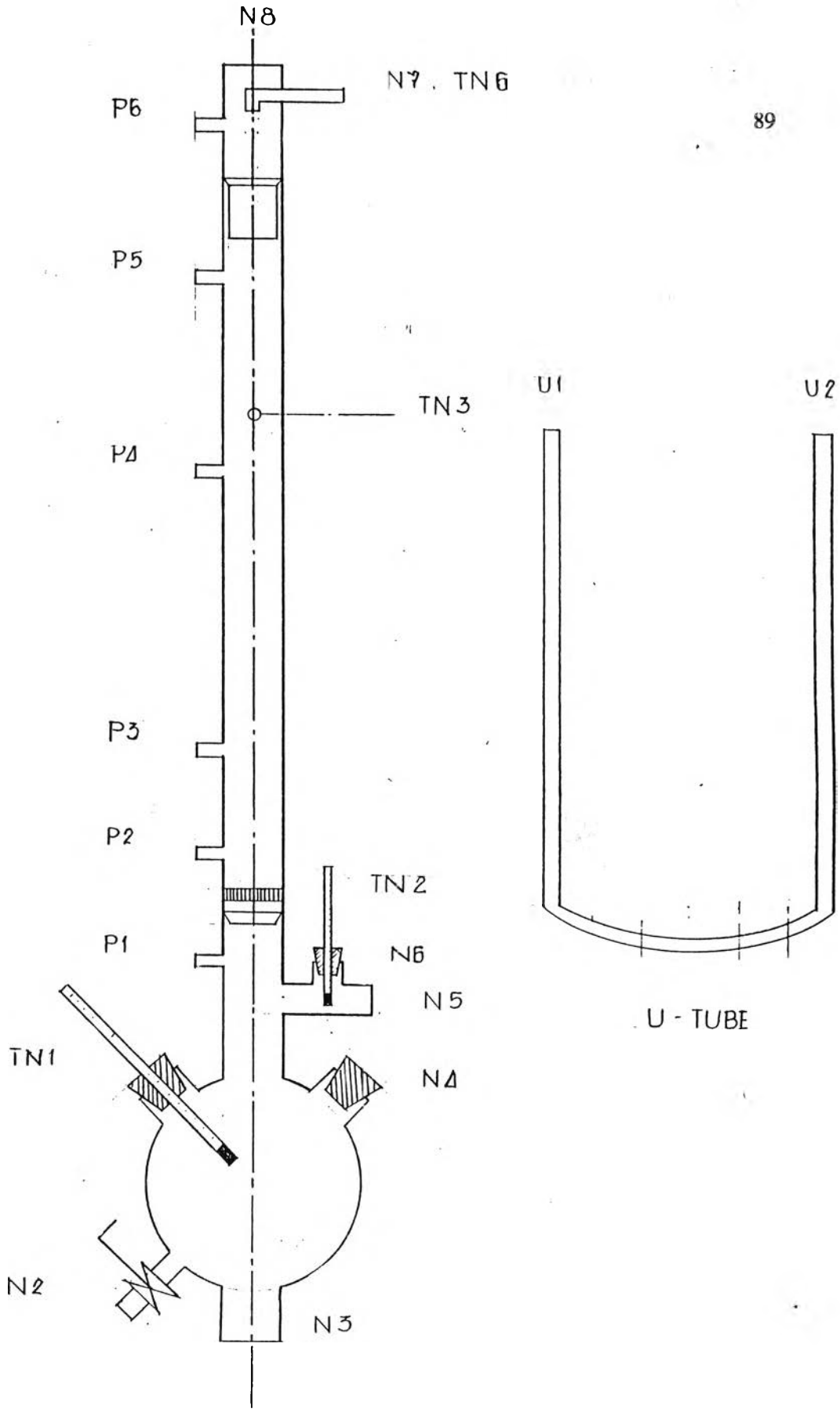
1. น้ำ (H_2O)
2. ไวนิลอะซิเตท เกรดเชิงการค้า (Commercial Grade) คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แสดงอธิบายไว้ในบทที่ 1 เป็นอย่างดี
3. คลอโรฟอร์ม เกรดห้องปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปรับอัตราการไหลโดยการส่งน้ำด้วยปั๊มน้ำ

ระดับการป้อนน้ำ	ปริมาณการไหล (ลิตร/นาที)
1	2.10
2	3.40
3	3.51
4	3.60
5	3.73
6	3.83
7	3.90
8	4.11
9	4.22
10	4.35
11	4.55
12	4.71
13	4.79
14	4.95
15	5.20

4.5 การสร้างกราฟเทียบวัด (Calibration Curve) สำหรับปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำด้วยเทคนิคการวัดการดูดกลืนรังสียูวี (UV absorbance Technique)

ทุกครั้งที่มีการวัดปริมาณการดูดกลืนแสงยูวีของสารตัวอย่าง จำเป็นต้องมีการทำกราฟเทียบวัดปริมาณไวนิลอะซิเตท โดยทำการทดลองของสารตัวอย่างที่ทราบความเข้มข้น โดยกำหนดจุดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดกลืนแสงยูวีของสารตัวอย่างที่ทราบค่าความเข้มข้น กับปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำ แล้วกรอกข้อมูลค่าการวัดที่ได้ลงในตารางที่ 4.2 และ 4.3



<u>ภาพที่ 4-18</u> ภาพแสดงการกำหนดตำแหน่งช่อง, รู ตำแหน่งต่าง ๆ บนหอแก้ว และมานอมิเตอร์ตัวยู (U-Tube)

4.6 การทดลอง

<u>การทดลองที่ 4.6.1</u> การวัดความดันลดตกตร่อมตัวรองรับแพคกิ้ง (Packing Support)

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมอุปกรณ์ หอแยกสารระบบแพคที่ยังไม่มีแพคกิ้ง ปั๊มส่งน้ำ อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพัดลมส่งอากาศ พร้อมชุดความร้อนอากาศ ระบบท่อ ระบบรองรับแพคกิ้ง
2. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 4-2
3. ปิดทุกช่องทางเช่น N_1, N_2, N_3, N_4, N_7, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6 ดังภาพที่ 4-12
4. เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้าที่รู N_1, N_6
5. ต่อ N_5 เข้ากับพัดลมส่งอากาศ
6. ต่อ N_8 เข้ากับท่ออ่อนออกนอกห้องทดลอง
7. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1
8. เปิดพัดลมที่ระดับที่ 1 (G_1) โดยทราบค่าอัตราการไหล
9. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำที่มานอมิเตอร์น้ำ ลงในตารางที่ 5.1
10. เสียบ P_3 เข้ากับ U_1 ,P_3 เข้ากับ U_2
11. บันทึกผลต่างความสูงของระดับน้ำ
12. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1 และ P_5 เข้ากับ U_2
13. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำลงในตารางที่ 5.1
14. ปรับ G_1 เป็น G_2 แล้วดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 7-13

<u>หมายเหตุ</u> ให้บันทึกลงในตารางการทดลองที่ 5.2

<u>การทดลองที่ 4.6.2</u> การหาความดันลดต่อหนึ่งหน่วยความสูงของแพคกิ้งแห้ง

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เติมราสชิกริงแพคกิ้งแบบแรนดอมลงในหอสูง 1 ฟุต (ประมาณ 30 ซม.)
2. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 4-2
3. ปิดทุกช่องทางเช่น N_1, N_2, N_3, N_4, N_7, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6
4. เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้าที่รู N_1, N_6
5. ต่อ N_5 เข้ากับพัดลมส่งอากาศ
6. ต่อ N_8 เข้ากับท่ออ่อนนอกห้องทดลอง
7. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1
8. เปิดพัดลมที่ระดับที่ 1 (G_1) โดยหราบค่าอัตราการไหล
9. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำที่มานอมิเตอร์น้ำ
10. เสียบ P_3 เข้ากับ U_1
11. บันทึกผลต่างความสูงของระดับน้ำ
12. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1 และ P_5 เข้ากับ U_2
13. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำลงในตารางที่ 5.2
14. ปรับ G_1 เป็น G_2 แล้วดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 7, 8, 9, 10 และ 11
15. บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 5.2

<u>การทดลองที่ 4.6.3</u> การหาความดันลดต่อหนึ่งหน่วยความสูงในหอเปียก

4.6.3 การทดลองการหาความดันลดของหอเปียก (1 หน่วยความสูงแพคกิ้ง)

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เติมราสชิกริงแพคกิ้งแบบแรนดอมลงในหอสูง 1 ฟุต (ประมาณ 30 ซม.)
2. ป้อนน้ำเข้าทางหอด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที นาน 3 นาที ที่ N_7 ณ อุณหภูมิห้อง
3. เปิดท่อ N_2 ลงถังน้ำ
4. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 4-12
5. ปิดทุกช่องทางเช่น N_1, N_2, N_3, N_4, N_7, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6 ดังภาพที่ 4-2
6. เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้าที่รู N_1, N_6
7. ต่อ N_5 เข้ากับพัดลมส่งอากาศ
8. ต่อ N_8 เข้ากับท่ออ่อนนอกห้องทดลอง
9. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1
10. เปิดพัดลมที่ระดับที่ 1 (G_1) โดยทราบค่าอัตราการไหลนาน 5 นาที
11. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำที่มานอมิเตอร์ลงในตารางที่ 5.3
12. เสียบ P_1 เข้ากับ U_1 และ P_5 เข้ากับ U_2
13. บันทึกผลต่างความสูงของน้ำลงในตารางที่ 5.3
14. ปรับ G_1 เป็น G_2 แล้วดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 9-13 โดยมีการทำให้หอเปียกอีกครั้งหนึ่ง
15. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 5.3

<u>การทดลองที่ 4.6.4</u> การศึกษาการถ่ายเทมวลสารในหอแพคด้วยแอร์สตริปปิงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยอัตราส่วนการป้อนอากาศต่อน้ำต่าง ๆ กัน

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมอุปกรณ์การทดลอง (หอแพคด้วยการเติมแพคกิ้งให้สูง 85 ซม. ปั๊มน้ำ ฮีทเตอร์น้ำ พัดลม พร้อมชุดทำอากาศร้อน อุปกรณ์ท่อ และเครื่องมือวัด)
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำ 0.3% (3000 PPM) โดยน้ำหนัก จำนวน 40 ลิตร แล้วคนให้ละลายเข้ากันดี
3. เปิดน้ำที่อัตราป้อนระดับที่ 1 (ดูจากตารางที่ 4.4) เข้าทาง N_7 นาน 3 นาที
4. เก็บสารตัวอย่างจากก้นหอที่ N_3 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 10 ซีซี แล้วปิดหลอดด้วยกระดาษกาว หรือจุกอุดปิด เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวี โดยเขียนบันทึกสภาวะบนหลอด
5. เปิดพัดลมที่ G_1 นาน 5 นาที
6. บันทึกค่าความดันลด P_1-P_5 ลงในตารางที่ 5.4.4
7. เก็บสารตัวอย่างจากก้นหอ 3 หลอด ๆ ละ 10 ซีซี แล้วปิดหลอดด้วยกระดาษกาว และบันทึกสภาวะ
8. ปรับอัตราป้อนน้ำขึ้นเป็นระดับที่ 2 ทิ้งไว้ 2 นาที
9. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 4-7
11. เพิ่มอัตราการป้อนน้ำอีกครั้ง ครั้งละ 1 ระดับ (ระดับ 1, 3, 6, 9, 12, 15) จนถึงระดับที่ 15
12. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 4-9
13. นำสารตัวอย่างจากข้อ 4 และ 7 ไปเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำด้วยเครื่องตรวจวัดการดูดกลืนแสงยูวีแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.4.1-5.4.3

<u>หมายเหตุ</u> - ความดันลดตกคร่อมหอแพคที่สภาวะต่าง ๆ บันทึกลงตารางที่ 5.4.4

- ใช้ค่าที่ได้เทียบวัดหา % ไวนิลอะซิเตทในตารางที่ 4.2

<u>การทดลองที่ 4.6.5</u> การทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิของอากาศขาเข้าต่อการถ่ายเทมวลสารภายในหอที่อัตราส่วนอากาศต่อน้ำต่าง ๆ กัน

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมอุปกรณ์การทดลอง (หอแพค ปั๊มน้ำ ฮีทเตอร์น้ำ พัดลม พร้อมชุดทำอากาศร้อน อุปกรณ์ท่อ และเครื่องมือวัด)
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำ 0.3% โดยน้ำหนัก จำนวน 40 ลิตร
3. เปิดพัดลมไปที่ G_1 นาน 5 นาที
4. เปิดฮีทเตอร์ลมไปที่ตำแหน่งอากาศร้อน ไปพร้อม ๆ กับ ข้อ 3
5. วัดอุณหภูมิที่ T_{N1} , T_{N2} , T_{N3} และอุณหภูมิน้ำ แล้วบันทึกค่าลงในตาราง 5.5.1
6. เปิดน้ำที่ระดับที่ 1 ตามตารางเทียบวัดอัตราการไหลของน้ำที่ 4.4
7. เก็บสารตัวอย่างจากก้นหอ 3 ตัวอย่าง ๆ 10 ซีซี แล้วบันทึกสภาวะลงบนหลอดเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวี
8. บันทึกค่าความดันลด ΔP_1-P_5 แล้วหยุดปั๊มน้ำกับพัดลมแล้วทำข้อ 3, 4
9. เพิ่มการป้อนน้ำอีก 1 ระดับ (1, 3, 6, 9, 12, 15)
10. ทำตามข้อ 5, 7
11. บันทึกผลการทดลองตารางที่ 5.5.1-2
12. เพิ่มอีกทีละระดับจนถึงระดับที่ 15
13. ปรับอัตราการป้อนเป็น G_2 และดำเนินการทดลองตามข้อที่ 4-12
14. นำตัวอย่างทั้งหมดไปทำการวัดการดูดกลืนแสงยูวี แล้วกรอกลงตารางที่ 5.5.1-2
15. นำค่าที่ได้มาทำการเทียบวัด % ไวนิลอะซิเตทในน้ำจากตารางที่ 4.2 แล้วบันทึกลงตารางที่ 5.5.1-2

<u>การทดลองที่ 4.6.6</u> การศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำขาเข้าที่จุดป้อนต่อการถ่ายเทมวลสารภายในหอ

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมอุปกรณ์การทดลอง (หอแพค ปั๊มน้ำ ฮีทเตอร์น้ำ พัดลม พร้อมชุดทำอากาศร้อน อุปกรณ์ท่อ และเครื่องมือวัด)
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำ 0.3% โดยน้ำหนัก จำนวน 40 ลิตร
3. เปิดพัดลมไปที่ G_1 ณ อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที
4. เปิดน้ำไปที่ระดับการป้อนที่ 1 (ตามตารางเทียบวัดที่ 4.4)
5. ปรับสเกลอุณหภูมิไปที่ T_2 แล้วปล่อยที่สภาวะนี้นาน 5 นาที
6. บันทึกอุณหภูมิ T_{N1} , T_{N3} , T_{N6}
7. เก็บสารตัวอย่างจากก้นหอ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 ซีซี แล้วทำเครื่องหมายบันทึกสภาวะไว้
8. เพิ่มน้ำขึ้นเป็นระดับการป้อนที่ 2
9. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 6 และ 7
10. ปรับสเกลอุณหภูมิไปที่ T_2 ครั้งละ 1 ระดับ (1, 3, 6, 9, 12, 15) จนถึงลำดับการป้อนที่ 15
11. ปรับพัดลมส่งอากาศไปที่ G_2 และฮีทเตอร์น้ำเป็น T_3
12. ดำเนินการทดลองตาข้อที่ 4-13
13. บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงบนตารางที่ 5.6.1-3
14. นำตัวอย่างทั้งหมดไปวิเคราะห์หาปริมาณการดูดกลืนแสงยูวี แล้วบันทึกค่าปริมาณการดูดกลืนลงในตาราง 5.6.1-3
15. นำค่าที่ได้มาเทียบวัดกับกราฟมาตรฐานการดูดกลืนเพื่อหาปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำในตารางที่ 4.2

<u>การทดลองที่ 4.6.7</u> การศึกษาปรากฏการณ์การถ่ายเทมวลเมื่อป้อนสารละลาย และอากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ เข้าหอแยกสารแบบแอร์สตริปปิง

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์การทดลองตามภาพที่ 4-2
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำ 0.3% โดยน้ำหนัก จำนวน 40 ลิตร
3. เปิดพัดลมไปที่ G_1 ฮีทเตอร์ไปที่ตำแหน่งร้อน นาน 5 นาที
4. เปิดน้ำที่อัตราป้อนที่ 1 ตามตารางเทียบวัดอัตราการป้อนน้ำที่ 4.4
5. เปิดฮีทเตอร์น้ำไปที่ตำแหน่ง T_2
6. รักษาสภาวะข้อ 5 นาน 5 นาที
7. บันทึกอุณหภูมิ T_{N1} , T_{N3} , T_{N6} ลงในตารางที่ 5.7.1-3
8. เก็บตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 ซีซี ใส่หลอดทดลอง แล้วทำเครื่องหมายบันทึกสภาวะไว้
9. ปรับการป้อนน้ำครั้งละ 1 ระดับ (1, 3, 6, 9, 12, 15) จนถึงลำดับที่ 15 แล้วทำตามข้อ 7, 8
10. ปรับสเกลอุณหภูมิน้ำที่ฮีทเตอร์น้ำเป็น T_3
11. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 6-9
12. ปรับพัดลมไปที่ตำแหน่ง G_2 และเปิดฮีทเตอร์อากาศไปที่ตำแหน่งร้อน นาน 5 นาที
13. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 4-11
14. นำตัวอย่างจากการทดลองทั้งหมดที่มีเครื่องหมายระบุสภาวะไปทำการตรวจวัดการดูดกลืนแสงยูวี แล้วบันทึกค่าลงตาราง 5.7.1-3
15. นำค่า UV ที่ได้จากตารางไปเทียบกราฟเทียบวัดปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำจากตารางที่ 4.2 แล้วบันทึกข้อมูลลงในตาราง 5.7.1-3

<u>การทดลองที่ 4.6.8</u> การศึกษาผลกระทบของความสูงของหอแพคกิ้งที่ความสูงต่าง ๆ ของแพคกิ้ง

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมอุปกรณ์การทดลองตามภาพที่ 4-2 โดยใช้แพคกิ้งในคอลัมน์สูง 30 ซม.
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำความเข้มข้น 0.3% โดยน้ำหนักจำนวน 40 ลิตร
3. เปิดพัดลมไปที่ G_2 และเปิดฮีทเตอร์ทำความร้อนไปตำแหน่งเปิดนาน 5 นาที
4. เปิดน้ำที่อัตราป้อนที่ 1 ตามตารางเทียบวัดที่ 4.4
5. เปิดฮีทเตอร์น้ำไปตำแหน่ง T_3 และคงสภาวะไว้ 5 นาที
6. บันทึกอุณหภูมิ T_{N1} , T_{N3} , T_{N6} และ T น้ำขาเข้าลงในตารางที่ 5.8.1-3
7. เก็บสารตัวอย่างทางตอนล่างของหอ 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 10 ซีซี ในหลอดทดลอง แล้วปิดหลอดให้สนิท และทำเครื่องหมายบันทึกสภาวะไว้
8. ปรับปริมาณการป้อนน้ำครั้งละ 1 ระดับ (1, 6, 9, 15) จนถึงลำดับที่ 15
9. ในแต่ละระดับให้ทำการทดลองตามข้อที่ 6-7
10. หยุดการทดลอง แล้วเพิ่มความสูงของแพคกิ้งในหอให้เป็น 60 ซม.
11. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 2-10
12. เพิ่มความสูงของแพคกิ้งในหอเป็น 85 ซม. แล้วทำตามข้อ 11
13. นำสารตัวอย่างทั้งหมดไปทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำจากตารางที่ 4.2 แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 5.8.1-3

<u>การทดลองที่ 4.6.9</u> การศึกษาการถ่ายเทมวลสารเมื่อป้อนไวนิลอะซิเตทในน้ำที่ความเข้มข้น 1,000 PPM.

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์การทดลองตามภาพที่ 4-2 (แพคกิ้งสูง 85 ซม.)
2. เตรียมสารละลายไวนิลอะซิเตทในน้ำความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนักจำนวน 40 ลิตร
3. เปิดพัดลมไปที่ G_2 และเปิดชุดทำความร้อนอากาศนาน 5 นาที
4. เปิดน้ำที่อัตราส่วนป้อนที่ 1 ตามตารางเทียบวัดที่ 4.4
5. เปิดชุดทำความร้อนน้ำไปที่ T_3 รักษาสภาวะนี้นาน 5 นาที
6. บันทึกอุณหภูมิ T_{N1} , T_{N3} , T_{N6}
7. เก็บสารตัวอย่าง ๆ ละ 10 มล. ใส่หลอดทดลอง แล้วทำเครื่องหมายบันทึกสภาวะ
8. ปรับน้ำป้อนเข้าที่อัตราป้อนที่ 2 (1, 6, 9, 15)
9. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 5-8
10. จากข้อ 9. เพิ่มครั้งละ 1 อันดับ จนถึงอันดับที่ 15
11. นำสารตัวอย่างที่ได้จากข้อ 8. ไปเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณไวนิลอะซิเตทในน้ำ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 5.9 โดยเทียบวัดกับตารางที่ 4.3