

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การทดลอง 96 กรณี คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ มี 4 ค่า ได้แก่ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min (ความเร็วลม เท่ากับ 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 m/s ตามลำดับ) โดยในแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จะทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ 4 ค่า ได้แก่ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7 ซึ่งในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ จะทำการทดลองโดยใช้อุณหภูมิน้ำแตกต่างกัน 6 ค่า คือ 4 , 8 , 12 , 16 , 20 และ 27 °C (อุณหภูมิน้ำ 27 °C คือ อุณหภูมิน้ำปกติที่ไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิ)

ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์แยกตามหัวข้อ ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลการทดลองของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสม์และระเหยโดยตรงแบบอะเดียบาติก
  - 1.1 พิจารณาผลของอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้ความเร็วลมค่าต่างๆ
  - 1.2 พิจารณาผลของความเร็วลมที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำค่าต่างๆ
  - 1.3 พิจารณาผลของความเร็วลมที่มีต่อประสิทธิภาพการอัดตัว ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำค่าต่างๆ
2. วิเคราะห์ผลการทดลองของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสม์และระเหยโดยตรงแบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก
  - 2.1 พิจารณาผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก
    - 2.1.1 พิจารณาผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ
    - 2.1.2 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากัน โดยใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ

- 2.1.3 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน โดยใช้ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศค่าต่างๆ
- 2.2 พิจารณาผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก
- 2.2.1 พิจารณาผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และ อุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ
- 2.2.2 เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่อ อุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอัตราการไหลเชิงมวลของ อากาศเท่ากัน โดยใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ
- 2.2.3 เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่อ อุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอุณหภูมิน้ำขาเข้าเท่ากัน โดยใช้ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศค่าต่างๆ
3. สมการทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง
- 3.1 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก
- 3.2 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็น อะเดียบาติก
1. วิเคราะห์ผลการทดลองของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก
- 1.1 พิจารณาผลของอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้ความเร็วลมค่าต่างๆ
- รูปที่ ก.1 - ก.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและ อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ ในกรณีที่ใช้ความเร็วลม เท่ากับ 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 m/s ตามลำดับ (อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min ตามลำดับ)
- เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.1 พบว่า เมื่ออัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเพิ่มขึ้น อากาศ ขาออกจะมีเปลี่ยนแปลงอย่างไม่เป็นนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มอัตราการไหลเชิงมวล

ของน้ำจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศขาออกอย่างเด่นชัด ซึ่งเมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.2 , ก.3 และ ก.4 ซึ่งใช้ความเร็วลม เท่ากับ 1.5 , 2.0 และ 2.5 ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะที่ คล้ายคลึงกับกราฟ ก.1 โดยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมวล น้ำต่อมวลอากาศ อยู่ในช่วง  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ผลแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก ในสภาวะการทดลองต่างๆ

อัตราส่วนมวลน้ำต่อ มวลอากาศ	ความเร็วลม (m/s)			
	1.0	1.5	2.0	2.5
	อุณหภูมิอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)			
0.1	28.5	28.7	28.8	29.2
0.3	28.5	28.8	29.0	29.1
0.5	28.6	28.8	28.9	29.2
0.7	28.6	28.9	29.0	29.3

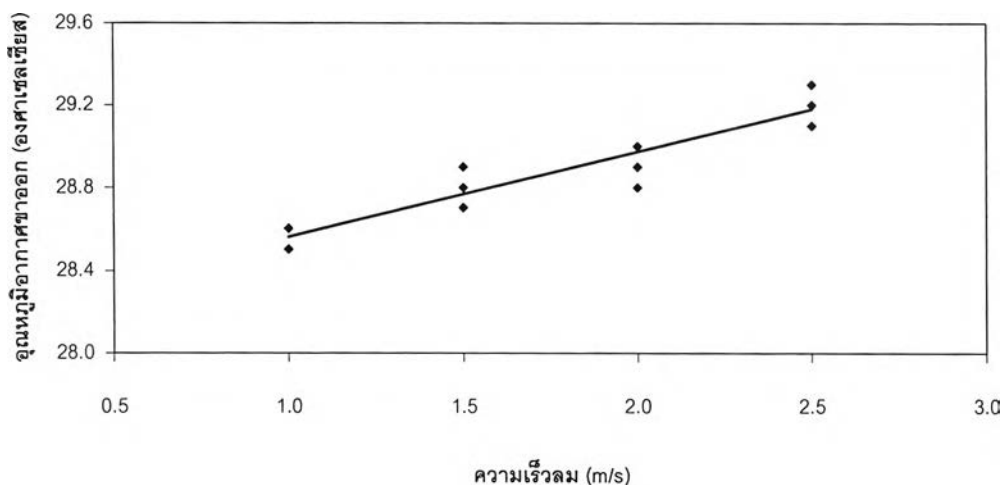
#### 1.2 พิจารณาผลของความเร็วลมที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำค่าต่างๆ

รูปที่ ก.5 – ก.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและความเร็วลม ในกรณีที่ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ ก.5 พบว่า เมื่อความเร็วลมลดลง จะมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากการลดความเร็วลม จะทำให้เวลาที่น้ำสัมผัสกับอากาศ (Contact Time) และแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิอากาศขาออกจึงมีค่าลดลงมากกว่า การใช้ความเร็วลมสูงๆ เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.6 , ก.7 และ ก.8 ซึ่งใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับกราฟรูปที่ ก.5 เช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเร็วลมจะมีผลต่ออุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก

เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและความเร็วลมในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่นำมาเปรียบเทียบกันดังกราฟรูปที่ ก.9 พบว่า เมื่อใช้ความเร็วลมเท่ากัน อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน แม้ว่า จะใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวล

อากาศต่างกัน เมื่อใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและความเร็วลม เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ จะได้ความสัมพันธ์ ดังกราฟรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออก และความเร็วลม ของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหย แบบอะเดียบาติก

### 1.3 พิจารณาผลของความเร็วลมที่มีต่อประสิทธิภาพการอิมตัว ในกรณีที่ใช้ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำค่าต่างๆ

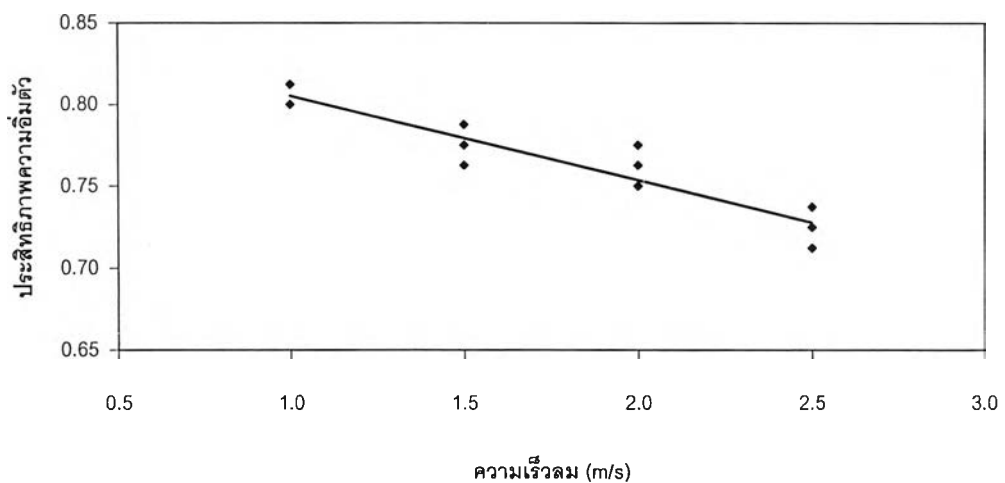
รูปที่ ก.10 - ก.13 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอิมตัวและความเร็วลม ในกรณีที่ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ ก.10 พบว่า เมื่อความเร็วลมลดลง จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการอิมตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากการลดความเร็วลม จะทำให้เวลาที่น้ำสัมผัสกับอากาศ (Contact Time) และแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิอากาศขาออกจึงมีค่าลดลงมากกว่าการใช้ความเร็วลมสูงๆ ทำให้ประสิทธิภาพการอิมตัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.11 , ก.12 และ ก.13 ซึ่งใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับกราฟรูปที่ ก.10 เช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเร็วลมจะมีผลต่อประสิทธิภาพการอิมตัวของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก

ตารางที่ 4.2 ค่าประสิทธิภาพการอิมตัวของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสมัผัสและระเหยโดยตรง  
ในสภาวะการทำงานต่างๆ

กรณีการทดลอง		อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ			
อัตราการไหลเชิงมวล ของอากาศ (kg/min)	ความเร็วลม (m/s)	0.1	0.3	0.5	0.7
		ประสิทธิภาพการอิมตัว			
17.16	1.0	0.8125	0.8125	0.8000	0.8000
25.74	1.5	0.7875	0.7750	0.7750	0.7625
34.33	2.0	0.7750	0.7500	0.7625	0.7500
42.91	2.5	0.7250	0.7375	0.7250	0.7125

เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอิมตัวและความเร็วลมในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่นำมาเปรียบเทียบกันดังกราฟรูปที่ ก.14 พบว่า เมื่อใช้ความเร็วลมเท่ากัน ประสิทธิภาพการอิมตัวจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศต่างกัน เมื่อใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและความเร็วลม เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ จะได้ความสัมพันธ์ ดังกราฟรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอิมตัว และความเร็วลม  
ของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสมัผัสและระเหย แบบอะเดียบาติก

## 2. วิเคราะห์ผลการทดลองของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสม์และระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก

### 2.1 พิจารณาผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก

2.1.1 พิจารณาผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ

รูปที่ ก.15 – ก.30 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ใช้ โดยมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min และมีอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7

จากกราฟ พบว่า ในทุกกรณีเมื่อลดอุณหภูมิน้ำขาเข้าลงจากอุณหภูมิน้ำปกติ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการลดอุณหภูมิน้ำขาเข้า โดยที่อุณหภูมิอากาศขาเข้ามีค่าคงที่ จะทำให้ผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาเข้าและอุณหภูมิน้ำมีมากขึ้น เกิดการถ่ายเทความร้อนสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิน้ำขาเข้ามีผลต่ออุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัสม์และระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก

2.1.2 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากัน โดยใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ

รูปที่ ก.31 – ก.34 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ใช้ โดยมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกราฟจะแสดงผลการทดลองที่ใช้ อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7

เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.31 พบว่า อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ เมื่อลดอุณหภูมิน้ำขาเข้าลงจากอุณหภูมิน้ำปกติ อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าลดลง โดยมีลักษณะการลดลงจากจุดเดียวกัน คือ อุณหภูมิอากาศขาออกเมื่อใช้น้ำที่มีอุณหภูมิ 27 °C (อุณหภูมิน้ำปกติ) เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศขาออกในแต่ละอัตราส่วนน้ำต่อมวลอากาศที่ใช้ จะพบว่า การใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศมากกว่า จะทำให้อุณหภูมิอากาศขาออกลดลงต่ำกว่าการใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีค่าน้อย เนื่องจากการที่

อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศมีค่าสูงกว่า จะมีปริมาณน้ำที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศมากกว่า ดังนั้น อากาศจึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้น้ำได้ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้อากาศขาออกมีอุณหภูมิลดต่ำลงมากกว่า เมื่อพิจารณากราฟรูป ก.32 , ก.33 และ ก.34 ซึ่งใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับกราฟ ก.31 แต่กราฟในรูป ก.34 ซึ่งใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 42.91 kg/min พบว่า ที่อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากับ 0.7 อุณหภูมิอากาศขาออกจะลดลงจากการใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.5 ไม่มาก ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากับ 0.7 ของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศนี้ จะต้องใช้ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในปริมาณที่สูง ซึ่งในขณะที่ทำการทดลองได้สังเกตเห็นว่า ภายในวัสดุฉนวนเปียกมีน้ำไหลเอ่อจำนวนมาก ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้อาจจะมากเกินไปทำให้พื้นที่สัมผัสภายในวัสดุฉนวนเปียกมีค่าน้อยลง การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำและอากาศจึงมีประสิทธิภาพลดลง อุณหภูมิอากาศขาออกจึงมีอุณหภูมิลดลงไม่มากเท่าที่ควร

2.1.3 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน โดยใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศค่าต่างๆ

รูปที่ ก.35 – ก.38 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ใช้ โดยใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกราฟจะแสดงผลการทดลองที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min

เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.35 พบว่า อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ เมื่อลดอุณหภูมิน้ำขาเข้าลงจากอุณหภูมิน้ำปกติ อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้าเท่ากัน อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 0.8 °C โดยผลดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและอากาศในสัดส่วนที่เท่ากัน จะทำให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนมีการเพิ่มหรือลดลงในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันด้วย ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.36 , ก.37 และ ก.38 ซึ่งใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.3 , 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับกราฟที่ ก.35 กล่าวคือ ที่อุณหภูมิน้ำขาเข้าเดียวกันของแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จะมีอุณหภูมิอากาศขาออกที่ใกล้เคียงกัน โดยในกรณีที่ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.3 จะความแตกต่างของ

อุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง  $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.5 จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออก อยู่ในช่วง  $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  และที่อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.7 อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง  $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ผลแสดงดังตารางที่ 4.3

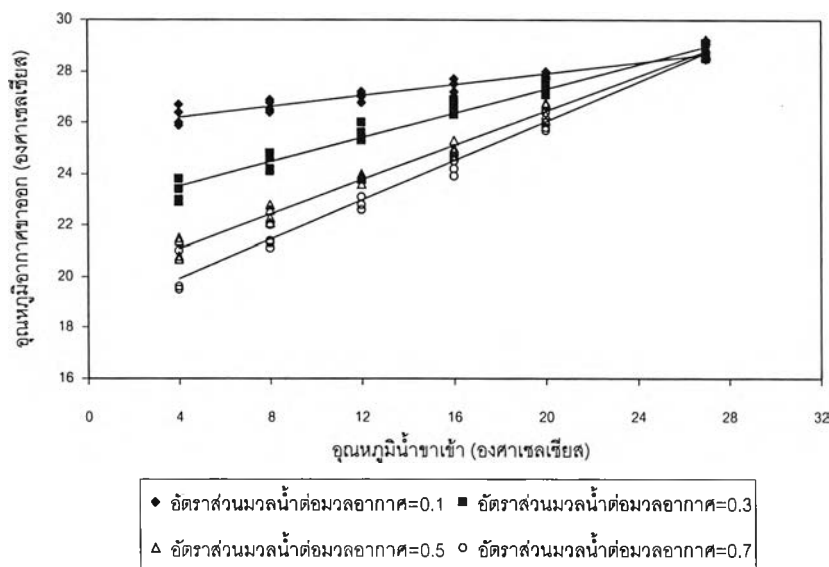
ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก แยกตามอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ

กรณีการทดลอง		อุณหภูมิน้ำขาเข้า (องศาเซลเซียส)				
อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/min)	อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ	4	8	12	16	20
		อุณหภูมิอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)				
17.16	0.1	26.7	26.9	27.1	27.5	27.8
25.74	0.1	26.4	26.8	27.2	27.7	28.0
34.33	0.1	26.0	26.4	26.8	27.2	27.7
42.91	0.1	25.9	26.5	27.0	27.5	27.7
17.16	0.3	23.8	24.8	25.6	26.7	27.3
25.74	0.3	23.4	24.6	26.0	26.9	27.7
34.33	0.3	23.0	24.2	25.6	26.6	27.4
42.91	0.3	22.9	24.1	25.3	26.3	27.1
17.16	0.5	21.4	22.8	23.9	24.9	26.3
25.74	0.5	20.7	22.1	23.6	24.7	26.1
34.33	0.5	20.8	22.3	23.8	25.3	26.8
42.91	0.5	21.5	22.6	24.0	25.0	26.7
17.16	0.7	19.6	21.1	22.6	23.9	25.7
25.74	0.7	19.5	21.3	22.8	24.2	25.8
34.33	0.7	19.6	21.4	23.1	24.5	26.0
42.91	0.7	21.0	22.0	23.8	24.7	26.4

เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและอุณหภูมิน้ำขาเข้าในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่นำมาเปรียบเทียบกันดังกราฟรูปที่ ก.39 พบว่า ถึงแม้จะใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศต่างกัน แต่ถ้าอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน อุณหภูมิอากาศ



ขาออกก็จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เมื่อใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและอุณหภูมิน้ำขาเข้า เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ จะได้ความสัมพันธ์ ดังกราฟรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออก และอุณหภูมิน้ำขาเข้า ในกรณีที่ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ 0.1 , 0.3 ,0.5 และ 0.7

จากการพิจารณาความสัมพันธ์จากกราฟ พบว่า เมื่อต้องการลดอุณหภูมิอากาศขาออกลง 1 °C จะสามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิน้ำขาเข้าลง ซึ่งในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศจะมีปริมาณการลดอุณหภูมิน้ำขาเข้าลงแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการลดอุณหภูมิน้ำขาเข้า เมื่อต้องการลดอุณหภูมิอากาศขาออกลง 1 °C ในแต่ละอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ

อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ	ปริมาณการลดอุณหภูมิน้ำขาเข้า °C
0.1	9.37
0.3	4.23
0.5	2.99
0.7	2.61

## 2.2 พิจารณาผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ ที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก

2.2.1 พิจารณาผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และอุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ

รูปที่ ก.40 – ก.59 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่ใช้ โดยมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min และอุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ 4 , 8 , 12 , 16 และ 20 °C

เมื่อพิจารณาจากกราฟ พบว่า ในทุกกรณี เมื่ออัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศของแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จะทำให้มีปริมาณน้ำขาเข้าเพิ่มมากขึ้น อากาศจึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ น้ำในปริมาณที่สูงขึ้น มีผลทำให้อากาศขาออกมีอุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศจะมีผลต่ออุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก นอกจากนี้ จากกราฟจะสังเกตเห็นว่า การเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศในช่วงหลัง อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีการเปลี่ยนแปลงช้าลง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการที่เพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ แม้จะทำให้อากาศสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ น้ำได้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่เนื่องจากพื้นที่ของวัสดุผิวเปียกมีจำกัด จึงส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนความร่อนระหว่างน้ำและอากาศไม่ดีมากเท่าที่ควร เมื่ออัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศมีค่าสูง อากาศจึงมีอัตราการลดอุณหภูมิช้าลง

2.2.2 เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากัน โดยใช้ อุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ

รูปที่ ก.60 – ก.63 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่ใช้ โดยมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกราฟจะแสดงผลการทดลองที่ใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้าเท่ากับ 4 , 8 , 12 , 16 และ 20 °C

เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.60 พบว่า ในแต่ละอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ใช้ อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ เมื่ออัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละอุณหภูมิ

น้ำซาเข้าที่ใช้ พบว่า การใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้าที่มีค่าต่ำกว่า จะทำให้อากาศขาออกมีอุณหภูมิลดลงมากกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้าที่มีค่าต่ำ จะมีผลต่างของอุณหภูมิของน้ำและอุณหภูมิอากาศซาเข้ามาก จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกลดต่ำลงมากกว่าการใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้าที่มีค่าสูง เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.61 , ก.62 และ ก.63 ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับกราฟรูปที่ ก.60

**2.2.3 เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ในกรณีที่มีอุณหภูมิน้ำซาเข้าเท่ากัน โดยใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศค่าต่างๆ**

รูปที่ ก.64 – ก.68 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศที่ใช้ โดยมีอุณหภูมิน้ำซาเข้าเท่ากับ 4 , 8 , 12 , 16 และ 20 °C ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกราฟจะแสดงผลการทดลองที่ใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 17.16 , 25.74 , 34.33 และ 42.91 kg/min

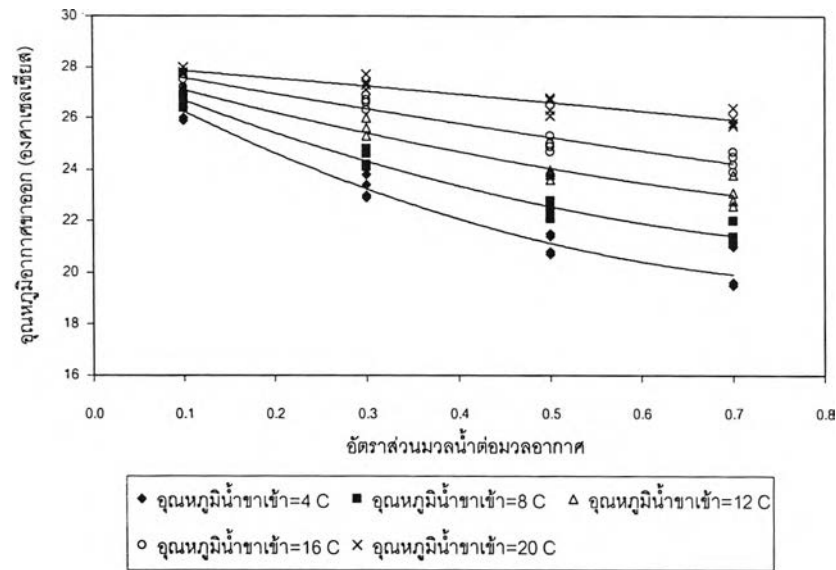
เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.64 พบว่า อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ เมื่ออัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ พบว่า เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 1.5 °C ซึ่งผลดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและอัตราการไหลอากาศในสัดส่วนที่เท่ากัน จะทำให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนมีการเพิ่มหรือลดลงในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.65 , ก.66 , ก.67 และ ก.68 ซึ่งใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้า เท่ากับ 8 , 12 , 16 และ 20 °C ตามลำดับ พบว่า กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับกราฟที่ ก.64 กล่าวคือ ในแต่ละอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน อุณหภูมิอากาศขาออกจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในกรณีที่ใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้า เท่ากับ 8 °C จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 0.9 °C ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้าเท่ากับ 12 °C จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 1.2 °C ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิน้ำซาเข้า เท่ากับ 16 °C จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 0.8 °C และที่อุณหภูมิน้ำซาเข้า เท่ากับ 20 °C จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกอยู่ในช่วง 0.7 °C ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสั้มผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก แยกตามอุณหภูมิน้ำขาเข้า

กรณีการทดลอง		อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ			
อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/min)	อุณหภูมิน้ำขาเข้า (องศาเซลเซียส)	0.1	0.3	0.5	0.7
		อุณหภูมิอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)			
17.16	4	26.7	23.8	21.4	19.6
25.74	4	26.4	23.4	20.7	19.5
34.33	4	26.0	23.0	20.8	19.6
42.91	4	25.9	22.9	21.5	21.0
17.16	8	26.9	24.8	22.8	21.1
25.74	8	26.8	24.6	22.1	21.3
34.33	8	26.4	24.2	22.3	21.4
42.91	8	26.5	24.1	22.6	22.0
17.16	12	27.1	25.6	23.9	22.6
25.74	12	27.2	26.0	23.6	22.8
34.33	12	26.8	25.6	23.8	23.1
42.91	12	27.0	25.3	24.0	23.8
17.16	16	27.5	26.7	24.9	23.9
25.74	16	27.7	26.9	24.7	24.2
34.33	16	27.2	26.6	25.3	24.5
42.91	16	27.5	26.3	25.0	24.7
17.16	20	27.8	27.3	26.3	25.7
25.74	20	28.0	27.7	26.1	25.8
34.33	20	27.7	27.4	26.8	26.0
42.91	20	27.7	27.1	26.7	26.4

เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศในแต่ละอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่นำมาเปรียบเทียบกันดังกราฟรูปที่ ก.69 พบว่า ถึงแม้จะใช้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศต่างกัน แต่ถ้าอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน อุณหภูมิอากาศขาออกก็จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เมื่อใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) เพื่อหาความ

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออกและอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ จะได้ความสัมพันธ์ ดังกราฟรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาออก และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ 4 , 8 , 12 , 16 และ 20 °C

จากการพิจารณาความสัมพันธ์จากกราฟ พบว่า เมื่อต้องการลดอุณหภูมิอากาศขาออกลง 1 °C จะสามารถทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ ซึ่งในแต่ละอุณหภูมิน้ำขาเข้า จะมีปริมาณการเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เมื่อต้องการลดอุณหภูมิอากาศขาออกลง 1 °C ในแต่ละอุณหภูมิน้ำขาเข้า

อุณหภูมิน้ำขาเข้า °C	ปริมาณการเพิ่มอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ
4	0.09
8	0.11
12	0.15
16	0.18
20	0.31

### 3. การสร้างสมการจากผลการทดลอง

#### 3.1 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก คือ ความเร็วลม ในอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบอะเดียบาติก มักจะแสดงสมรรถนะของอุปกรณ์โดยใช้ประสิทธิภาพการอิมตัว ซึ่งจะหาได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการอิมตัว } \varepsilon_e = \frac{T_{db,in} - T_{db,out}}{T_{db,in} - T_{wb}}$$

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอิมตัวและความเร็วลม ในรูปที่ 4.2 เมื่อใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอิมตัวและความเร็วลม ดังสมการ

$$\varepsilon_e = -0.0519(V_a) + 0.8572 \quad \text{เมื่อ } V_a \text{ คือความเร็วลม, } m/s$$

โดยอุณหภูมิอากาศขาออกจะสามารถหาได้จาก

$$T_{db,out} = T_{db,in} - \varepsilon_e(T_{db,in} - T_{wb}) \quad (4.1)$$

เมื่อนำสมการที่สร้างขึ้นไปคำนวณอุณหภูมิอากาศขาออกจากอุปกรณ์เปรียบเทียบกับผลทดลอง ดังแสดงในรูปที่ ก.70 – ก.73 และตารางที่ ก.5 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง  $0.2^{\circ}\text{C}$

นอกจากนี้ เมื่อนำสมการที่ 4.1 นี้ ไปตรวจสอบกับกรณีการทดลองที่เพิ่มเติม นอกเหนือจากการทดลองที่ผ่านมา โดยนำสมการดังกล่าวไปตรวจสอบกับผลการทดลองจากกรณีทดลองเพิ่มเติม ซึ่งใช้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำค้างที่ เท่ากับ  $10 \text{ kg/min}$  ดังนี้

1. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $35^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $54\%rh$   
ความเร็วลม  $1.25 \text{ m/s}$
2. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $35^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $47.5\%rh$   
ความเร็วลม  $2.25 \text{ m/s}$
3. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $35^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $60.3\%rh$   
ความเร็วลม  $2.25 \text{ m/s}$
4. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $33^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $62.2\%rh$   
ความเร็วลม  $1.75 \text{ m/s}$

5. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า 36 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 42.5%rh  
ความเร็วลม 1.75 m/s

เมื่อนำผลการทดลองไปตรวจสอบกับสมการที่ 4.1 ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.7 พบว่าผล  
ที่ได้จากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากผลการคำนวณโดยสมการที่ 4.1 อยู่ในช่วง 0.3 °C

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลการทดลองเพิ่มเติมกับผลการคำนวณด้วยสมการที่ 4.1  
ของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรงแบบอะเดียบาติก

กรณี ทดลอง	อุณหภูมิอากาศ ขาเข้า (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%rh)	ความเร็ว ลม (m/s)	อุณหภูมิอากาศขาออก (°C)		ความคลาด เคลื่อน(°C)
				การทดลอง	การคำนวณ	
1	35	54.0	1.25	28.5	28.7	0.2
2	35	47.5	2.25	27.9	28.0	0.1
3	35	60.3	2.25	29.9	30.0	0.1
4	33	62.2	1.75	28.4	28.2	-0.2
5	36	42.5	1.75	27.5	27.8	0.3

### 3.2 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก

#### สมการทางคณิตศาสตร์จากผลการทดลอง

เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดสร้างเป็นสมการแสดงอุณหภูมิอากาศขาออกของอุปกรณ์ทำ  
ความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก ซึ่งการหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
อุณหภูมิอากาศขาออก อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ และอุณหภูมิน้ำขาเข้า โดยใช้วิธีสมการ  
ถดถอย (Regression) จะได้สมการ ดังนี้

$$T_{db,out} \left( T_w, \frac{m_w}{m_a} \right) = 11.344 \left( \frac{m_w}{m_a} \right)^2 - 0.5063 (T_w) \left( \frac{m_w}{m_a} \right)^2 + 0.8686 (T_w) \left( \frac{m_w}{m_a} \right) - 21.592 \left( \frac{m_w}{m_a} \right) + 0.024 (T_w) + 27.876 \quad (4.2)$$

สมการที่ 4.2 จะแสดงการคำนวณหาอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาออก เมื่อใช้ อุณหภูมิน้ำขาเข้า และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ โดยมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งของ อากาศขาเข้า เท่ากับ  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ  $54\%\text{rh}$

เมื่อนำสมการที่สร้างขึ้นไปใช้คำนวณอุณหภูมิอากาศขาออกจากอุปกรณ์เปรียบเทียบกับ ผลทดลอง ดังแสดงการเปรียบเทียบในรูปที่ ก.74 – ก.77 พบว่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของ อากาศ เท่ากับ  $17.16\text{ kg/min}$  มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่อัตราการไหลเชิงมวลของ อากาศ เท่ากับ  $25.74\text{ kg/min}$  มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่อัตราการไหลเชิงมวลของ อากาศ เท่ากับ  $34.35\text{ kg/min}$  มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  และที่อัตราการไหลเชิงมวลของ อากาศ เท่ากับ  $42.91\text{ kg/min}$  มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ผลแสดงในตาราง ก.6 – ก.9

นอกจากนี้ เมื่อนำสมการที่ 4.2 ไปตรวจสอบกับกรณีการทดลองที่เพิ่มเติม นอกเหนือจาก การทดลองที่ผ่านมา โดยนำสมการดังกล่าวไปตรวจสอบกับผลการทดลองจากกรณีทดลอง ดังนี้

1. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $54\%\text{rh}$  โดยมี
  - อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ  $38.62\text{ kg/min}$   
(ความเร็วลม เท่ากับ  $2.25\text{ m/s}$ )
  - อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ  $0.52$
  - อุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ  $5, 10, 15$  และ  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. ทดลองที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $54\%\text{rh}$  โดยมี
  - อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ  $21.45\text{ kg/min}$   
(ความเร็วลม เท่ากับ  $1.25\text{ m/s}$ )
  - อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศ เท่ากับ  $0.93$
  - อุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ  $5, 10, 15$  และ  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศขาออกที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ 4.3 กับผล การทดลองเพิ่มเติมทั้งสองกรณี ซึ่งแสดงในกราฟรูปที่ ก.78 พบว่า อุณหภูมิอากาศขาออกที่ คำนวณได้จากสมการที่ 4.2 และอุณหภูมิอากาศขาออกจากการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ในช่วง  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ผลแสดงดังตารางที่ 4.8



ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลการทดลองเพิ่มเติมกับผลการคำนวณด้วยสมการที่ 4.2 ของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบสัมผัสและระเหยโดยตรง แบบที่ไม่เป็นอะเดียบาติก

กรณี ทดลอง	อุณหภูมิน้ำขาเข้า (°C)	อุณหภูมิอากาศขาออก (°C)		ความคลาดเคลื่อน (°C)
		การทดลอง	การคำนวณ	
1	5	21.1	21.4	0.3
	10	23	23.1	0.1
	15	25	24.8	-0.2
	20	26.9	26.5	-0.4
2	5	20.1	19.6	-0.5
	10	21.7	21.5	-0.2
	15	23.6	23.5	-0.1
	20	25.9	25.5	-0.4

#### สมการทางคณิตศาสตร์ที่สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ

สมการที่ 4.2 เป็นการทำนายอุณหภูมิอากาศขาออก เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้า และอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศค่าต่างๆ โดยมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาเข้า เท่ากับ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 54%rh แต่ในสภาวะอากาศขาเข้าอื่นๆ อุณหภูมิอากาศขาออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.2 จะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ ก.79 – ก.81 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศขาออก จากการคำนวณด้วยสมการที่ 4.2 ซึ่งใช้อุณหภูมิอากาศขาเข้า 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 54%rh กับผลทดลองที่ใช้สภาวะอากาศขาเข้าต่างๆ กัน โดยมีอัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน พบว่า เมื่อใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากัน กราฟจากการคำนวณด้วยสมการที่ 4.2 และจากผลการทดลองจะมีลักษณะแนวโน้มขนานกัน ซึ่งแสดงว่ามีอัตราการลดลงของอุณหภูมิอากาศขาออกใกล้เคียงกัน

เนื่องจากกราฟมีลักษณะขนานกัน ดังนั้น การทำนายอุณหภูมิอากาศขาออกที่สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ ( $T_{db,in}^*, rh^*$ ) จะสามารถทำได้โดยการใช้อุณหภูมิอากาศขาออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.2 (สภาวะอากาศขาเข้า 35 °C, 54%rh) เป็นอุณหภูมิอากาศอ้างอิง แล้วทำการคำนวณผลต่างอุณหภูมิอากาศขาออก (Temperature Difference) ของสภาวะอากาศขาเข้าอ้างอิง ( $T_{db,out}$ ) และสภาวะอากาศที่เราต้องการหา ( $T_{db,out}^*$ ) โดยเปรียบเทียบที่อุณหภูมิน้ำขาเข้า

เดียวกัน ซึ่งผลต่างอุณหภูมิอากาศขาออก (Temperature Difference) ที่คำนวณได้จะเป็นค่าคงที่ ซึ่งสามารถใช้ได้ในอุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าอื่นๆด้วย โดยเราจะสามารถนำผลต่างอุณหภูมิอากาศขาออกที่คำนวณได้ดังกล่าวมาชดเชยกับอุณหภูมิอากาศขาออกอ้างอิงที่คำนวณจากสมการที่ 4.2 เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้าค่าต่างๆ

โดยอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ใช้คำนวณผลต่างอุณหภูมิอากาศขาออก (Temperature Difference) จะเลือกใช้น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขาเข้าของสภาวะที่เราต้องการหา ( $T_w = T_{wb}^*$ ) เนื่องจากเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนแบบอะเดียบาติก ซึ่งอุณหภูมิอากาศขาออกสามารถคำนวณจากสมการที่ 4.1 โดยใช้ข้อมูลจากสภาวะอากาศขาเข้า และค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัว (Saturation Effectiveness)

ดังนั้น การหาอุณหภูมิอากาศขาออกที่สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ ( $T_{db,out}^*$ ) จะหาได้จาก

$$T_{db,out}^* \left( T_w, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right) = T_{db,out} \left( T_w, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right) - \text{Temperature difference} \quad (4.3)$$

เมื่อ  $T_{db,out}^* \left( T_w, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right)$  คือ อุณหภูมิอากาศขาออก ที่สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ

$T_{db,out} \left( T_w, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right)$  คือ อุณหภูมิอากาศขาออก ที่สภาวะอากาศขาเข้าอุณหภูมิ 35°C ความชื้นสัมพัทธ์ 54%rh ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 4.2

*Temperature difference* คือ ผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาออกเมื่อใช้สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ กับสภาวะอากาศขาเข้าอ้างอิง (สภาวะอากาศขาเข้า 35°C, 54%rh) โดยผลต่างดังกล่าว คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Temperature difference} = T_{db,out} \left( T_{wb}^*, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right) - T_{db,out}^* \left( T_{db,in}^*, T_{wb}^* \varepsilon_e^* \right)$$

เมื่อ  $T_{db,out} \left( T_{wb}^*, \left( \frac{m_w}{m_a} \right) \right)$  คือ อุณหภูมิอากาศขาออกเมื่อใช้สภาวะอากาศขาเข้าอ้างอิง (สภาวะอากาศขาเข้า 35°C, 54%rh) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

ที่ 4.2 โดยใช้อุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ อุณหภูมิกระเปาะเปียก  
ของสภาวะอากาศขาเข้าใดๆ ( $T_{wb}^*$ )

$T_{db,out}^* (T_{db,in}^*, T_{wb}^*, \varepsilon_e^*)$  คือ อุณหภูมิอากาศขาออกเมื่อใช้สภาวะอากาศขาเข้าใดๆ โดยมี  
อุณหภูมิน้ำขาเข้า เท่ากับ อุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งเป็น  
กระบวนการแบบอะเดียบาติก โดยคำนวณได้จากสมการ 4.1  
ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$T_{db,out}^* (T_{db,in}^*, T_{wb}^*, \varepsilon_e^*) = T_{db,in}^* - \varepsilon_e^* (T_{db,in}^* - T_{wb}^*)$$

เมื่อใช้สมการที่ 4.3 คำนวณอุณหภูมิอากาศขาออกเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่  
สภาวะอากาศขาเข้าต่างๆ จากการทดลองดังแสดงในกราฟรูปที่ ก.82 – ก.84 พบว่า อุณหภูมิ  
อากาศขาออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.3 และอุณหภูมิอากาศขาออกจากการทดลองจะมีความ  
คลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง  $0.6 \text{ } ^\circ\text{C}$  ผลแสดงในตารางที่ ก.10 – ก.12

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณางานวิจัยของ J.D. Simmon and B.D.Lott ซึ่งทำการทดลองโดย  
ใช้อัตราส่วนมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากับ 0.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาเข้า เท่ากับ  
32 , 35 และ 38  $^\circ\text{C}$  โดยมีอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ เท่ากับ 21  $^\circ\text{C}$  ประสิทธิภาพการอิมตัว  
เฉลี่ย เท่ากับ 0.718 และทดลองในช่วงอุณหภูมิน้ำขาเข้า 10 – 48.9  $^\circ\text{C}$  ซึ่งผลแสดงดังกราฟรูป  
ที่ ก.85

เมื่อใช้สมการที่ 4.3 คำนวณอุณหภูมิอากาศขาออกเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ดัง  
แสดงให้กราฟรูปที่ ก.86 – ก.88 ซึ่งพบว่า ที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า 32 $^\circ\text{C}$  อุณหภูมิอากาศ  
ออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.3 และจากผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 1.8  $^\circ\text{C}$   
ที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า 35 $^\circ\text{C}$  อุณหภูมิอากาศขาออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.3 และจากผล  
การทดลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.8  $^\circ\text{C}$  และที่อุณหภูมิอากาศขาเข้า 38 $^\circ\text{C}$   
อุณหภูมิอากาศขาออกที่คำนวณได้จากสมการที่ 4.3 และจากผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน  
อยู่ในช่วง 1.6  $^\circ\text{C}$  ผลแสดงในตารางที่ ก.13