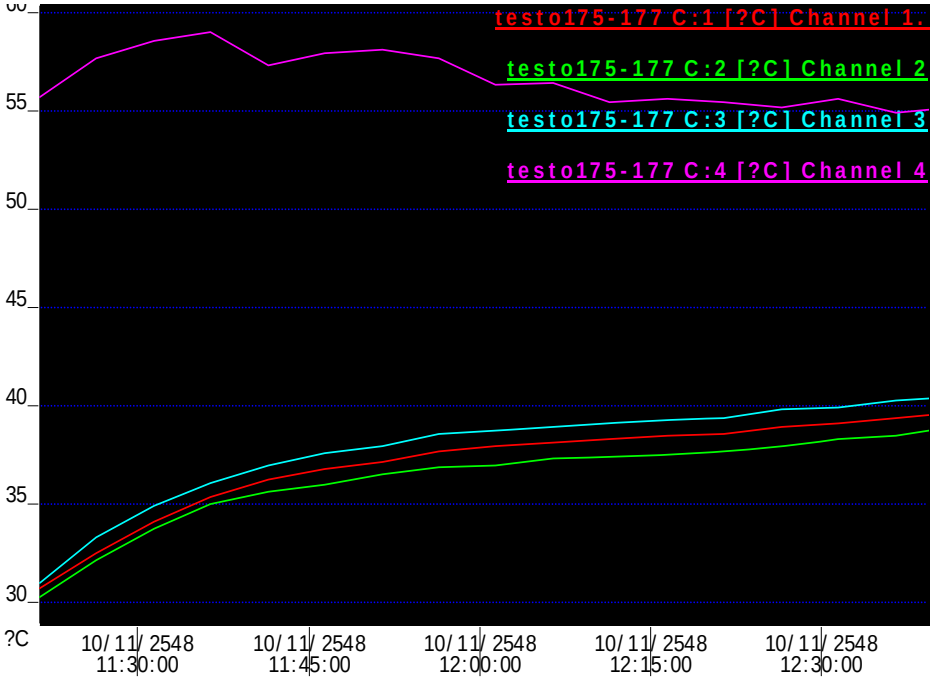
บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากผลของการทดลองเราจะนำผลที่ได้นั้นหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลของเนื้อวัว ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลของการทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียสและความเร็วลมที่ 0.3 เมตร/วินาที

ลำดับ	เวลา	T_1	T_2	T_3	T_a
1	11:21:25	30.7	30.3	31	55.7
2	11:26:25	32.5	32.2	33.3	57.7
3	11:31:25	34.1	33.8	34.9	58.6
4	11:36:25	35.4	35	36.1	59
5	11:41:25	36.3	35.6	37	57.3
6	11:46:25	36.8	36	37.6	57.9
7	11:51:25	37.2	36.5	38	58.1
8	11:56:25	37.7	36.9	38.6	57.7
9	12:01:25	38	37	38.8	56.3
10	12:06:25	38.1	37.3	38.9	56.4
11	12:11:25	38.3	37.4	39.1	55.4
12	12:16:25	38.5	37.5	39.3	55.6
13	12:21:25	38.6	37.7	39.4	55.4
14	12:26:25	38.9	38	39.8	55.2
15	12:31:25	39.1	38.3	39.9	55.6
16	12:36:25	39.4	38.5	40.3	54.9
17	12:41:25	39.7	38.9	40.5	55.2
18	12:46:25	40	39.2	40.7	55.2
19	12:51:25	40.1	39.6	40.9	54.8
20	12:56:25	40.5	40	41.1	55.1
21	13:01:25	40.6	40.3	41.3	54.5
22	13:06:25	40.8	40.6	41.5	54.6
23	13:11:25	41	40.9	41.7	54.4
24	13:16:25	41.4	41.4	41.8	55.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

นำผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลได้ดังนี้

ค่า h คำนวณได้ดังสมการ

$$k_b(\partial T/\partial x) = h_x 0.5\,(T_a - T_{s3}) \tag{4.1}$$

$$k_b(\partial T/\partial x) = h_y 0.5\,(T_a - T_{s2}) \tag{4.2}$$

ดังนั้นจะได้ $$h = (h_x^{\,2} + h_y^{\,2})^{1/2} \tag{4.3}$$

จากผลการทดลองจะได้ (T_2 และ T_3 คิดที่อุณหภูมิสุดท้ายของผลการทดลอง)

$T_a = 55\,^{\circ}C$ $T_2 = 41.4\,^{\circ}C$ $T_3 = 41.8\,^{\circ}C$

$= 273.15+55$ $= 273.15+41.4$ $= 273.15+41.8$

$= 328.15\ K$ $= 314.55\ K$ $= 314.94\ K$

แทนค่าในสมการที่ 4.1 จะได้

$$0.48\ (W/m\ K)1(K/m) = h_x 0.5\,(328.15\ K - 314.94\ K)$$

ดังนั้น $$h_x = 0.0727\ W/m^2\ K$$

แทนค่าในสมการที่ 4.2 จะได้

$$0.48\ (\text{W/m K})1(\text{K/m}) = h_y 0.5\ (328.15\ \text{K} - 314.55\ \text{K})$$

ดังนั้น $h_y = 0.0706\ \text{W/m}^2\text{K}$

แทนค่าในสมการที่ 3 จะได้

$$h = (0.0727^2 + 0.0706^2)^{1/2}$$

$$h = 0.1010\ \text{W/m}^2\text{K}$$

และค่า K สามารถหาได้ดังสมการ

$$h/K = c_p\,(Sc/Pr)^a \qquad (4.4)$$

$a = 2/3$ (อ้างอิงจากการวิจัยของ Tocci)

$c_p = 3139.9\ \text{J/kg K}$

$Sc = (\mu_a / \rho_a D_a)$

$= (1.975\text{x}10^{-5} / (1.065 \text{ x} 3.55\text{x}10^{-5}))$

$= 0.522$

$Pr = (c_{pa}\ \mu_a / k_a)$

$= (999.57\text{x}1.975\text{x}10^{-5}) / 0.0284$

$= 0.697$

$Re = (v_a d \rho_a / \mu_a)$

$= (0.3\text{x}0.3\text{x}1.065)/1.975\text{x}10^{-5}$

$= 4.853\text{x}10^3$

ซึ่งค่า k_a, ρ_a, D_a, μ_a , c_{pa} คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$k_a = \frac{2.646 \times 10^{-3}\ T_a^{1..5}}{T_a + 245.4 \times 10^{(-12/Ta)}}$$

$$= \frac{2.646 \times 10^{-3}\ 328.15^{1..5}}{328.15 + 245.4 \times 10^{(-12/328.15)}}$$

$= 0.0284\ \text{kg/m K}$

$$\rho_a = \frac{349.43}{T_a}$$

$$= \frac{349.43}{328.15}$$

$$= 1.065 \text{ kg/m}^3$$

$$D_a = 1.4047 \times 10^{-9} T_a^{1.75}$$

$$= 1.4047 \times 10^{-9} 328.15^{1.75}$$

$$= 3.55 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mu_a = \frac{1.458 \times 10^{-6} T_a^{1.5}}{T_a + 110.4}$$

$$= \frac{1.458 \times 10^{-6} 328.15^{1.5}}{328.15 + 110.4}$$

$$= 1.975 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$$

$$c_{pa} = (1025.75+0.07724T_a+1.488\times10^{-5}T_a^{2}- \frac{5.7135\times10^{6}}{T_a^{2}})$$

$$= (1025.75+0.07724(328.15)+1.488\times10^{-5}(328.15)^{2}- \frac{5.7135\times10^{6}}{(328.15)^{2}})$$

$$= 999.57 \text{ J/kg K}$$

แทนค่าในสมการที่ 4.4

จะได้ $K = h / c_p (Sc/Pr)^a$

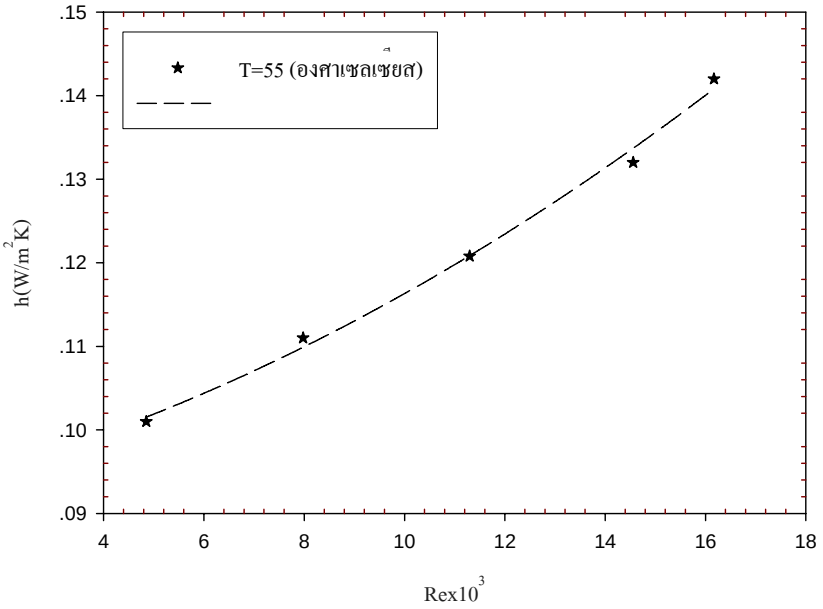
$K = 0.1010(W/m^2 K) / (3139.9 (J/kg K)) x(0.522/ 0.697)^{2/3}$

$= 1.720\times10^{-4} \text{ kg / m}^2\text{s}$

ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลของเนื้อวัวที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส ทั้งหมดที่ทำการทดลองได้ผลตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลของเนื้อวัวที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส

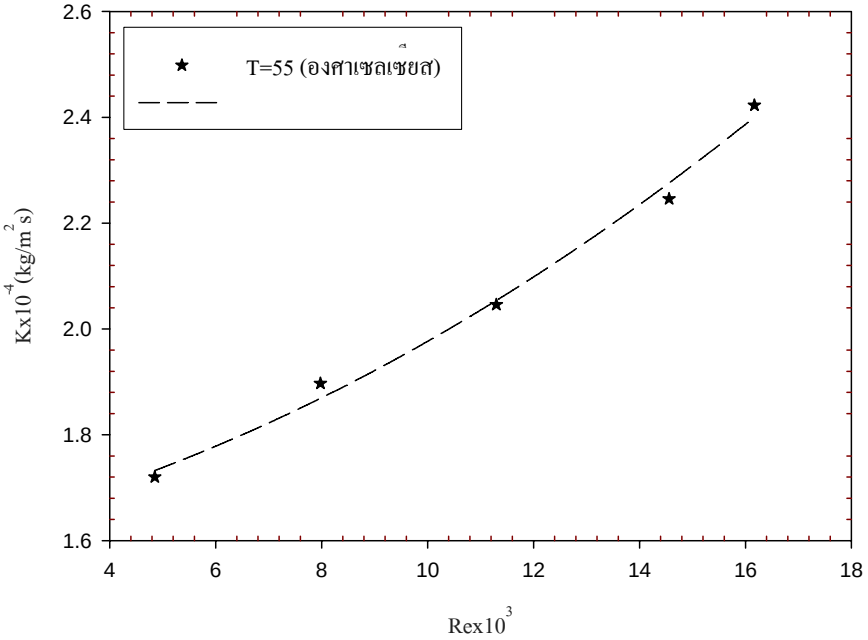
V (m/s)	Re	h (W / m^2 K)	K (kg / m^2s)
0.3	$4.853x10^3$	0.1010	$1.720x10^{-4}$
0.5	$7.980x10^3$	0.1110	$1.897x10^{-4}$
0.7	$11.300x10^3$	0.1208	$2.046x10^{-4}$
0.9	$14.560x10^3$	0.1320	$2.246x10^{-4}$
1.0	$16.170x10^3$	0.1420	$2.423x10^{-4}$



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับ Reynolds Number ที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส

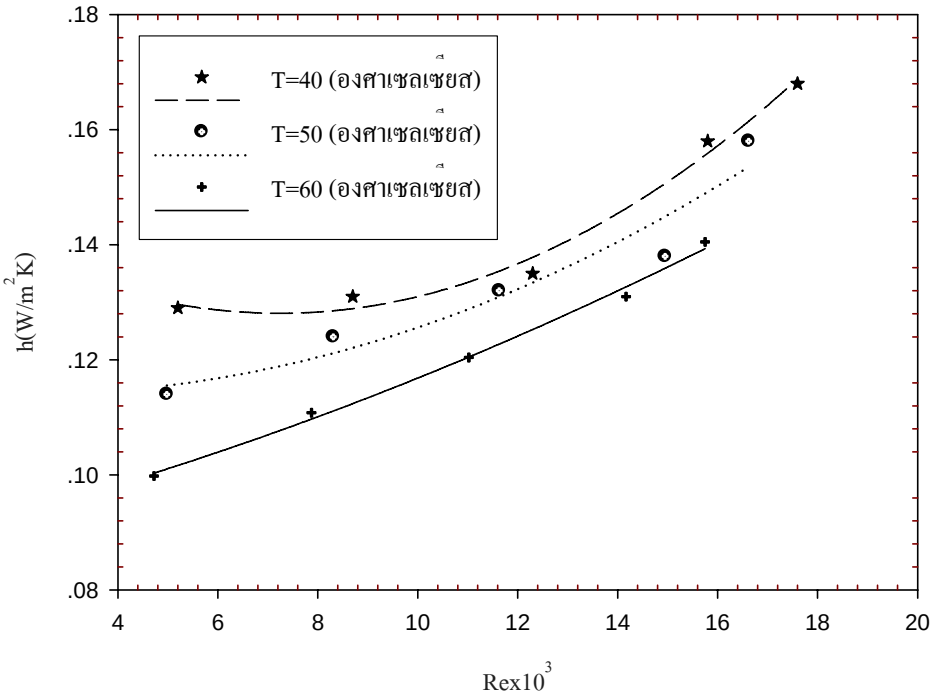
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มความเร็วลมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น ลักษณะ

การไหลนั้นจะเป็นแบบเทอร์บิวเลนท์ที่มี Reynolds Number เริ่มต้นที่ 4853 – 16170 ซึ่งกราฟจะมีลักษณะเป็นรูปพาราโบลาหงาย ซึ่งหมายความว่าความเร็วลมนั้นมีผลอย่างยิ่งในการเพิ่มของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล
กับ Reynolds Number ที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส

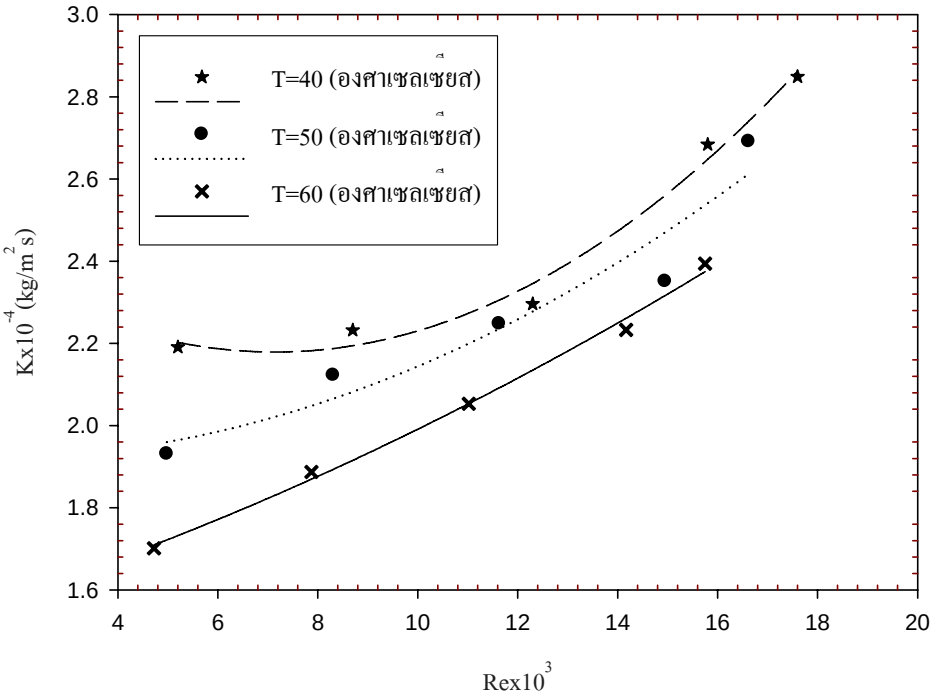
จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิคงที่ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มความเร็วลมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลก็เพิ่มเพิ่มขึ้นตามไปรวมไปถึงลักษณะของกราฟที่เป็นแบบพาราโบลาหงาย ด้วยเหตุนี้จึงแสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจะแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับ Reynolds Number ที่อุณหภูมิคงที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิคงที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น แม้ว่าค่าของอุณหภูมินั้นจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆก็ตามซึ่งจากรูปที่ 4.4 ที่อุณหภูมิที่มีค่าน้อยกว่าจะมีค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่านั้นเนื่องจากสมการที่คำนวณจากการทดลองนั้นจะแปรผันตามกับอุณหภูมิที่กำหนดในการทดลอง จึงทำให้ค่าที่มีอุณหภูมิน้อยนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่าในการทดลอง จากอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะของกราฟนั้นเป็นพาราโบลามากกว่าที่อุณหภูมิที่ 50 และ60 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสนั้นจะมีช่วงระยะของความห่างของค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแคบกว่า อุณหภูมิที่ 50 และ60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีช่วงของความห่างของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสม่ำเสมอกว่า ณ ที่ความเร็วลมที่กำหนดไว้เท่ากันและจากกราฟของการทดลองจะเห็นว่าจะใช้ความเร็วลมที่เท่ากัน แต่เมื่อดูกราฟแล้วทำไมค่าของ Reynolds Number ของแต่ละจุดนั้นไม่เท่ากันนั้นเป็นเพราะว่าค่าของ Reynolds Number จะแปรผันตามอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิที่มีค่าสูงจะมีค่าของ Reynolds Number ต่ำกว่าอุณหภูมิที่มีค่าต่ำกว่า และที่เห็นจุดหนึ่งของกราฟที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยไปจาก

ความเป็นจริงที่จะต้องมีค่ามากกว่าจุดที่มีค่าของ Reynolds Number ต่ำกว่า นั้นเป็นเพราะว่าในการทดลองในจุดนั้นเกิดข้อผิดพลาดไปหมายความว่าการทดลองในจุดนั้นอาจใช้ค่า ความเร็วลมต่ำกว่าที่กำหนดไว้ซึ่งอาจเป็นเพราะปรับค่าของความเร็วลมผิดพลาดไปจึงทำให้เกิดผลเป็นแบบนี้



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลกับ Reynolds Number ที่อุณหภูมิคงที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิคงที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มความเร็วลมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นแม้ว่าค่าของอุณหภูมินั้นจะเพิ่มขึ้นก็ตามซึ่งจากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วยและจากรูปที่ 4.5 อุณหภูมิที่มีค่าน้อยกว่าจะมีค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลมากกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่านั้นเนื่องจากสมการที่คำนวณจากการทดลองนั้นจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง จึงแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจะแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งเห็นได้จากรูปที่ 4.5 จะมีลักษณะของกราฟเช่นเดียวกันกับกราฟของรูปที่ 4.4