

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยทดสอบชุดทดลองจากการหาค่าความหนืดของของเหลวที่ทราบค่าความหนืดคือ น้ำกลั่น

ส่วนที่ 2 ผลการทดลองหาค่าความหนืดของเหลวจากชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล

ตอนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ น้ำหวานสีแดงตราเฮลซ์บรูยผสมน้ำอัตราส่วน 1: 3 โดยปริมาตรและนมสดรสหวาน พาสเจอร์ไรส์ตราเมจิ

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ความเหมาะสมของชุดทดลอง คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูกับเนื้อหาจากคุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์มาตราส่วนประมาณค่าความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหา จากความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 1 ผลการพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว

ในการพัฒนาชุดทดลองการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ผู้วิจัยได้ออกแบบพัฒนาชุดทดลอง โดยกำหนดให้การไหลของของเหลวผ่านท่อกลมเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) โดยอัตราเร็วของของเหลวมีค่ามากที่สุดบริเวณกลางท่อและอัตราเร็วเป็นศูนย์ที่ผนังท่อ จะได้อัตราการไหลภายในท่อจากบริเวณ $r = 0$ ไปยัง $r = R$ ตามสมการของปัวเซย์ (Poiseuille's equation) ดังสมการที่ (4-1)

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot R^4}{8\eta L} \quad (4-1)$$

เมื่อให้ Q แทนอัตราการไหลของของเหลว $\left(\frac{dV}{dt}\right)$ ที่มีความหนืดคงที่ ไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวจะมีค่าคงที่ ดังสมการที่ (4-2)

$$\frac{Q}{h} = \frac{\pi \rho g R^4}{8 \eta L} = \text{ค่าคงที่} \quad (4-2)$$

อัตราการไหล (Q) กับระดับความสูงของของเหลว (h) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยอัตราการไหลจะแปรผันตรงกับระดับความสูง เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์โดยให้แกนนอนคือ ระดับความสูงของของเหลว แกนตั้งคือ อัตราการไหล ความชันของกราฟหาได้ดังสมการที่ (4-3) และมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของของเหลวดังสมการที่ (4-4) (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป.)

$$\text{Slope} = \frac{\Delta Q}{\Delta h} \quad (4-3)$$

$$\text{Slope} = \frac{\pi \rho g R^4}{8 \eta L} \quad (4-4)$$

การหาค่าความหนืดจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของเหลวกับระดับความสูงของของเหลวสามารถเขียนดังสมการที่ (4-5) และหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของชุดทดลอง (%Error) ดังสมการที่ (4-6)

$$\eta = \frac{\pi \rho g R^4}{8 L (\text{slope})} \quad (4-5)$$

$$\text{ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\% \quad (4-6)$$

ลักษณะของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นแสดงในภาพที่ 4-1 ประกอบด้วย ถังบรรจุของเหลวใหญ่ใช้เพื่อเติมของเหลวให้แก่ระบบตลอดเวลา ถังบรรจุของเหลวเล็กที่สามารถรักษาระดับของของเหลวให้

กึ่งที่ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เซนติเมตร มีวาล์วเปิด-ปิด เพื่อระบายของเหลวให้ไหลสู่หลอดแก้วทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เพื่อหาอัตราการไหลของของเหลว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4-1 ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น



ภาพที่ 4-2 การทดสอบชุดทดลองโดยใช้น้ำกลั่นเป็นของเหลวในการทดสอบ



ภาพที่ 4-3 การไหลของน้ำกลั่นผ่านหลอดแก้วทดลอง



ภาพที่ 4-4 อุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง บีกเกอร์ขนาด 1,000 mL



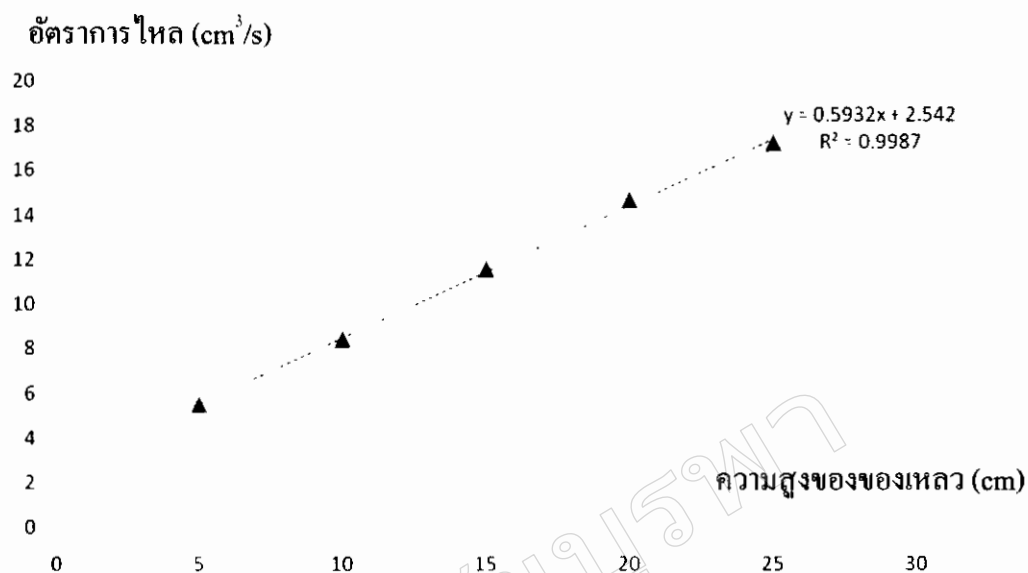
ภาพที่ 4-5 อุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง

ผลการทดสอบชุดทดลอง

การทดสอบชุดทดลองหาโดยใช้ชุดทดลองวัดอัตราการไหลและหาค่าความหนืดของน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้หลอดแก้วที่มีความยาวต่างกัน 3 ขนาดคือ 25 50 และ 75 เซนติเมตร ทดลองหาอัตราการไหลจากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรเฉลี่ยของของเหลวต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน ได้แก่ 5 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร โดยปล่อยของเหลวเป็นเวลา 30 วินาที แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลว นำความชันของกราฟมาคำนวณค่าความหนืด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่นำมาอ้างอิง (Liggett, 1994) พร้อมทั้งหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของชุดทดลอง ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของน้ำกลั่นที่ระดับความสูงต่างกันจากหลอดแก้ว
ขนาดความยาว 25 เซนติเมตร

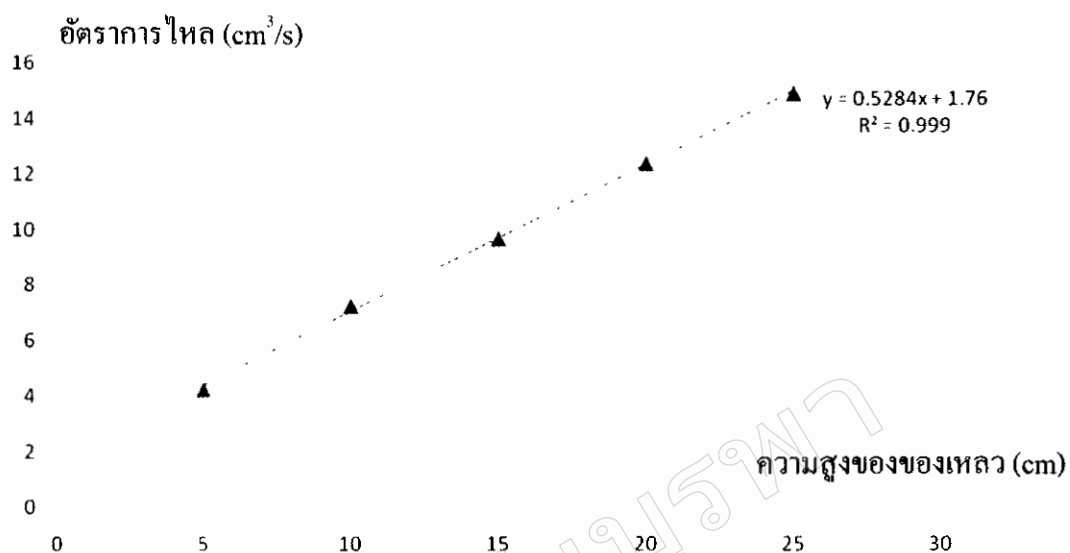
ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm ³) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm ³ /s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	165	164	164	164	163	164.0	5.47
10	252	252	252	250	251	251.4	8.38
15	346	346	346	346	347	346.2	11.54
20	439	438	440	440	439	439.2	14.64
25	515	515	515	515	516	515.2	17.17



ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำกลั่นจากหลอดแก้วขนาดความยาว 25 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของน้ำกลั่นที่ระดับความสูงต่างกันจากหลอดแก้วขนาดความยาว 50 เซนติเมตร

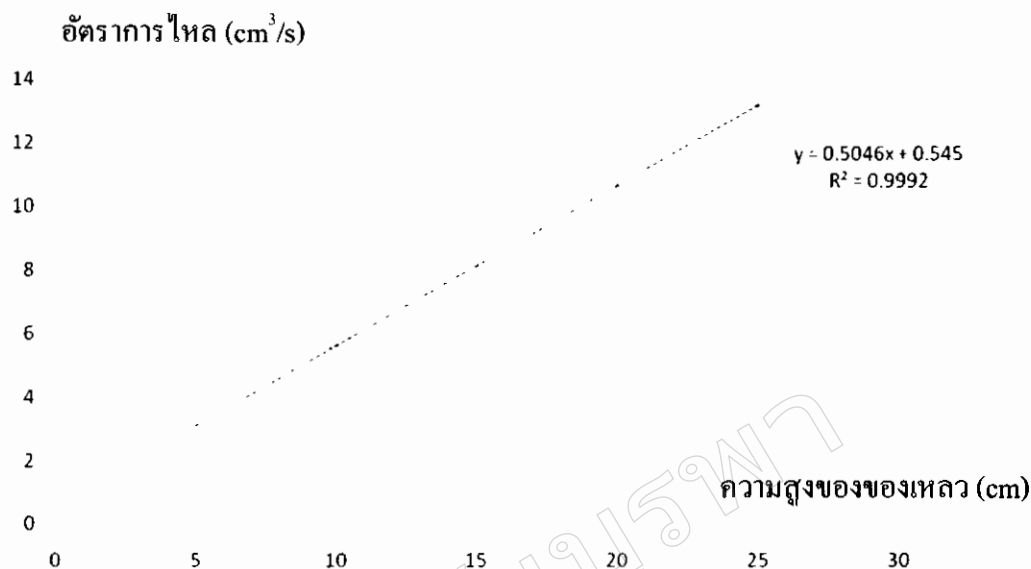
ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm^3) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm^3/s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	127	128	127	128	127	127.4	4.25
10	217	218	217	217	217	217.2	7.24
15	291	290	290	289	291	290.2	9.67
20	371	372	371	372	371	371.4	12.38
25	447	448	446	446	447	446.8	14.89



ภาพที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำกลั่นจากหลอดแก้วขนาดความยาว 50 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของน้ำกลั่นที่ระดับความสูงต่างกันจากหลอดแก้วขนาดความยาว 75 เซนติเมตร

ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm^3) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm^3/s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	97	97	97	96	97	96.8	3.23
10	180	181	180	180	181	180.4	6.01
15	247	248	248	247	247	247.4	8.25
20	325	326	325	326	325	325.4	10.85
25	402	403	402	402	402	402.2	13.41



ภาพที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำกลั่นจากหลอดแก้วขนาดความยาว 75 เซนติเมตร

จากภาพที่ 4-6 เมื่อใช้หลอดแก้วทดลองขนาดความยาว 25 เซนติเมตรได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวเป็นลักษณะเชิงเส้น โดยมีสมการเป็น $y = 0.5932x + 2.542$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.5932 \text{ cm}^2/\text{s}$ เมื่อนำมาคำนวณค่าความหนืดตามสมการที่ (4-5) และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนตามสมการที่ (4-6) ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $2.071 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคือ $0.801 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 158.51

จากภาพที่ 4-7 เมื่อใช้หลอดแก้วทดลองขนาดความยาว 50 เซนติเมตรได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวเป็นลักษณะเชิงเส้น โดยมีสมการเป็น $y = 0.5284x + 1.76$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.5284 \text{ cm}^2/\text{s}$ เมื่อนำมาหาค่าความหนืด พบว่า ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $1.162 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน คือ $0.801 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 45.11

จากภาพที่ 4-8 เมื่อใช้หลอดแก้วทดลองขนาดความยาว 75 เซนติเมตรได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวเป็นลักษณะเชิงเส้น โดยมีสมการเป็น $y = 0.5046x + 0.545$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.5046 \text{ cm}^2/\text{s}$ เมื่อนำมาหาค่าความหนืดพบว่า ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $0.811 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคือ $0.801 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ พบว่า

ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.30 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองโดยใช้หลอดแก้วที่มีความยาวต่างกัน 3 ขนาดได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของน้ำกลั่นเมื่อใช้หลอดแก้วความยาวต่าง ๆ กัน

ความยาวหลอดแก้ว (cm)	Slope (cm ² /s)	η (mPa·s)	%Error
25	0.5932	2.071	158.51
50	0.5284	1.162	45.11
75	0.5046	0.811	1.30

จากตารางที่ 4-4 พบว่า หลอดแก้วความยาว 75 เซนติเมตร ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของความหนืดของน้ำกลั่นน้อยที่สุด โดยค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 1.30 ส่วนความยาว 25 และ 50 เซนติเมตร มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 158.51 และ 45.11 ตามลำดับ ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองมีค่าสูงเนื่องจาก หลอดแก้วที่มีความยาวน้อย ของเหลวจะใช้เวลาในการไหลผ่านหลอดแก้วเป็นช่วงสั้น ๆ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการไหลของของเหลวมากขึ้น

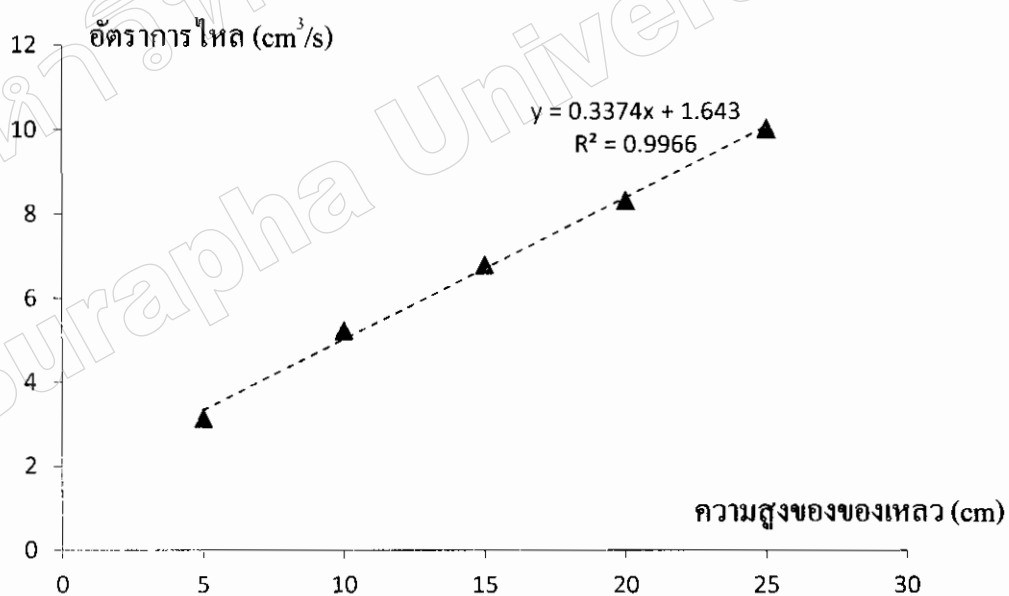
จากผลการทดสอบชุดทดลองพบว่า ชุดทดลองที่ใช้หลอดแก้วความยาว 75 เซนติเมตร ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด ดังนั้นหลอดแก้วความยาว 75 เซนติเมตร มีความเหมาะสมกับชุดทดลองนี้

ส่วนที่ 2 ผลการทดลองหาค่าความหนืดของเหลวจากชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 1 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล ทดลองหาอัตราการไหลจากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ระดับความสูงต่างกัน แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำความชันของกราฟมาคำนวณค่าความหนืด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่นำมาอ้างอิง (Sayers, 1992) พร้อมทั้งหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของชุดทดลองได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวลที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน

ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm ³) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm ³ /s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	94.1	94.3	94.2	94.2	94.4	94.2	3.14
10	156.5	157.0	156.8	157.0	157.0	156.9	5.23
15	204.0	204.2	204.0	203.9	204.0	204.0	6.80
20	249.2	249.5	250.0	249.6	249.6	249.6	8.32
25	301.0	300.6	301.5	300.5	301.0	300.9	10.03



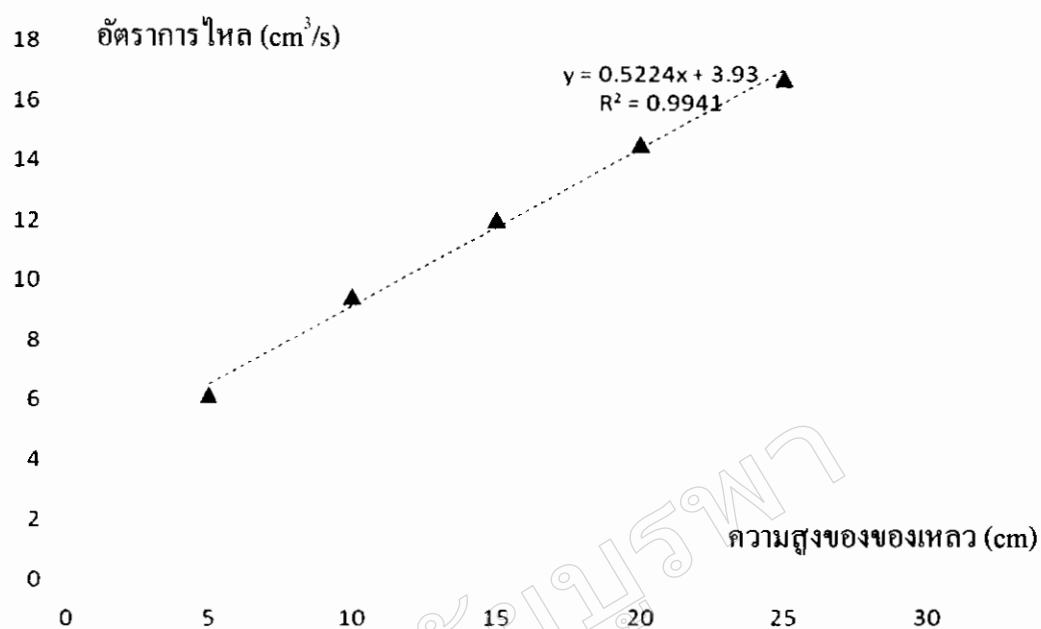
ภาพที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล

จากภาพที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวเป็นลักษณะเชิงเส้น โดยมีสมการเป็น $y = 0.3374x + 1.643$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.337 \text{ cm}^3/\text{s}$ และความหนาแน่นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวลเท่ากับ 1.18 g/cm^3 เมื่อนำมาคำนวณค่าความหนืดของตามสมการของปัวเซย์ ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $1.438 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคือ $1.463 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.73

ตอนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ น้ำหวาน และนม ผู้วิจัยใช้น้ำหวานสีแดงตราเฮลซ์บรูยผสมน้ำอัตราส่วน 1 : 3 โดยปริมาตรและใช้นมสตรสหวานฟาสเจอร์ไรซ์ตราเมจิ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของน้ำหวานที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน

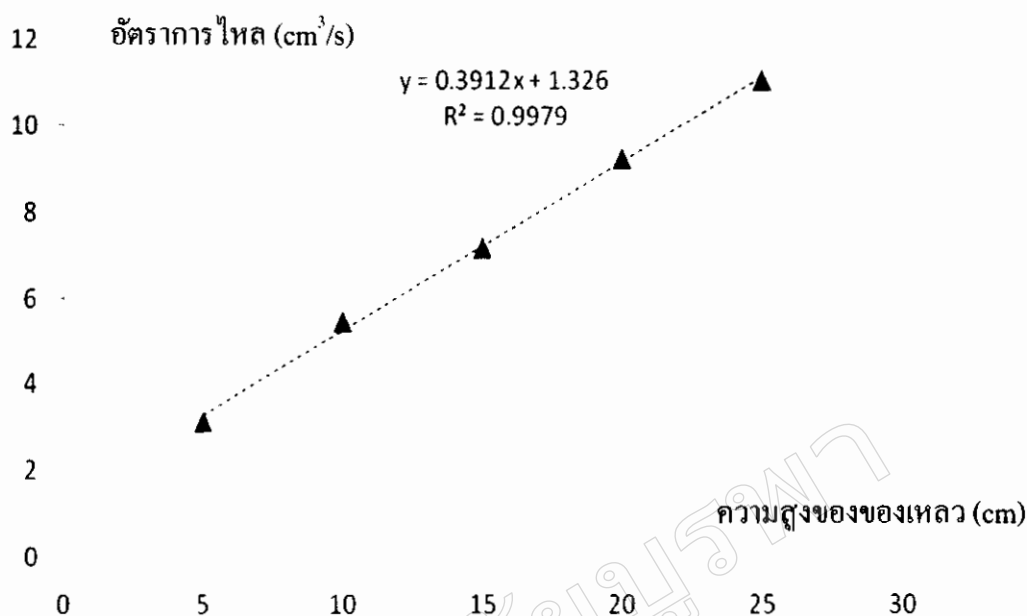
ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm^3) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm^3/s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	185.3	184.5	184.4	185	184.5	184.7	6.16
10	283.4	283.4	283.5	283.9	283.5	283.6	9.45
15	361.4	358.6	360.6	360.6	362.5	360.7	12.02
20	434.9	435.4	435.4	435.7	435.6	435.4	14.51
25	500.5	500.5	500.8	500.7	500.9	500.7	16.69



ภาพที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำหวาน

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองวัดอัตราการไหลของนมที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน

ความสูง (cm)	ปริมาตร (cm^3) เมื่อเวลา 30 วินาที						อัตรา การไหล (cm^3/s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
5	93.9	93.8	94.0	94.0	94.0	93.94	3.13
10	163.0	163.4	163.5	163.6	164.0	163.50	5.45
15	214.0	214.2	215.0	214.5	215.0	214.54	7.15
20	276.5	276.0	276.5	275.5	276.8	276.26	9.21
25	330.5	331.0	331.0	331.0	330.5	330.80	11.03



ภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของนม

จากภาพที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำหวานเป็นลักษณะเชิงเส้นโดยมีสมการเป็น $y = 0.5224x + 3.93$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.5224 \text{ cm}^2/\text{s}$ ความหนาแน่นของน้ำหวานเท่ากับ 1.10 g/cm^3 เมื่อนำมาคำนวณค่าความหนืดของน้ำหวานตามสมการของปัวเซย์ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $0.865 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

จากภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของนมเป็นลักษณะเชิงเส้นโดยมีสมการเป็น $y = 0.3912x + 1.326$ ซึ่งมีความชันเท่ากับ $0.3912 \text{ cm}^2/\text{s}$ ความหนาแน่นของนมเท่ากับ 1.05 g/cm^3 เมื่อนำมาคำนวณค่าความหนืดของนมตามสมการของปัวเซย์ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $1.102 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินชุดทดลอง

ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาโดยแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ความเหมาะสมของชุดทดลอง

คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูกับเนื้อหา จากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์มาตราส่วนประมาณค่าความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหา

จากความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่ม

ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC 3 ด้านคือ ด้านประสิทธิภาพของชุดทดลอง ด้านการออกแบบพัฒนาชุดทดลองและด้านความเหมาะสมของกลุ่มปฏิบัติการสำหรับครู โดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ความเหมาะสมของชุดทดลองจากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

ด้านที่	รายการความคิดเห็น	ดัชนี IOC
1	ด้านประสิทธิภาพการทดลอง	0.85
2	ด้านการพัฒนาชุดทดลอง	0.88
3	ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู	0.85
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน		0.86

จากตารางที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ในด้านประสิทธิภาพการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85 ในด้านการพัฒนาชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 ในด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85 ซึ่งค่าเฉลี่ยของดัชนี IOC ทั้ง 3 ด้านมากกว่าเกณฑ์ 0.50

สรุปผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.86 ซึ่งสูงกว่า 0.50 ซึ่งถือว่าชุดทดลองนี้มีความสอดคล้องตามเกณฑ์ IOC

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โดยใช้ความคิดเห็นของนักเรียน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยการวิเคราะห์มาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีการของลิเคอร์ท 5 ระดับ ซึ่งประชากรเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย จะเชิงเทรา จำนวน 120 คน กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้จากนักเรียนที่เข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองตามความสมัครใจจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ของประชากร

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

ด้านที่	รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเห็น
1	ด้านการพัฒนาชุดทดลอง	4.61	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2	ด้านใบความรู้	4.61	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3	ด้านใบงานการทดลอง	4.59	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน		4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตารางที่ 4-9 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ในด้านการพัฒนาชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่ง ในด้านใบความรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่ง และในด้านใบงานการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่ง

สรุปผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 4.60 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่งกับชุดทดลองนี้