



ผลการทดลองและการคำนวณ

ผลการทดลองที่จะนำมารายงานต่อไปนี้ได้จากการทำการวัดค่าต่างๆ ซ้ำกันหลายๆ ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ใกล้เคียงกันอย่างน้อย 3 ครั้งมาเฉลี่ย

ผลการทดลองและการคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของ โมเมนต์

1. ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของกรคน้ำส้ม แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

ปริมาตรที่ปรากฏ ( $V_{app}$ ) ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ สามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการ (2.51)

$$V_{app} = V_1 = (d_2 V_2 + d_3 V_3) / d_1$$

ส่วนปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงเมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้นต่างๆ หาได้โดยอาศัยสมการ (2.52)

$$\% V_{ch} = 100 [V_1 - (V_2 + V_3)] / (V_2 + V_3)$$

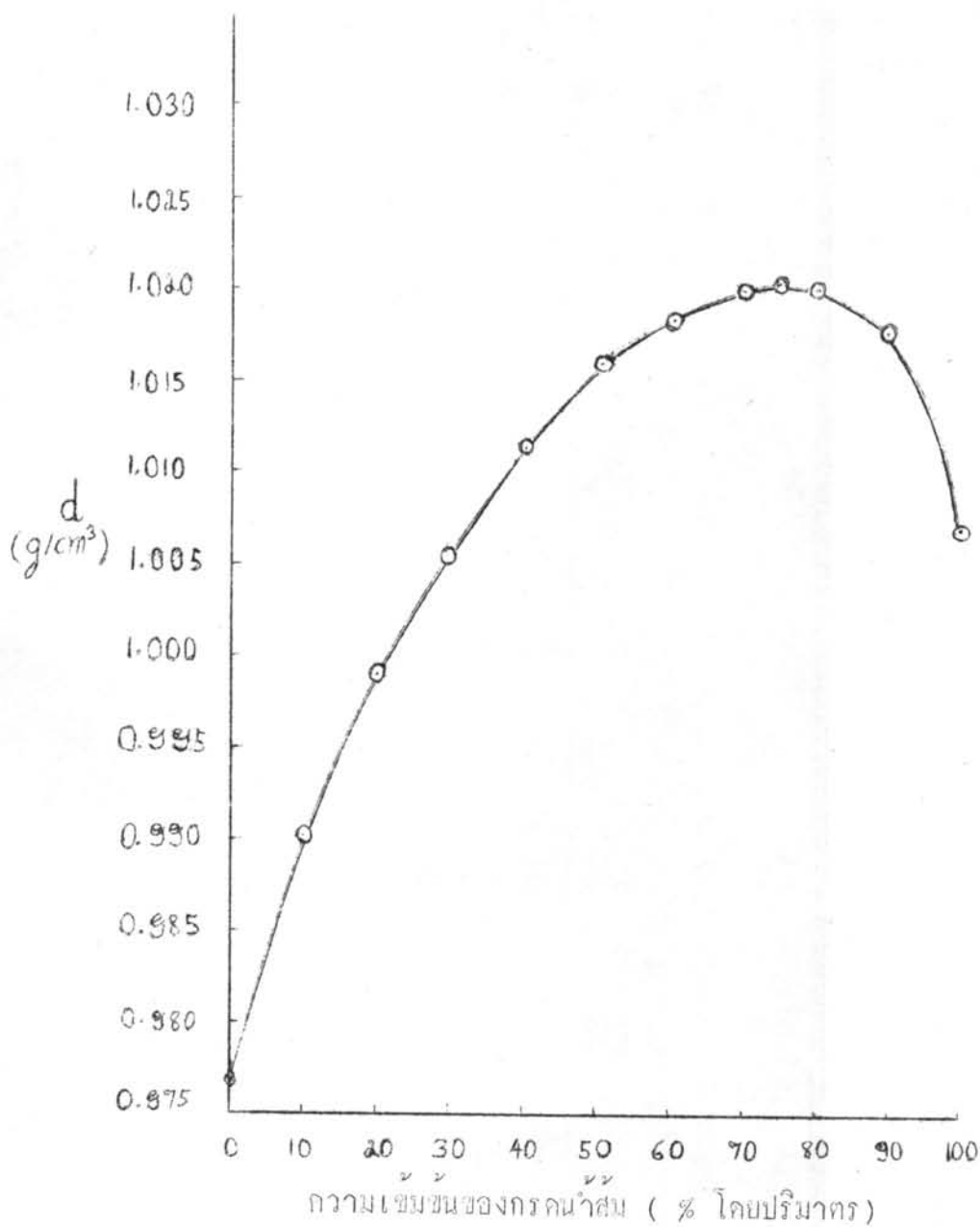
ผลของการคำนวณหาค่า  $V_{app}$  และ  $\% V_{ch}$  ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรที่ปรากฏและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงกับความเข้มข้นของกรคน้ำส้มได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่น ( $d$ ) ของกรกน้าส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศา-  
- เซลเซียส

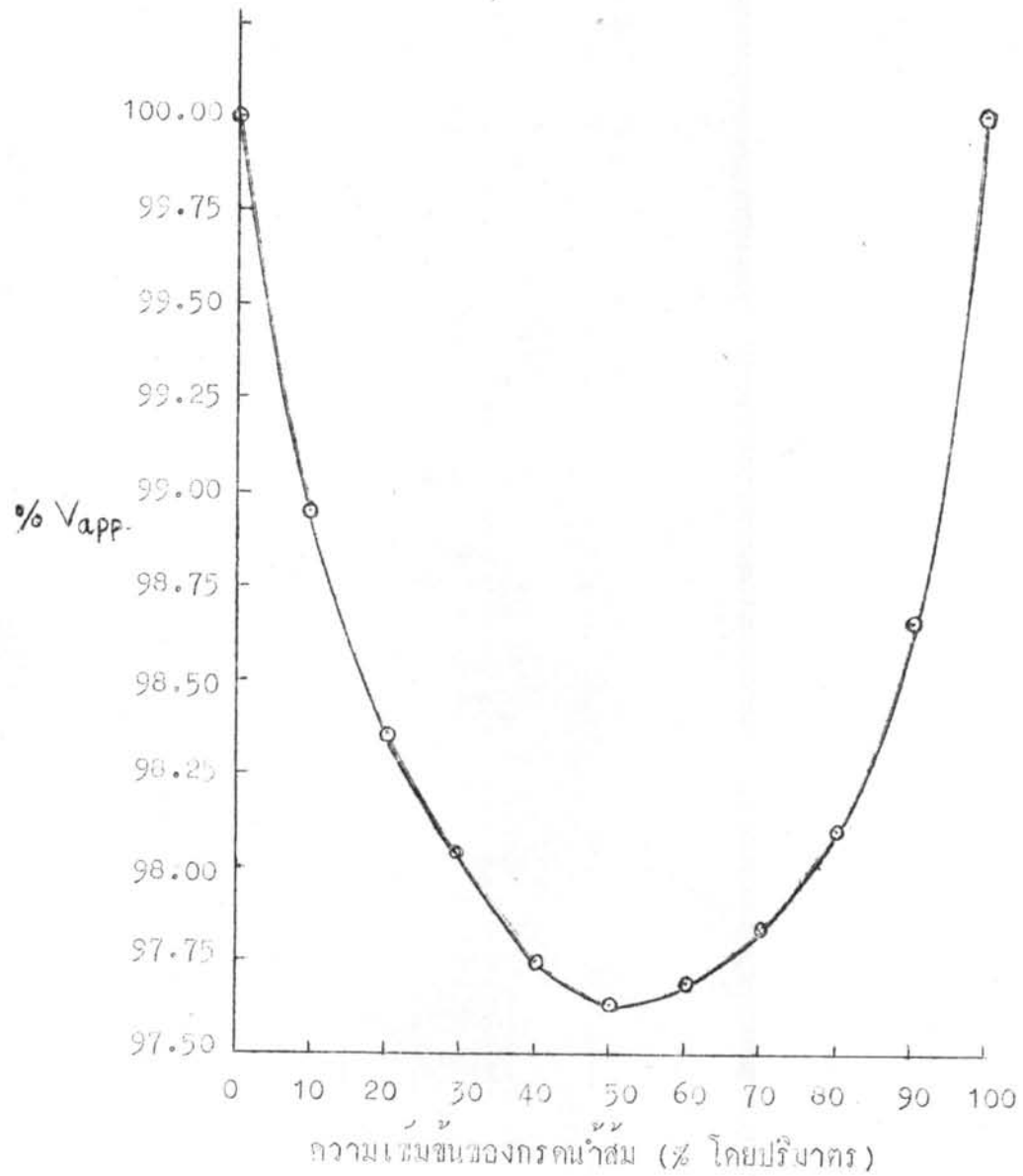
| ความเข้มข้นของ<br>กรกน้าส้ม<br>(% โดยปริมาตร) | $d$<br>( $g/cm^3$ ) |
|---|---------------------|
| 0   | 0.97652             |
| 5   | 0.98314             |
| 10  | 0.99010             |
| 15  | 0.99534             |
| 20  | 0.99904             |
| 25  | 1.00240             |
| 30  | 1.00513             |
| 35  | 1.00843             |
| 40  | 1.01164             |
| 45  | 1.01378             |
| 50  | 1.01603             |
| 55  | 1.01739             |
| 60  | 1.01850             |
| 65  | 1.01949             |
| 70  | 1.02012             |
| 75  | 1.02059             |
| 80  | 1.02048             |
| 85  | 1.01985             |
| 90  | 1.01798             |
| 95  | 1.01440             |
| 100   | 1.00732             |

ตารางที่ 4.2 ปริมาณที่ปรากฏ ( $V_{app}$ ) และปริมาณที่เปลี่ยนแปลง ( $V_{ch.}$ ) ของกรรณน้ำส้ม เมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

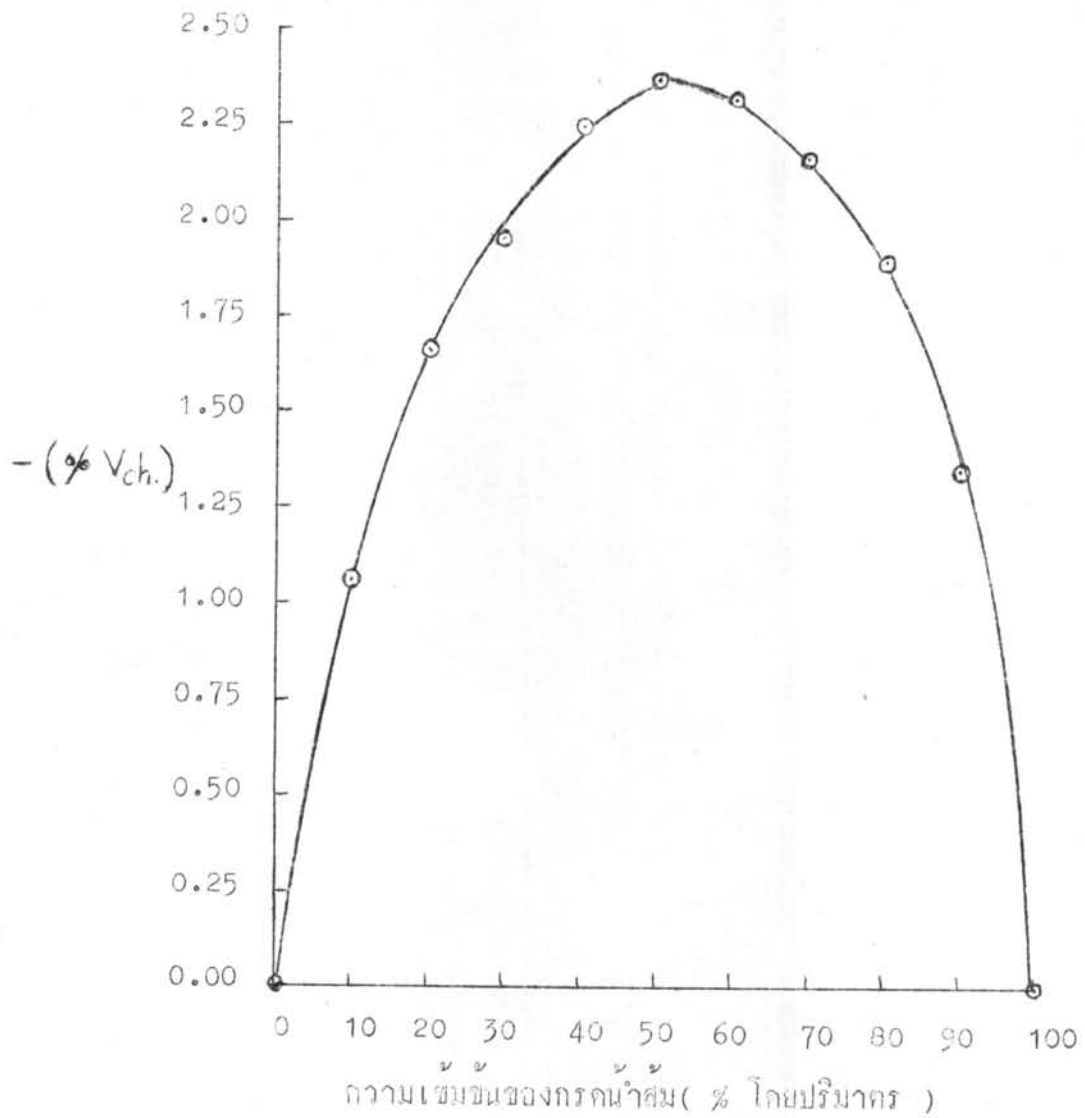
| ความเข้มข้นของกรรณน้ำส้ม<br>( % โดยปริมาตร ) | $\frac{100 V_{app}}{V_2 + V_3} = \% V_{app}$ | $-( \% V_{ch.} )$ |
|--|--|-------------------|
| 0  | 100.00                                       | 0.00              |
| 5  | 99.48  | 0.52              |
| 10   | 98.94  | 1.06              |
| 15   | 98.57  | 1.43              |
| 20   | 98.36  | 1.64              |
| 25   | 98.19  | 1.81              |
| 30   | 98.07  | 1.93              |
| 35   | 97.90  | 2.10              |
| 40   | 97.75  | 2.25              |
| 45   | 97.69  | 2.31              |
| 50   | 97.63  | 2.37              |
| 55   | 97.65  | 2.35              |
| 60   | 97.69  | 2.31              |
| 65   | 97.76  | 2.24              |
| 70   | 97.84  | 2.16              |
| 75   | 97.95  | 2.05              |
| 80   | 98.11  | 1.89              |
| 85   | 98.32  | 1.68              |
| 90   | 98.65  | 1.35              |
| 95   | 99.15  | 0.85              |
| 100  | 100.00                                       | 0.00              |



รูปที่ 4.1 ความหนาแน่น (d) ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 เปรอ์เซ็นต์ของปริมาตรที่ปรากฏ (% V<sub>app</sub>) เมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 เปอร์เซนต์ของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง ( % Vch. ) เมื่อกรคน้ำส้มมีความชื้น  
 ก้างๆ ที่จุดหลุมมี 25 องศาเซลเซียส

## 2. ดัชนีหักเห

ค่าดัชนีหักเหของกรณำสมเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของกรณำสมอยู่ในรูปที่ 4.4 และ 4.5

ค่า  $R_{exp.}$  (โมดาร์รีแฟรกชันที่ทดลอง)  $R_{add.}$  (โมดาร์รีแฟรกชันที่คำนวณจากคุณสมบัติการบวก) และ  $\Delta R$  (ผลต่างของโมดาร์รีแฟรกชันที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ) คำนวณได้โดยอาศัยสมการ (2.41) (2.42) และ (2.40) ตามลำดับ

$$R_{exp.} = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{X_1 m_1 + (1 - X_1) m_0}{d} \quad (2.41)$$

$$R_{add.} = X_1 \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \cdot \frac{m_1}{d_1} + (1 - X_1) \frac{n_0^2 - 1}{n_0^2 + 2} \cdot \frac{m_0}{d_0} \quad (2.42)$$

และ

$$\Delta R = R_{exp.} - R_{add.} \quad (2.40)$$

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของการคำนวณค่า  $R_{exp}$   $R_{add.}$  และ  $\Delta R$  และรูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\Delta R$  กับความเข้มข้นของกรณำสม

ค่า  $R_{app.}$  (แอพแพเรนท์ โมดาร์รีแฟรกชัน)  $R$  (โมดาร์รีแฟรกชัน) และ  $R_1$  (โมดาร์รีแฟรกชันของตัวถูกละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์) คำนวณได้โดยอาศัยสมการ (2.45) (2.46) และ (2.39) ตามลำดับ

$$X_1 R_{app.} = \left[ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{(X_1 m_1 + X_0 m_0)}{d} \right] - \left[ \frac{n_0^2 - 1}{n_0^2 + 2} \cdot \frac{X_0 m_0}{d_0} \right] \quad (2.45)$$

$$R = X_1 R_{app.} + X_0 R_0 \quad (2.46)$$

และ

$$R_1 = \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \cdot \frac{m_1}{d_1} \quad (2.39)$$

ผลของการคำนวณค่า  $R_{app}$ ,  $R$  และ  $(R_{app} - R_1)$  แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $(R_{app} - R_1)$  และ  $R$  กับความเข้มข้นของกรดน้ำส้มตามลำดับ



ตารางที่ 4.3 คำนวณค่าดัชนีหักเหของกรรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส

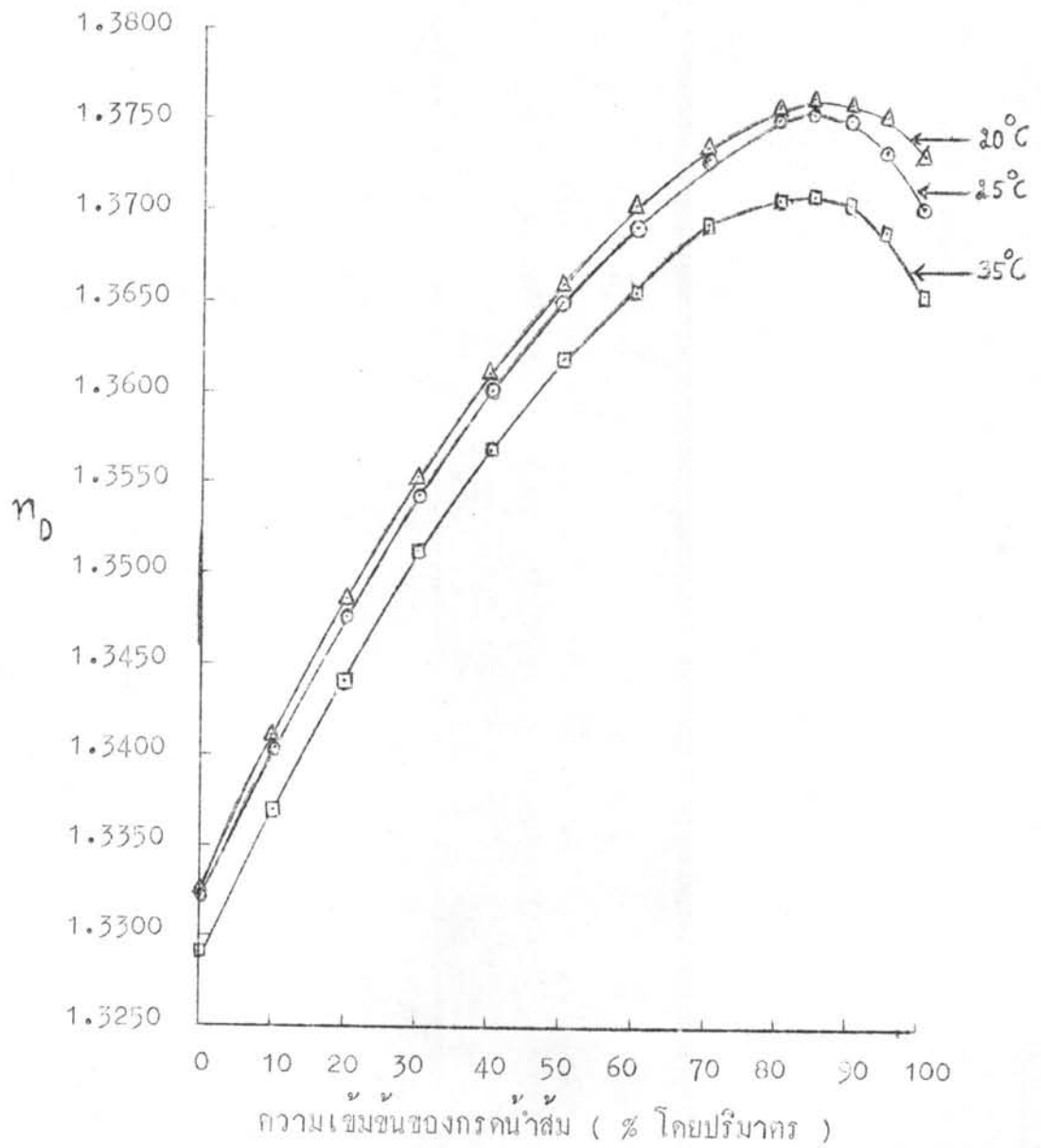
| ความเข้มข้นของกรรคน้ำส้ม<br>(% โดยปริมาตร) | ดัชนีหักเห (n <sub>D</sub> ) |                              |                              |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | n <sub>D</sub> <sup>20</sup> | n <sub>D</sub> <sup>25</sup> | n <sub>D</sub> <sup>35</sup> |
| 0  | 1.3328                       | 1.3322                       | 1.3290                       |
| 5  | 1.3368                       | 1.3360                       | 1.3332                       |
| 10   | 1.3410                       | 1.3403                       | 1.3370                       |
| 15   | 1.3448                       | 1.3440                       | 1.3408                       |
| 20   | 1.3485                       | 1.3475                       | 1.3440                       |
| 25   | 1.3520                       | 1.3510                       | 1.3480                       |
| 30   | 1.3552                       | 1.3542                       | 1.3512                       |
| 35   | 1.3581                       | 1.3570                       | 1.3542                       |
| 40   | 1.3610                       | 1.3600                       | 1.3570                       |
| 45   | 1.3635                       | 1.3624                       | 1.3596                       |
| 50   | 1.3660                       | 1.3650                       | 1.3618                       |
| 55   | 1.3683                       | 1.3672                       | 1.3639                       |
| 60   | 1.3703                       | 1.3692                       | 1.3656                       |
| 65   | 1.3720                       | 1.3712                       | 1.3673                       |
| 70   | 1.3736                       | 1.3730                       | 1.3684                       |
| 75   | 1.3749                       | 1.3740                       | 1.3696                       |
| 80   | 1.3757                       | 1.3750                       | 1.3705                       |
| 82   | 1.3759                       | 1.3751                       | 1.3707                       |
| 83   | 1.3760                       | 1.3752                       | 1.3708                       |
| 84   | 1.3761                       | 1.3753                       | 1.3709                       |
| 85   | 1.3762                       | 1.3753                       | 1.3710                       |
| 86   | 1.3763                       | 1.3754                       | 1.3710                       |
| 87   | 1.3762                       | 1.3753                       | 1.3709                       |
| 88   | 1.3761                       | 1.3752                       | 1.3707                       |
| 90   | 1.3759                       | 1.3750                       | 1.3704                       |
| 95   | 1.3753                       | 1.3735                       | 1.3690                       |
| 100  | 1.3730                       | 1.3700                       | 1.3655                       |

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า  $R_{exp}$ ,  $R_{add}$  และ  $\Delta R$  ของกรรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

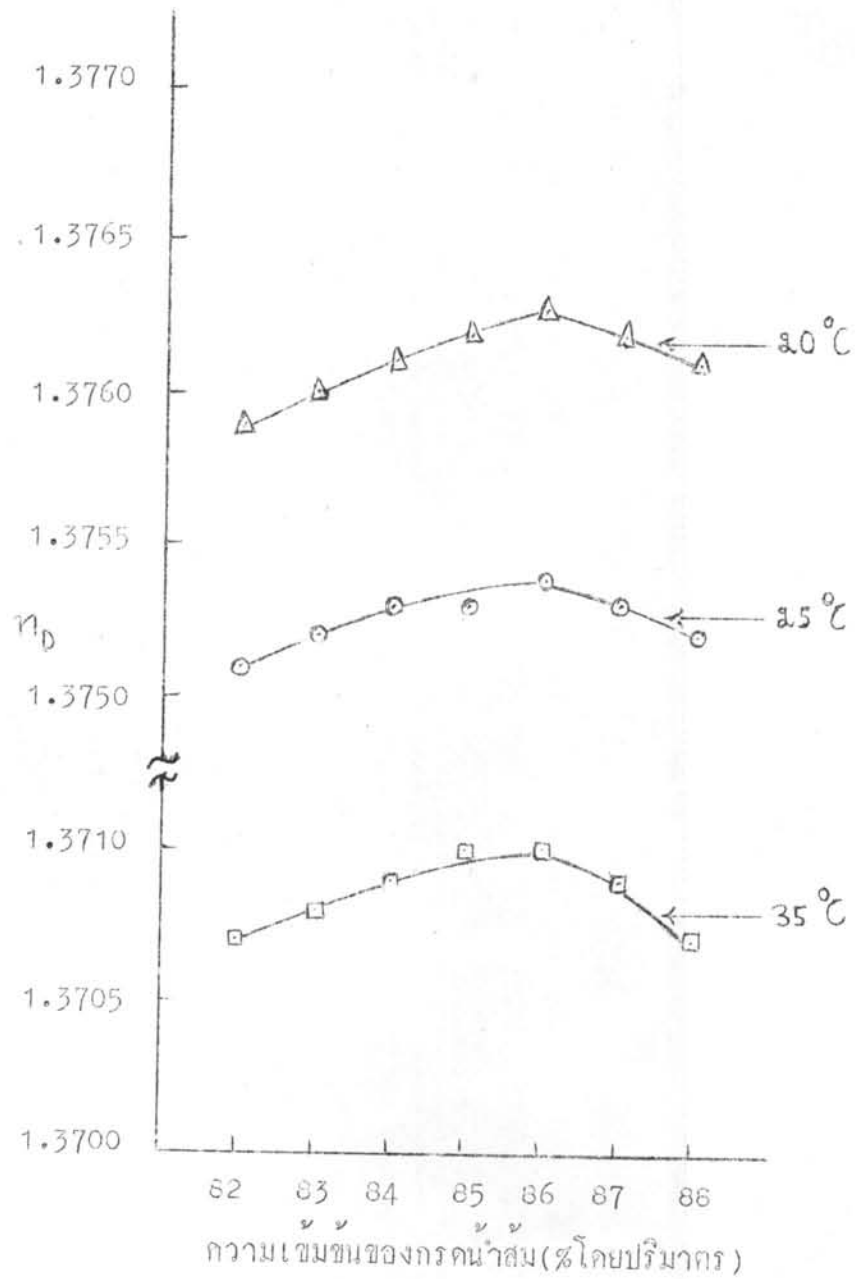
| ความเข้มข้นของกรรคน้ำส้ม<br>(% โดยปริมาตร) | $R_{exp}$ | $R_{add}$ | $\Delta R$ |
|--|-----------|-----------|------------|
| 0  | 3.7833    | 3.7833    | 0          |
| 5  | 3.9553    | 3.9566    | -0.0017    |
| 10   | 4.1489    | 4.1482    | 0.0007     |
| 15   | 4.3531    | 4.3492    | 0.0039     |
| 20   | 4.4714    | 4.4512    | 0.0202     |
| 25   | 4.8099    | 4.7867    | 0.0232     |
| 30   | 5.0706    | 5.0366    | 0.0340     |
| 35   | 5.3339    | 5.2957    | 0.0382     |
| 40   | 5.6282    | 5.5823    | 0.0459     |
| 45   | 5.9420    | 5.8900    | 0.0520     |
| 50   | 6.3065    | 6.2461    | 0.0604     |
| 55   | 6.7076    | 6.6384    | 0.0692     |
| 60   | 7.1227    | 7.0441    | 0.0786     |
| 65   | 7.6082    | 7.5189    | 0.0893     |
| 70   | 8.1446    | 8.0438    | 0.1008     |
| 75   | 8.6974    | 8.5974    | 0.1000     |
| 80   | 9.3922    | 9.2897    | 0.1025     |
| 85   | 10.1704   | 10.0760   | 0.0944     |
| 90   | 11.0698   | 10.9870   | 0.0828     |
| 95   | 12.1707   | 12.1171   | 0.0536     |
| 100  | 13.48376  | 13.48376  | 0          |

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า  $R$ ,  $R_{app}$  และ  $(R_{app}-R_1)$  ของกรรณน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

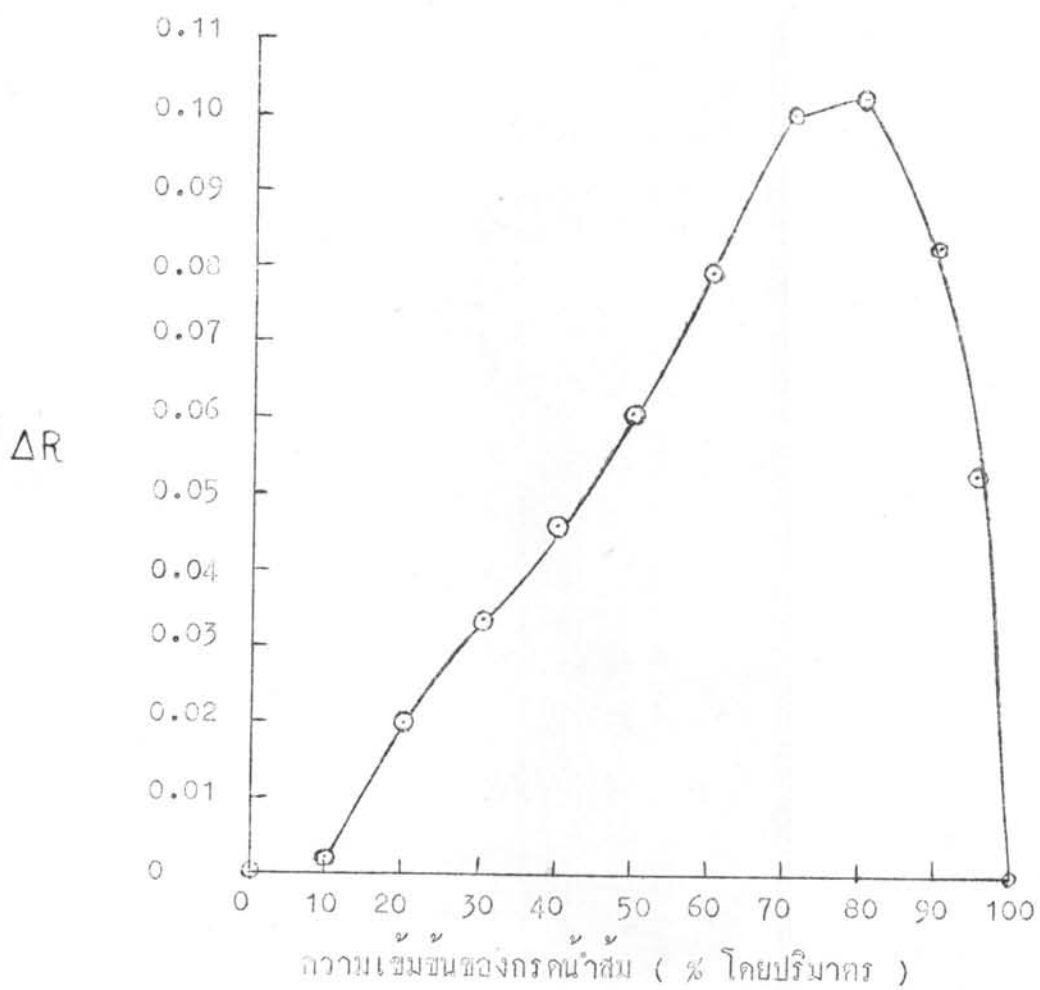
| ความเข้มข้นของกรรณน้ำส้ม<br>( % โดยปริมาตร) | $R_{app}$ | $R_{app}-R_1$ | $R$     |
|---|-----------|---------------|---------|
| 0   | 0         | -13.4838      | 3.7833  |
| 5   | 13.4088   | - 0.0750      | 3.9553  |
| 10  | 13.5033   | 0.0195        | 4.1490  |
| 15  | 13.5506   | 0.0668        | 4.3531  |
| 20  | 13.7776   | 0.2938        | 4.4714  |
| 25  | 13.7080   | 0.2242        | 4.8099  |
| 30  | 13.7470   | 0.2632        | 5.0706  |
| 35  | 13.7289   | 0.2451        | 5.3339  |
| 40  | 13.7311   | 0.2473        | 5.6282  |
| 45  | 13.7232   | 0.2394        | 5.9420  |
| 50  | 13.7215   | 0.2377        | 6.3065  |
| 55  | 13.7186   | 0.2348        | 6.7076  |
| 60  | 13.7175   | 0.2337        | 7.1227  |
| 65  | 13.7156   | 0.2318        | 7.6082  |
| 70  | 13.7133   | 0.2295        | 8.1446  |
| 75  | 13.6851   | 0.2013        | 8.6974  |
| 80  | 13.6644   | 0.1806        | 9.3922  |
| 85  | 13.6292   | 0.1454        | 10.1704 |
| 90  | 13.5952   | 0.1114        | 11.0698 |
| 95  | 13.5462   | 0.0624        | 12.1707 |
| 100   | 13.4838   | 0.0000        | 13.4838 |



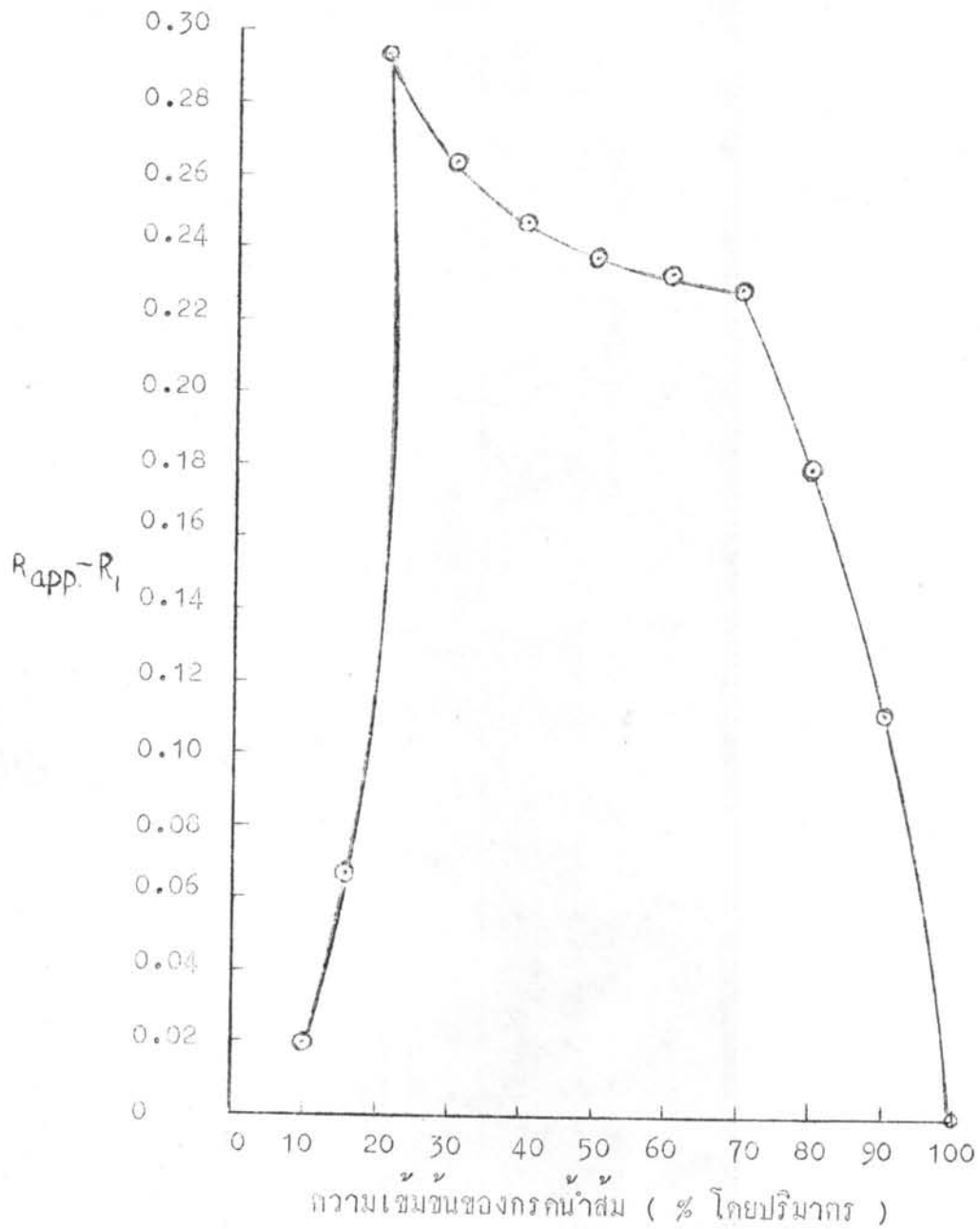
รูปที่ 4.4 คัมมิเทคของกรรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส



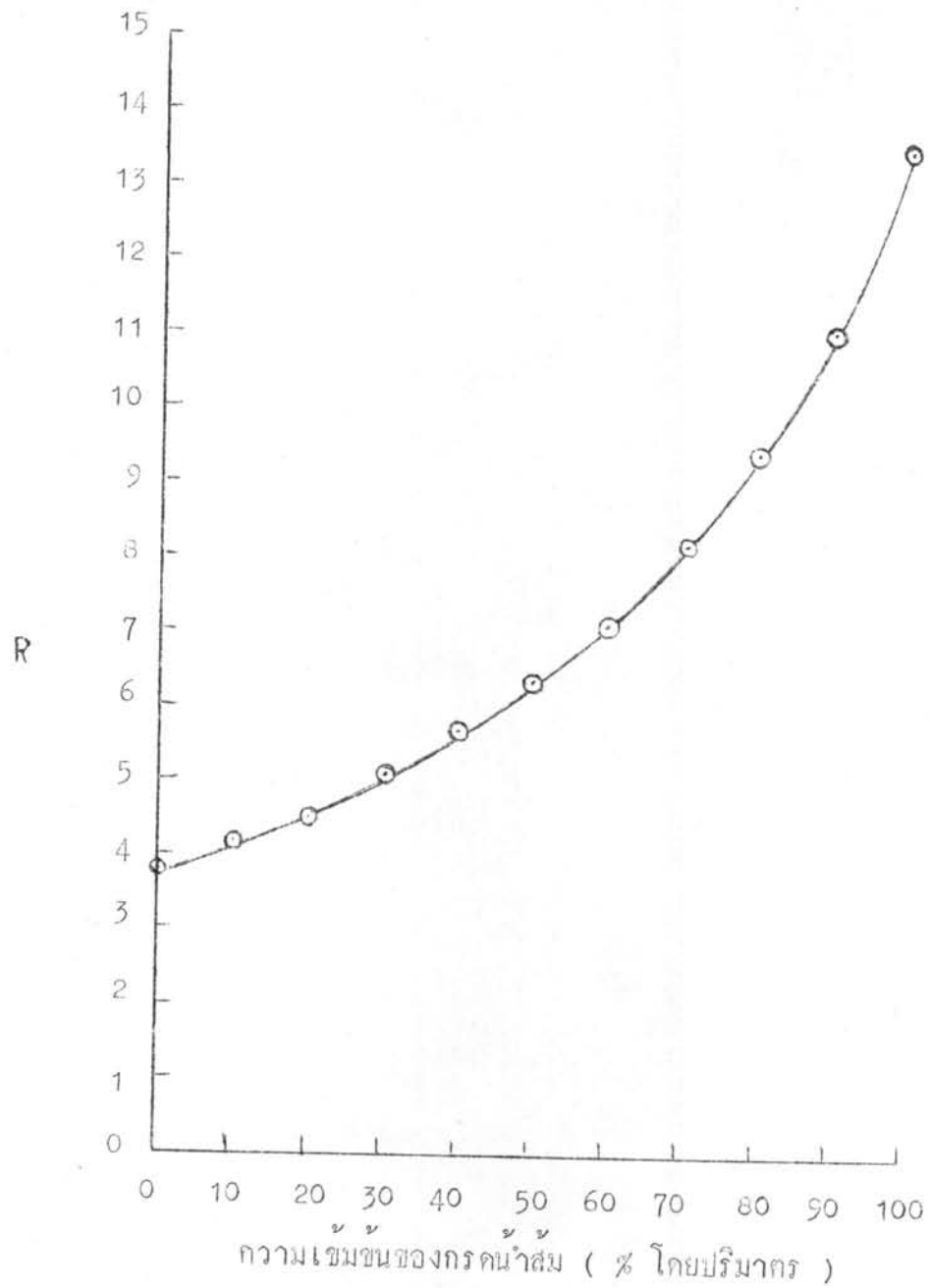
รูปที่ 4.5 คณิตหาค่าของกรรน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นระหว่าง 82-88 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 20 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\Delta R$  กับความเข้มข้นของกรน้ำส้ม ที่จุดหนุมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ( $R_{app} - R_1$ ) กับความชื้นของกรน้ำส้ม ที่จุดหลุมมี 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 โมลาร์รีแฟกชัน (R) เมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



### 3. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

ผลจากการทดลองจะทำให้ได้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก ( $\epsilon'$ ) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสถิตย์ ( $\epsilon_0$ ) และการสูญเสียไดอิเล็กตริก ( $\epsilon''$ ) ได้

#### 3.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก

นำค่าอัตราส่วนของอำนาจที่สะท้อนต่ออำนาจที่ตกกระทบ ( $r$ ) และเฟสชิฟต์ ( $\psi$ ) เมื่อกรณำสัมพันธ์มีความเข้มข้นต่างๆ จากตารางที่ 4.6 หน้า 49 มาคำนวณตามตัวอย่างของการคำนวณข้างล่างนี้ก็จะหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิกดังได้แสดงผลการคำนวณไว้ในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.9

#### การคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก

##### หลักการคำนวณ

จากสมการ (2.27)

$$\epsilon' = (\beta'^2 - \beta''^2 + \pi^2/d^2)(c/\omega)^2 \quad (2.27)$$

โดยที่  $d$  คือความยาวของด้านยาวของภาคตัดขวางของท่อเหลี่ยมซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.278 \times 10^{-2}$  เมตร

$c$  คือความเร็วของแสงในสุญญากาศซึ่งเท่ากับ  $2.998 \times 10^8$  เมตรต่อวินาที

$\omega$  คำนวณจาก  $2\pi f$  โดยที่  $f = 9.7 \times 10^9$  เฮิรตซ์

ในการคำนวณหาค่า  $\epsilon'$  ตามสมการข้างบนนี้มีเพียงค่า  $\beta'$  และ  $\beta''$  เท่านั้นที่ไม่ทราบค่าฉะนั้นจึงต้องทำการหาค่า  $\beta'$  และ  $\beta''$  ต่อไป โดยอาศัยสมการ (2.36) และ (2.37) คือ

$$\beta'^2 = \beta_0^2 - \beta''^2 - \frac{2\beta_0\beta''}{\nu} \quad (2.36)$$

และ

$$\left(\frac{1}{\nu^2} + \Omega^2\right)\beta''^2 + \frac{2\beta_0}{\nu}(\Omega^2 - 1)\beta'' - (\Omega^2 - 1)\beta_0^2 = 0 \quad (2.37)$$

จะเห็นว่าค่า  $\beta_0$ ,  $\Omega$  และ  $\psi$  ซึ่งจะต้องทราบค่าก่อนจึงจะหาค่า  $\beta''$  และ  $\beta'$  ได้ ในการหาค่า  $\beta_0$ ,  $\Omega$  และ  $\psi$  นั้นหาได้โดยอาศัยสมการ (2.23), (2.33) และ (2.35) ตามลำดับ

ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่โคอีเล็กทริกไดนามิก

ของกรรณำสมเขมขย

ข้อมูลที่วัดได้ซึ่งต้องนำมาใช้ในการคำนวณได้แก่

- ก. ความถี่ของไมโครเวฟ ( $f$ ) =  $9.7 \times 10^9$  เฮิรตซ์
- ข. ความยาวของคลื่นไมโครเวฟ ( $\lambda$ ) =  $4.212 \times 10^{-2}$  เมตร
- ค. อัตราส่วนของอำพัน ( $\rho$ ) = 0.4355
- ง. เฟสชั๊นท์ ( $\psi$ ) =  $(-5.5983) \frac{\pi}{180}$  เรเดียน

จากสมการ (2.23) คือ  $\beta_0 = (\omega^2/c^2 - \pi^2/a^2)^{1/2}$  เมื่อแทนค่า  $f$ ,  $c$  และ  $a$  ลงไปจะได้

$$\beta_0 = 149.360$$

จากสมการ (2.33) คือ  $\Omega = (1 + \rho^2)/(1 - \rho^2)$  เมื่อแทนค่า  $\rho$  ซึ่งเท่ากับ 0.4355 ลงไป ก็จะทำให้ได้ค่า

$$\Omega = 1.4681$$

และจากสมการ (2.35) คือ  $\tan \psi = \psi$  เพราะว่าค่า  $\psi$  เท่ากับ  $(-5.5983) \frac{\pi}{180}$  เรเดียน ฉะนั้นจะได้

$$\psi = -0.098$$

นำค่า  $\beta_0$ ,  $\Omega$  และ  $\psi$  ไปแทนลงในสมการ (2.37) คือ

$$\left(\frac{1}{\Omega a} + \Omega^2\right) \beta''^2 + \frac{2\beta_0}{\psi} (\Omega^2 - 1) \beta'' - (\Omega^2 - 1) \beta_0^2 = 0 \quad (2.37)$$

ก็จะได้ค่า  $\beta'' = 39.305$

เมื่อนำค่า  $\beta_0$ ,  $\beta''$  และ  $\psi$  ไปแทนลงในสมการ (2.36) คือ

$$\beta'^2 = \beta_0^2 - \beta''^2 - \frac{2\beta_0\beta''}{\psi} \quad (2.36)$$

ทำให้ได้ค่า  $\beta' = 374.929$

จากนั้นนำเอาค่า  $\beta''$  และ  $\beta'$  ไปแทนลงในสมการ (2.27) คือ

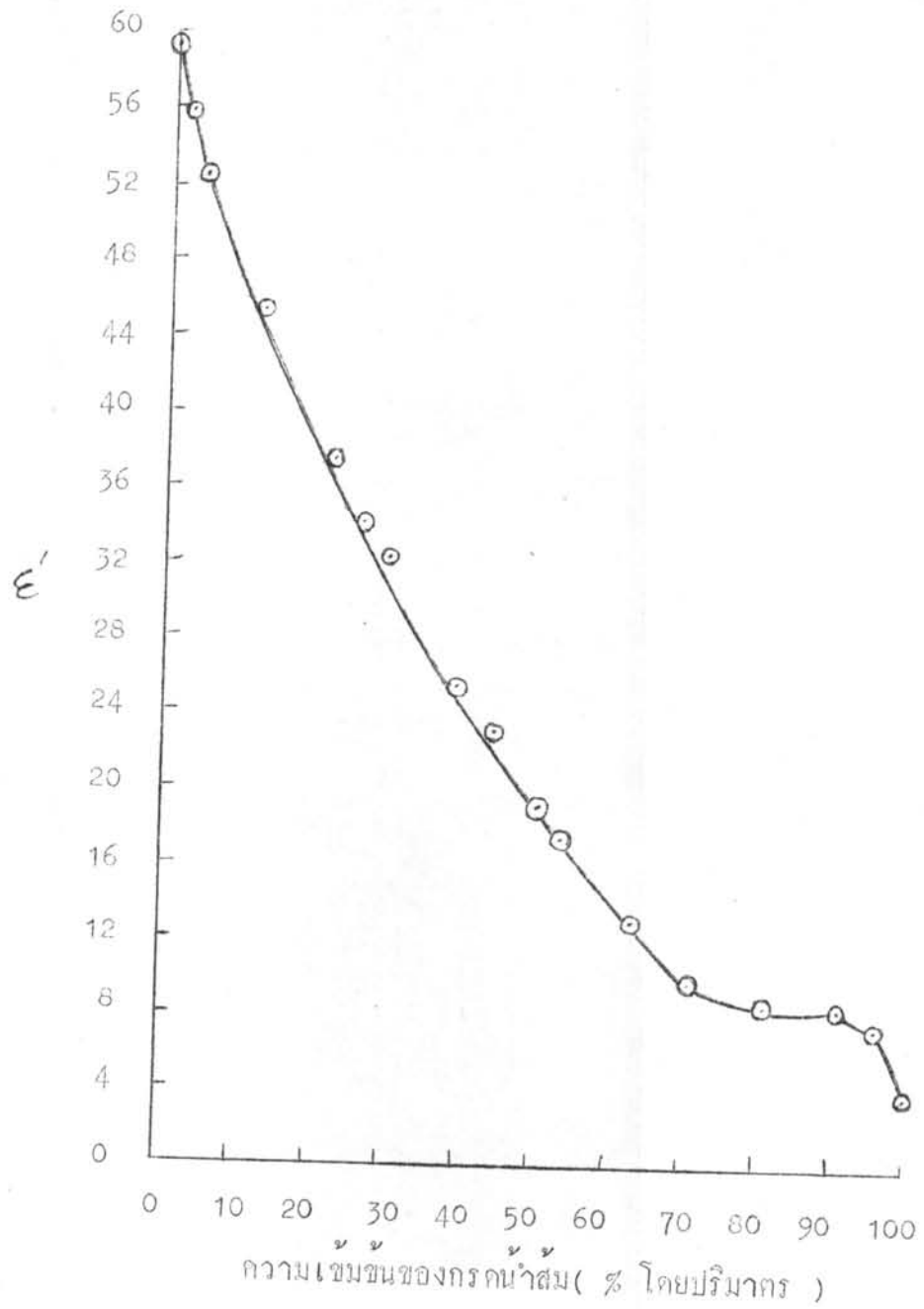
$$\epsilon' = (\beta'^2 - \beta''^2 + \pi^2/\alpha^2)(c/w)^2 \quad (2.27)$$

ทำให้คำนวณหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก ( $\epsilon'$ ) ของกรรณำสี่เหลี่ยม ใกล้เคียง

$$\epsilon' = 3.82$$

ตารางที่ 4.6 อัตราส่วนของอำนาจที่สะท้อนต่ออำนาจที่ตกกระทบ ( $\rho$ ) เฟสชิฟท์ ( $\psi$ ) และค่าคงที่โคอีเลกกริกโกนามิก ( $\epsilon'$ ) ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรคน้ำส้ม<br>( % โดยปริมาตร ) | $\rho$ | $(-\psi) \frac{180}{\pi}$<br>(เรเดียน) | $\epsilon'$ |
|---|--------|--|-------------|
| 0   | 0.8356 | 2.1795                                 | 59.34       |
| 0.05  | 0.8332 | 2.1368                                 | 58.02       |
| 2.1   | 0.8303 | 2.1795                                 | 55.89       |
| 4.11  | 0.8260 | 2.3504                                 | 52.29       |
| 6.67  | 0.8272 | 2.1795                                 | 53.99       |
| 12.50   | 0.8161 | 2.6923                                 | 45.37       |
| 17.65   | 0.8075 | 3.3761                                 | 38.49       |
| 22.22   | 0.8014 | 3.1402                                 | 37.50       |
| 26.32   | 0.7948 | 3.4632                                 | 34.11       |
| 30.00   | 0.7877 | 3.4180                                 | 32.28       |
| 33.33   | 0.7843 | 3.7179                                 | 30.39       |
| 39.13   | 0.7690 | 4.1680                                 | 25.67       |
| 41.67   | 0.7641 | 4.4017                                 | 24.22       |
| 44.00   | 0.7595 | 4.5932                                 | 22.98       |
| 46.15   | 0.7512 | 4.8291                                 | 21.20       |
| 50.00   | 0.7497 | 5.1709                                 | 19.20       |
| 53.33   | 0.7373 | 5.9402                                 | 17.32       |
| 56.25   | 0.7219 | 6.6667                                 | 14.76       |
| 63.15   | 0.7023 | 6.9436                                 | 13.02       |
| 66.67   | 0.6853 | 7.2427                                 | 11.67       |
| 70.83   | 0.6629 | 7.9915                                 | 9.90        |
| 75.00   | 0.6528 | 7.8632                                 | 9.55        |
| 80.46   | 0.6313 | 7.6274                                 | 8.77        |
| 85.37   | 0.6306 | 7.7556                                 | 8.68        |
| 90.91   | 0.6270 | 7.4991                                 | 8.66        |
| 95.89   | 0.5936 | 6.6872                                 | 7.65        |
| 100.00  | 0.4355 | 5.5983                                 | 3.82        |



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก ( $\epsilon'$ ) กับความชื้นของกร่น้ำส้ม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสะสมค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสะสม ( $\epsilon_0$ ) หาได้จากสมการ (2.11)

ที่จลรูปใหม่คือ

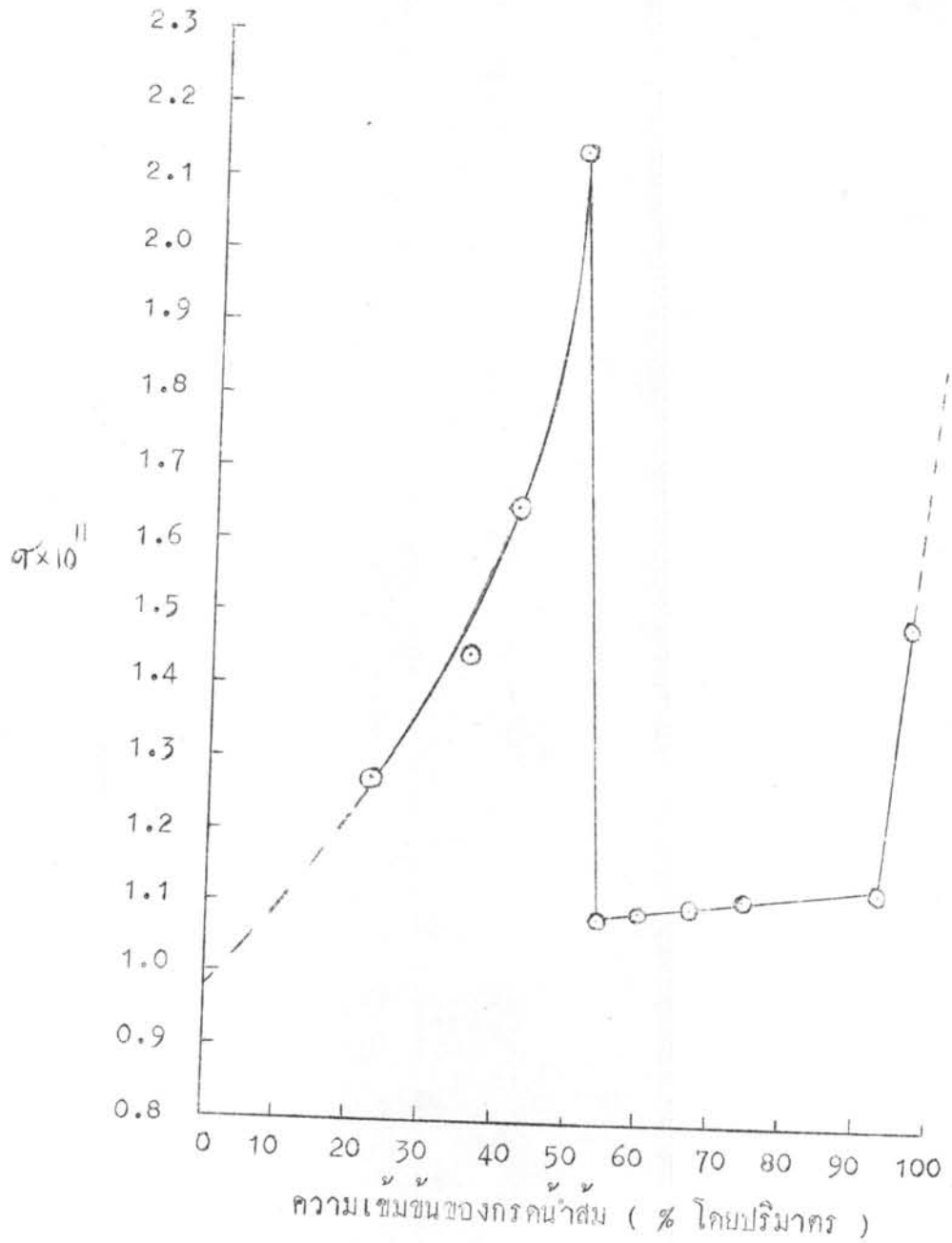
$$\epsilon_0 = (\epsilon' - \epsilon_\infty)(1 + \omega^2\tau^2) + \epsilon_\infty$$

ทั้งนี้เพราะค่าต่างๆ ทางขวามือเป็นค่าที่ทราบแล้วทั้งสิ้น กล่าวคือค่า  $\epsilon'$  ได้จากตารางที่ 4.6 ,  $\epsilon_\infty$  ใกล้เคียงกับ  $n^2$  โดยใช้ค่า  $n$  จากตารางที่ 4.3 ,  $\omega$  กำหนดจาก  $2\pi f$  โดยที่  $f$  ใกล้เคียง  $9.7 \times 10^9$  เฮิรตซ์ ส่วนค่า  $\tau$  นั้นผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษาเองแต่อาศัยการประมาณค่ามาจากเอกสารอ้างอิงที่ 29 ซึ่งมีการศึกษาค่า  $\tau$  ของกรกนน้ำผสมน้ำในช่วงความเข้มข้น 21.75-96.06 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของกรกน สำหรับความเข้มข้นที่มากและน้อยกว่านี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคอกกราฟออกไปเพื่อประมาณค่า  $\tau$  ที่ความเข้มข้นที่ต้องการ ผลการคำนวณได้แสดงไว้ในรูปของตารางและกราฟซึ่งจะดูได้จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า  $\eta$ ,  $\epsilon_{\infty}$ ,  $\epsilon'$  และ  $\epsilon_0$  เมื่อกรรณำสมมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

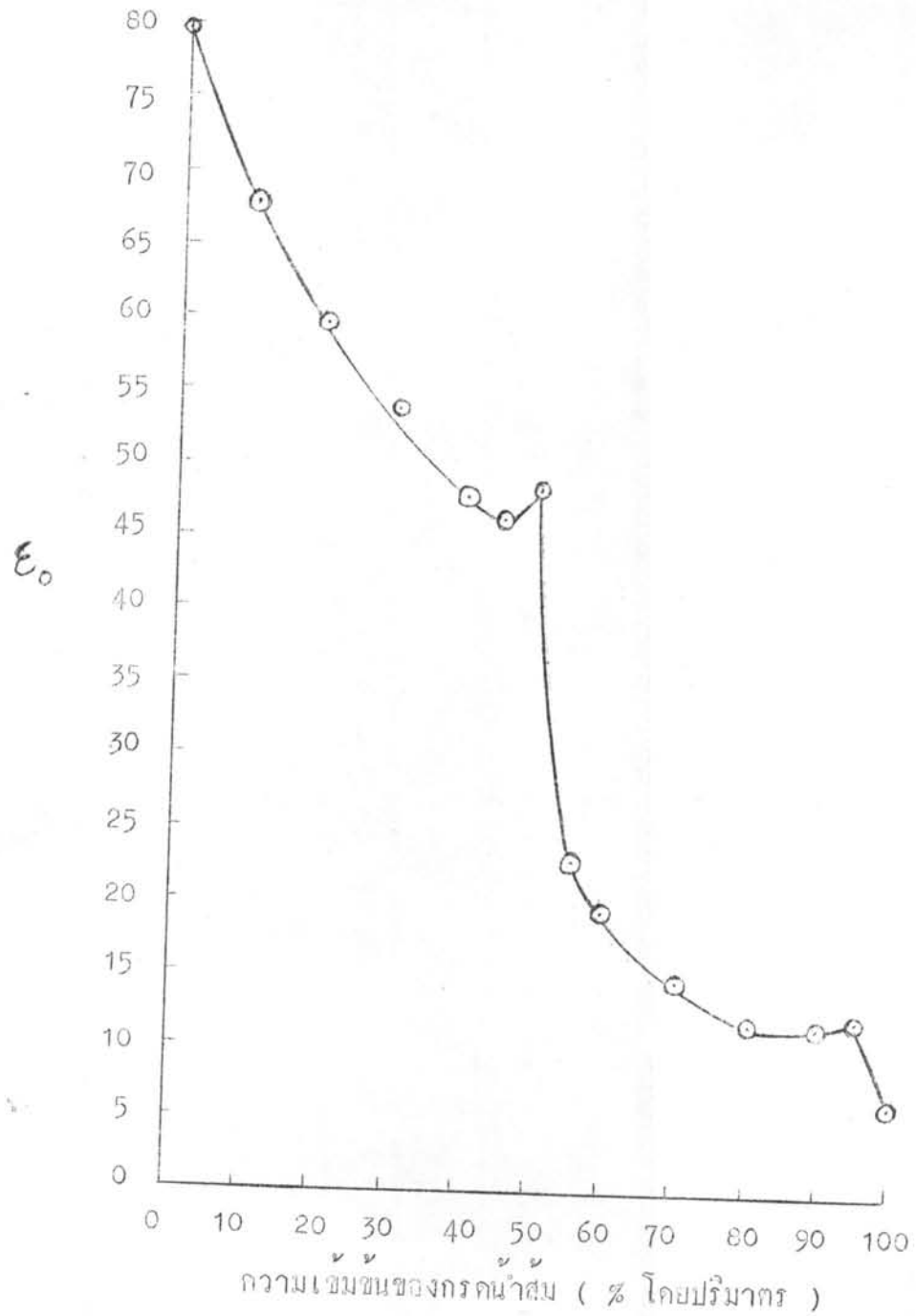
| ความเข้มข้นของ<br>กรรณำสม<br>(%โดยปริมาตร) | $\eta \times 10^{11}$ | $\epsilon_{\infty} = \eta^{*2}$ | $\epsilon'$ | $\epsilon_0$ |
|--|-----------------------|---------------------------------|-------------|--------------|
| 0  | 0.995                 | 1.7748                          | 59.34       | 79.730       |
| 5  | 1.052                 | 1.7849                          | 51.75       | 72.290       |
| 10   | 1.111                 | 1.7964                          | 47.2        | 68.017       |
| 15   | 1.175                 | 1.8063                          | 42.5        | 63.369       |
| 20   | 1.243                 | 1.8158                          | 38.4        | 59.396       |
| 25   | 1.318                 | 1.8252                          | 34.75       | 55.995       |
| 30   | 1.400                 | 1.8339                          | 32.28       | 54.446       |
| 35   | 1.497                 | 1.8414                          | 28.7        | 51.058       |
| 40   | 1.618                 | 1.8496                          | 25.12       | 47.749       |
| 45   | 1.785                 | 1.8561                          | 22.25       | 46.387       |
| 50   | 2.134                 | 1.8632                          | 19.21       | 48.553       |
| 55   | 1.085                 | 1.8692                          | 16.5        | 22.90        |
| 60   | 1.090                 | 1.8747                          | 14.3        | 19.784       |
| 65   | 1.097                 | 1.8802                          | 12.26       | 16.90        |
| 70   | 1.102                 | 1.8851                          | 10.75       | 14.749       |
| 75   | 1.108                 | 1.8879                          | 9.55        | 13.044       |
| 80   | 1.113                 | 1.8906                          | 8.8         | 11.979       |
| 85   | 1.120                 | 1.8915                          | 8.75        | 11.946       |
| 90   | 1.124                 | 1.8906                          | 8.70        | 11.896       |
| 95   | 1.350                 | 1.8865                          | 8.05        | 12.223       |
| 100  | 1.845                 | 1.8769                          | 3.82        | 6.277        |

\* โดยใช้ค่า  $\eta$  จากตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการผกผัน (๗) กับความชื้นของกรรณน้ำส้ม (29)





รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสถิตย์ ( $\epsilon_0$ ) กับความชื้นของกรรณน้ำส้ม ที่จุดอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

### 3.3 การสูญเสียไดอิเล็กตริก

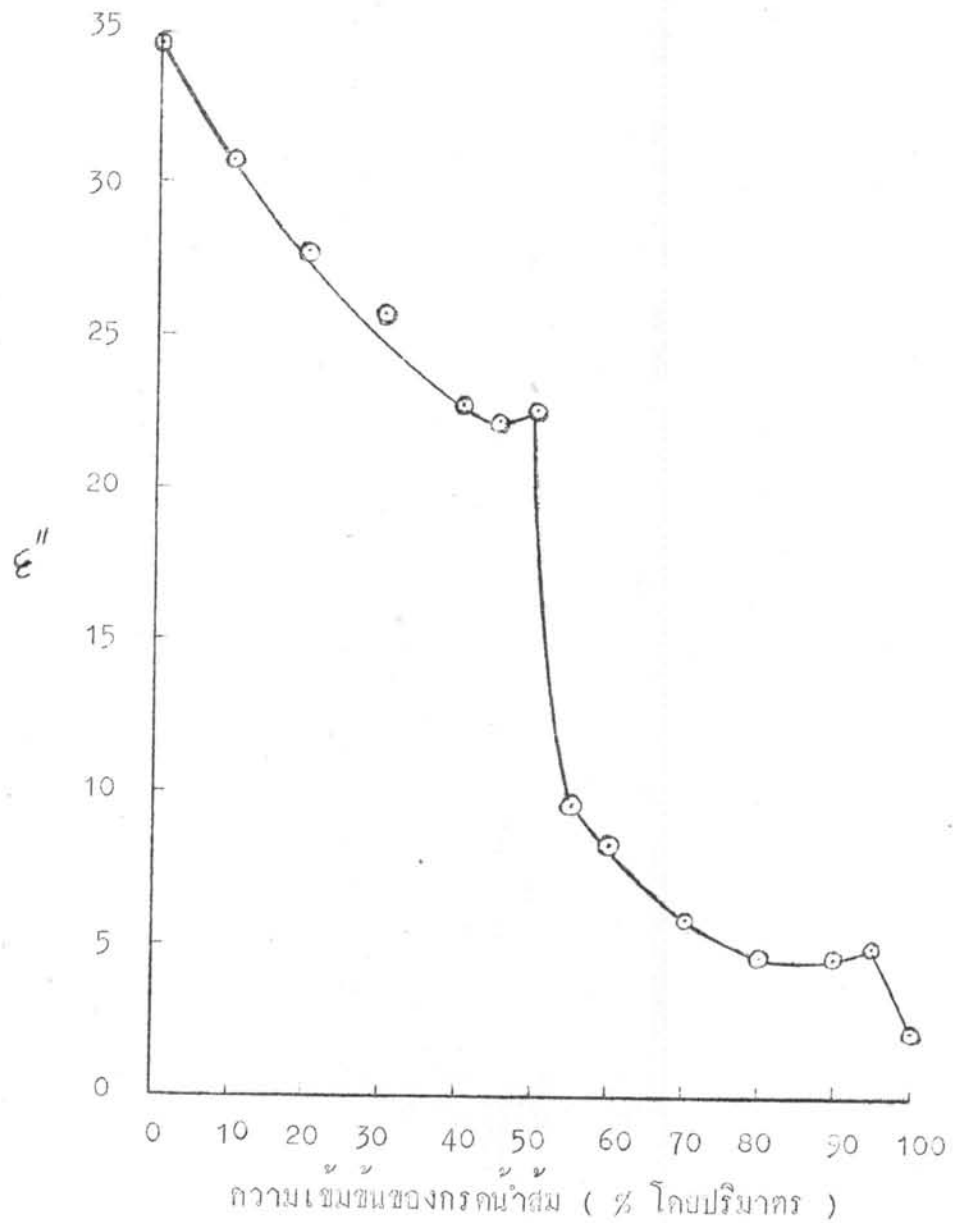
จากสมการ (2.12) คือ

$$\epsilon'' = \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2}$$

เมื่อทราบค่า  $\epsilon_0$  ,  $\epsilon_\infty$  และ  $\tau$  จากตารางที่ 4.7 และค่า  $\omega$  ก็สามารถคำนวณหาค่า การสูญเสียไดอิเล็กตริก ( $\epsilon''$ ) เมื่อกรณำสมมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสได้ ดังได้แสดงผลการคำนวณค่า  $\epsilon''$  เมื่อกรณำสมมีความเข้มข้นต่างๆ ไว้ใน ตารางที่ 4.8 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\epsilon''$  กับความเข้มข้นของกรณำสมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า  $\epsilon''$  เมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของกรคน้ำส้ม<br>( % โดยปริมาตร ) | $\epsilon''$ |
|---|--------------|
| 0   | 34.563       |
| 5   | 32.036       |
| 10  | 30.744       |
| 15  | 29.483       |
| 20  | 27.715       |
| 25  | 26.448       |
| 30  | 25.978       |
| 35  | 24.505       |
| 40  | 22.947       |
| 45  | 22.187       |
| 50  | 22.561       |
| 55  | 9.676        |
| 60  | 8.255        |
| 65  | 6.940        |
| 70  | 5.954        |
| 75  | 5.174        |
| 80  | 4.687        |
| 85  | 4.682        |
| 90  | 4.665        |
| 95  | 5.071        |
| 100   | 2.185        |



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียไดอิเล็กตริก ( $\epsilon''$ ) กับความชื้นของกรรณน้ำส้ม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองและการคำนวณต่างๆ ที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้า

การนำไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทำการวัดการนำไฟฟ้าของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำไปคำนวณหาค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ การนำไฟฟ้าสมมูลย์ คำนีของการแตกตัว และความแรงของอิออน จากค่าเหล่านี้ทำให้สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของแอกติวิตี ( activity coefficient ,  $f$  ) แอกติวิตี ( activity ,  $a$  ) และจากการทราบค่า คำนีของการแตกตัว ค่าสัมประสิทธิ์ของแอกติวิตี ทำให้คำนวณหาค่าคงที่ของการแตกตัว ( $K_{dis}$ ) และค่าคงที่ของการรวมตัว ( $K_{ass}$ ) ได้ โดยอาศัยสูตร

$$K_{dis} = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\alpha^2 c f_{\pm}}{1 - \alpha}$$

และ

$$K_{ass} = \frac{1 - \alpha}{\alpha^2 c} \quad \text{หรือ} \quad \frac{1 - \alpha}{\alpha^2 c f_{\pm}}$$

ส่วนสูตรการคำนวณต่างๆที่ไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้จะยกไปแสดงไว้ในภาคผนวก

ผลการวัดการนำไฟฟ้าและการคำนวณค่าต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.9-4.16 และรูปที่ 4.13 - 4.17

ตารางที่ 4.9 การนำไฟฟ้า (L) และการนำไฟฟ้าจำเพาะ ( $K_{sp}$ ) ของกรรณ้ำส้มไม่มี  
ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรรณ้ำส้ม<br>(% โดย<br>ปริมาตร) | $L \times 10^6$ (ซีเมนส์) |                 |                 |                 | $K_{sp} \times 10^8$ (ซีเมนส์/เมตร) |                 |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
|   | เขต I                     |                 | เขต II          |                 | 1000<br>(เฮ็คช)                     | 3000<br>(เฮ็คช) |
|   | 1000<br>(เฮ็คช)           | 3000<br>(เฮ็คช) | 1000<br>(เฮ็คช) | 3000<br>(เฮ็คช) |                                     |                 |
| 0.00  | -                         | -               | 14.11           | 14.13           | 1.0803                              | 1.0735          |
| 0.25  | 160.36                    | 163.95          | -               | -               | 354.2008                            | 359.085         |
| 0.50  | 225.77                    | 228.32          | -               | -               | 498.6701                            | 500.069         |
| 1   | 316.33                    | 318.46          | -               | -               | 698.6923                            | 697.4246        |
| 3   | 517.3                     | 520.6           | -               | -               | 1142.5892                           | 1140.2239       |
| 5   | 646.12                    | 650.11          | -               | -               | 1427.121                            | 1423.8781       |
| 10  | 792.45                    | 798.03          | -               | -               | 1750.3282                           | 1747.8541       |
| 15  | 831.90                    | 837.26          | -               | -               | 1837.4636                           | 1833.7761       |
| 20  | 811.28                    | 816.65          | -               | -               | 1791.919                            | 1788.6358       |
| 25  | 760.97                    | 765.44          | -               | -               | 1680.7965                           | 1676.4751       |
| 30  | 690.01                    | 693.50          | -               | -               | 1524.0633                           | 1518.9113       |
| 35  | 613.59                    | 616.20          | -               | -               | 1355.2702                           | 1349.608        |
| 40  | 526.77                    | 529.20          | -               | -               | 1163.506                            | 1159.0597       |
| 45  | 444.79                    | 447.0           | -               | -               | 982.4323                            | 979.0244        |
| 50  | 360.18                    | 362.0           | -               | -               | 795.5495                            | 792.5864        |
| 55  | 286.57                    | 288.50          | -               | -               | 632.9630                            | 631.8759        |
| 60  | 216.81                    | 218.0           | -               | -               | 478.8803                            | 477.466         |
| 65  | 159.29                    | 159.60          | -               | -               | 351.8326                            | 349.5577        |
| 70  | 109.42                    | 109.48          | -               | -               | 241.682                             | 239.7843        |
| 75  | 70.12                     | 70.12           | -               | -               | 154.8779                            | 153.5776        |
| 80  | 38.78                     | 38.78           | -               | -               | 85.6555                             | 84.9364         |
| 85  | -                         | -               | 511.0           | 510.0           | 39.1233                             | 38.7464         |
| 90  | -                         | -               | 166.0           | 165.90          | 12.7093                             | 12.604          |
| 95  | -                         | -               | 26.5            | 26.44           | 2.0289                              | 2.0087          |
| 100   | -                         | -               | 0.4             | -               | 0.0306                              | -               |

ตารางที่ 4.10 การนำไฟฟ้า ( $L$ ) และการนำไฟฟ้าจำเพาะ ( $K_{s.p.}$ ) ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของกรคน้ำส้ม<br>( % โดยปริมาตร ) | $L \times 10^6$ ( ซีเมนส์ ) |                 |                 |                 | $K_{s.p.} \times 10^8$<br>( ซีเมนส์/เมตร ) |                 |
|---|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|
|   | เซลล์ I                     |                 | เซลล์ II        |                 |  |                 |
|   | 1000<br>(เอิตซ)             | 3000<br>(เอิตซ) | 1000<br>(เอิตซ) | 3000<br>(เอิตซ) | 1000<br>(เอิตซ)                            | 3000<br>(เอิตซ) |
| 0   | -                           | -               | 17.68           | 17.64           | 1.3536                                     | 1.3402          |
| 1   | 377.2                       | 378.0           | -               | -               | 833.1425                                   | 827.8998        |
| 3   | 612.0                       | 612.0           | -               | -               | 1351.7583                                  | 1340.4092       |
| 5   | 738.7                       | 740.3           | -               | -               | 1631.6076                                  | 1621.4133       |
| 10  | 909.6                       | 912.5           | -               | -               | 2009.0839                                  | 1998.5676       |
| 15  | 957.56                      | 961.1           | -               | -               | 2115.0158                                  | 2105.0119       |
| 20  | 931.89                      | 935.3           | -               | -               | 2058.3171                                  | 2048.5044       |
| 25  | 880.01                      | 882.9           | -               | -               | 1943.7268                                  | 1933.7374       |
| 30  | 811.99                      | 814.3           | -               | -               | 1793.4873                                  | 1783.4889       |
| 35  | 716.0                       | 717.0           | -               | -               | 1581.4689                                  | 1570.3814       |
| 40  | 616.1                       | 617.0           | -               | -               | 1360.8142                                  | 1351.3602       |
| 45  | 516.2                       | 516.7           | -               | -               | 1140.1595                                  | 1131.6821       |
| 50  | 422.2                       | 424.34          | -               | -               | 932.5365                                   | 929.3942        |
| 55  | 335.36                      | 335.0           | -               | -               | 740.7282                                   | 733.7207        |
| 60  | 257.6                       | 258.31          | -               | -               | 568.9754                                   | 565.7534        |
| 65  | 187.4                       | 187.3           | -               | -               | 413.9208                                   | 410.2265        |
| 70  | 128.6                       | 128.53          | -               | -               | 284.0459                                   | 281.5078        |
| 75  | 81.33                       | 81.00           | -               | -               | 179.6381                                   | 177.4071        |
| 80  | 45.84                       | 45.85           | -               | -               | 101.2494                                   | 100.4212        |
| 85  | -                           | -               | 624.0           | 624.0           | 47.7749                                    | 47.4073         |
| 90  | -                           | -               | 196.0           | 194.0           | 15.0062                                    | 14.7388         |
| 95  | -                           | -               | 33.47           | 33.28           | 2.5625                                     | 2.5284          |
| 100   | -                           | -               | 2.14            | 2.03            | 0.1638                                     | 0.1542          |

ตารางที่ 4.11 การนำไฟฟ้า ( $L$ ) และการนำไฟฟ้าจำเพาะ ( $K_{s.p.}$ ) ของกรรณำส้มใน ช่วงความเข้มข้น 12 - 18 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรรณำส้ม<br>(%โดยปริมาตร) | $L \times 10^6$ (ซีเมนส์) |               | $K_{s.p.} \times 10^8$ (ซีเมนส์/เมตร) |               |
|---|---------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
|   | 1000 (เอ็ทซ์)             | 3000 (เอ็ทซ์) | 1000 (เอ็ทซ์)                         | 3000 (เอ็ทซ์) |
| 12  | 807.25                    | 813.38        | 1783.02                               | 1781.47       |
| 13  | 820.06                    | 824.92        | 1811.31                               | 1806.75       |
| 14  | 827.41                    | 833.30        | 1827.55                               | 1825.10       |
| 15  | 831.90                    | 837.26        | 1837.46                               | 1833.78       |
| 16  | 833.14                    | 838.67        | 1840.20                               | 1836.86       |
| 17  | 829.59                    | 835.19        | 1832.36                               | 1829.24       |
| 18  | 824.01                    | 828.94        | 1820.04                               | 1815.55       |

\* เป็นค่าที่วัดได้จากเซลล์ I

ตารางที่ 4.12 การนำไฟฟ้า ( $L$ ) และการนำไฟฟ้าจำเพาะ ( $K_{s.p.}$ ) ของกรรณำส้มใน ช่วงความเข้มข้น 12-18 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรรณำส้ม<br>(%โดยปริมาตร) | $L \times 10^6$ (ซีเมนส์) |               | $K_{s.p.} \times 10^8$ (ซีเมนส์/เมตร) |               |
|---|---------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
|   | 1000 (เอ็ทซ์)             | 3000 (เอ็ทซ์) | 1000 (เอ็ทซ์)                         | 3000 (เอ็ทซ์) |
| 12  | 936.3                     | 940.02        | 2068.06                               | 2058.84       |
| 13  | 945.66                    | 949.34        | 2088.73                               | 2079.26       |
| 14  | 952.48                    | 956.42        | 2103.80                               | 2094.76       |
| 15  | 957.56                    | 961.10        | 2115.02                               | 2105.01       |
| 16  | 958.40                    | 962.64        | 2116.87                               | 2108.38       |
| 17  | 952.70                    | 956.32        | 2104.28                               | 2094.54       |
| 18  | 945.74                    | 949.14        | 2088.91                               | 2078.82       |

\* เป็นค่าที่วัดได้จากเซลล์ I



ตารางที่ 4.13 แสดงค่า  $\Lambda$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_c$  และ  $I_c$  ที่ความเข้มข้นต่างๆของกรคน้ำส้ม  
ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของกรคน้ำส้ม |          | $\Lambda \times 10^3$<br>(S cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup> ) | $\alpha \times 10^4$ | $(\alpha_c = I_c) \times 10^5$ |
|-------------------------|----------|---|----------------------|--------------------------------|
| % โดยปริมาตร            | โมล/ลิตร |   |                      |                                |
| 0.25                    | 0.04190  | 845.4287  | 216.3827             | 90.6557                        |
| 0.50                    | 0.08269  | 603.0649  | 154.3510             | 127.6318                       |
| 1                       | 0.19912  | 350.8901  | 89.8083              | 178.8263                       |
| 3                       | 0.6006   | 190.2413  | 48.691               | 292.4381                       |
| 5                       | 0.93760  | 152.1975  | 38.954               | 365.2626                       |
| 10                      | 1.90873  | 91.7014   | 23.470               | 447.9779                       |
| 15                      | 2.85698  | 64.3148   | 16.461               | 470.2881                       |
| 20                      | 3.20931  | 47.0405   | 12.0397              | 458.6297                       |
| 25                      | 4.69449  | 35.8036   | 9.1637               | 430.1888                       |
| 30                      | 5.63461  | 27.0483   | 6.9229               | 390.0760                       |
| 35                      | 6.51368  | 20.8065   | 5.3253               | 346.8736                       |
| 40                      | 7.41131  | 15.6991   | 4.0181               | 297.7938                       |
| 45                      | 8.27793  | 11.8681   | 3.0376               | 251.4479                       |
| 50                      | 9.23026  | 8.6189  | 2.2060               | 203.6158                       |
| 55                      | 10.18258 | 6.2161  | 1.5910               | 162.0019                       |
| 60                      | 10.9884  | 4.3581  | 1.1154               | 122.5679                       |
| 65                      | 11.89189 | 2.9586  | 0.7572               | 90.0502                        |
| 70                      | 12.74654 | 1.8961  | 0.4853               | 61.8577                        |
| 75                      | 13.36251 | 1.1590  | 0.2966               | 39.6386                        |
| 80                      | 14.21515 | 0.6013  | 0.1539               | 21.9233                        |
| 85                      | 15.02724 | 0.2603  | 0.06662              | 10.0111                        |
| 90                      | 15.65291 | 0.0812  | 0.02078              | 3.2527                         |
| 95                      | 16.54113 | 0.0123  | 0.00315              | 0.52105                        |
| 100                     | 17.22267 | 0.000178  | 0.000046             | 0.00784                        |

ตารางที่ 4.14 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสะสม (  $\epsilon_0$  ) และ  $-\log f_{\pm}$  ของกรรน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรรน้ำส้ม<br>(%โดยปริมาตร) | ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสะสม ( $\epsilon_0$ ) |             | $-\log f_{\pm}$                 |                                  |
|--|---|-------------|---------------------------------|----------------------------------|
|  | จากเอกสาร<br>อ้างอิงที่ 4                 | จากการทดลอง | $-(\log f_{\pm}) \times 10^2$ * | $-(\log f_{\pm}) \times 10^2$ ** |
| 0.25   | 80.75                                     | 78.50       | 1.42763                         | 1.48945                          |
| 0.50   | 81.90                                     | 78.25       | 1.64941                         | 1.76613                          |
| 1  | 82.75                                     | 77.5        | 1.91026                         | 2.10761                          |
| 3  | 83.50                                     | 75.0        | 2.38303                         | 2.79942                          |
| 5  | 83.50                                     | 72.29       | 2.64730                         | 3.28652                          |
| 10   | 82.75                                     | 68.017      | 2.95364                         | 3.96346                          |
| 15   | 80.25                                     | 63.369      | 3.16390                         | 4.50911                          |
| 20   | 77.25                                     | 59.396      | 3.31006                         | 4.91065                          |
| 25   | 74.0                                      | 55.995      | 3.42693                         | 5.20642                          |
| 30   | 70.0                                      | 54.446      | 3.55740                         | 5.18628                          |
| 35   | 66.0                                      | 51.058      | 3.67648                         | 5.40356                          |
| 40   | 61.85                                     | 47.749      | 3.77027                         | 5.55837                          |
| 45   | 57.75                                     | 46.387      | 3.85632                         | 6.00868                          |
| 50   | 53.0                                      | 48.553      | 3.96567                         | 4.52266                          |
| 55   | 48.4                                      | 22.90       | 4.07258                         | 12.51383                         |
| 60   | 44.25                                     | 19.784      | 4.07258                         | 13.62360                         |
| 65   | 39.4                                      | 16.90       | 4.17520                         | 14.06312                         |
| 70   | 34.7                                      | 14.749      | 4.20778                         | 15.16373                         |
| 75   | 31.25                                     | 13.044      | 3.96039                         | 14.68617                         |
| 80   | 26.3                                      | 11.979      | 3.83393                         | 12.47541                         |
| 85   | 21.6                                      | 11.946      | 3.49748                         | 8.50727                          |
| 90   | 18.0                                      | 11.896      | 2.63185                         | 4.89576                          |
| 95   | 12.0                                      | 12.223      | 1.94167                         | 1.88873                          |
| 100  | 6.21                                      | 6.277       | 0.63945                         | 0.63085                          |

\* คำนวณโดยใช้ค่า  $\epsilon_0$  จากเอกสารอ้างอิงที่ 4

\*\* คำนวณโดยใช้ค่า  $\epsilon_0$  จากการทดลอง

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยอิออนิกของสัมประสิทธิ์ของแอกทิวิตี ( $f_{\pm}$ ) และค่าเฉลี่ยอิออนิก-แอกทิวิตี ( $a_{\pm}$ ) ของกรรน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ความเข้มข้นของ<br>กรรน้ำส้ม<br>(%โดยปริมาตร) | $f_{\pm}$   |                | $a_{\pm}$                 |                              |
|--|-------------|----------------|---------------------------|------------------------------|
|  | $f_{\pm}^*$ | $f_{\pm}^{**}$ | $(a_{\pm})^* \times 10^4$ | $(a_{\pm})^{**} \times 10^4$ |
| 0.25   | 0.96766     | 0.96629        | 8.7724                    | 8.7599                       |
| 0.50   | 0.96273     | 0.96015        | 12.2075                   | 12.2546                      |
| 1  | 0.95697     | 0.95263        | 17.1131                   | 17.0355                      |
| 3  | 0.94661     | 0.93757        | 27.6024                   | 27.4103                      |
| 5  | 0.94086     | 0.92712        | 34.3663                   | 33.8641                      |
| 10   | 0.93425     | 0.91278        | 41.8524                   | 40.8905                      |
| 15   | 0.92974     | 0.90138        | 43.7245                   | 42.3909                      |
| 20   | 0.92660     | 0.89309        | 42.4965                   | 40.9596                      |
| 25   | 0.92413     | 0.88702        | 39.7548                   | 38.1588                      |
| 30   | 0.92135     | 0.88744        | 35.9398                   | 34.6168                      |
| 35   | 0.91883     | 0.88301        | 31.8718                   | 30.6292                      |
| 40   | 0.91685     | 0.87987        | 27.3032                   | 26.2018                      |
| 45   | 0.91503     | 0.87079        | 23.0003                   | 21.8958                      |
| 50   | 0.91273     | 0.90110        | 18.5847                   | 18.3478                      |
| 55   | 0.91049     | 0.74966        | 14.7501                   | 12.1446                      |
| 60   | 0.91049     | 0.73074        | 11.1597                   | 8.9566                       |
| 65   | 0.90834     | 0.71018        | 8.1796                    | 6.3952                       |
| 70   | 0.90766     | 0.70496        | 5.6146                    | 4.3607                       |
| 75   | 0.91284     | 0.71308        | 3.6184                    | 2.8265                       |
| 80   | 0.91551     | 0.75032        | 2.0071                    | 1.6449                       |
| 85   | 0.92263     | 0.82211        | 0.9237                    | 0.8230                       |
| 90   | 0.94120     | 0.89339        | 0.3061                    | 0.2906                       |
| 95   | 0.95628     | 0.95744        | 0.0498                    | 0.04989                      |
| 100  | 0.98538     | 0.98558        | 0.0007723                 | 0.0007725                    |

\* คำนวณจากค่า  $\epsilon_0$  ซึ่งได้จากเอกสารอ้างอิงที่ 4

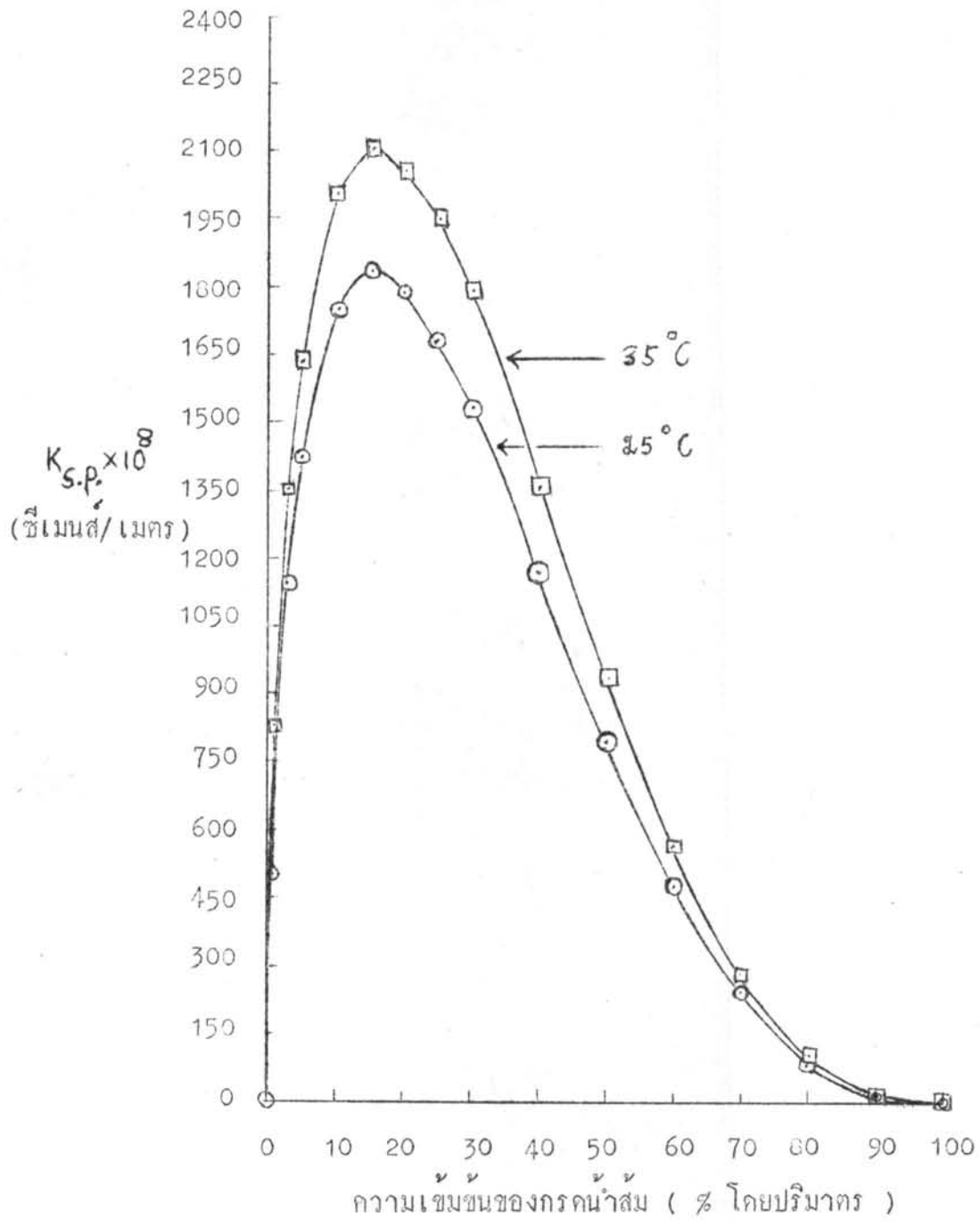
\*\* คำนวณจากค่า  $\epsilon_0$  ซึ่งได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.16 ค่าคงที่ของการแตกตัว ( $K_{dis.}$ ) และค่าคงที่ของการรวมตัว ( $K_{ass.}$ ) ของกรรณำสมเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

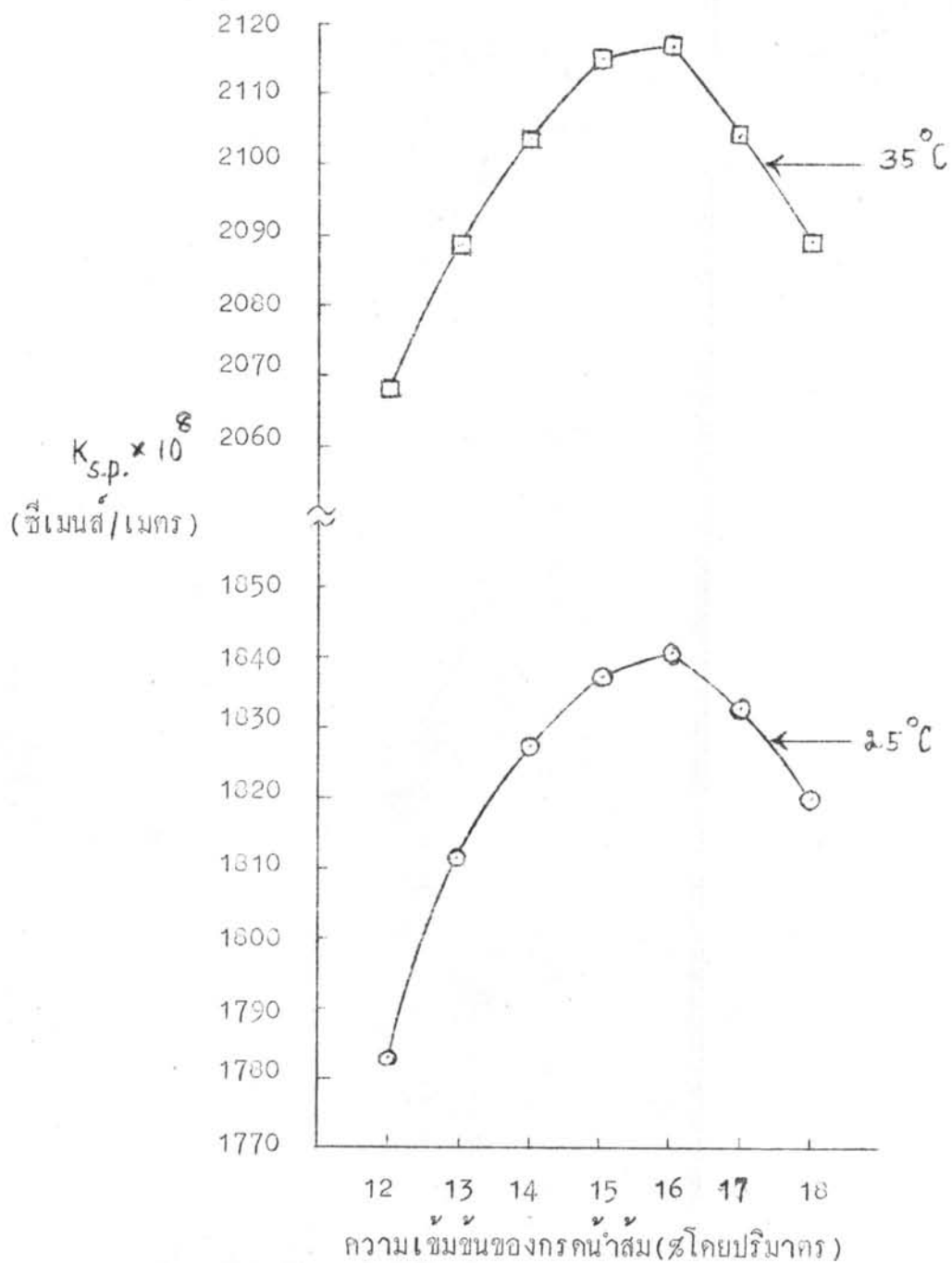
| ความเข้มข้น<br>ของกรรณำสม<br>(%โดยปริมาตร) | $K_{dis.}$                               |  |   | $K_{ass.}$                               |  |   |
|--|--|--|---|--|--|---|
|  | $K_{dis.} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$ | * $K_{dis.} = \frac{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}{1-\alpha}$ | ** $K_{dis.} = \frac{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}{1-\alpha}$ | $K_{ass.} = \frac{1-\alpha}{\alpha^2 C}$ | * $K_{ass.} = \frac{1-\alpha}{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}$ | ** $K_{ass.} = \frac{1-\alpha}{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}$ |
| 0.25                                       | $2.005 \times 10^{-5}$                   | $1.877 \times 10^{-5}$                               | $1.872 \times 10^{-5}$                                | $4.987 \times 10^4$                      | $5.326 \times 10^4$                                  | $5.342 \times 10^4$                                   |
| 0.50                                       | $2.001 \times 10^{-5}$                   | $1.855 \times 10^{-5}$                               | $1.845 \times 10^{-5}$                                | $4.998 \times 10^4$                      | $5.392 \times 10^4$                                  | $5.421 \times 10^4$                                   |
| 1  | $1.621 \times 10^{-5}$                   | $1.484 \times 10^{-5}$                               | $1.471 \times 10^{-5}$                                | $6.171 \times 10^4$                      | $6.738 \times 10^4$                                  | $6.800 \times 10^4$                                   |
| 3  | $1.431 \times 10^{-5}$                   | $1.282 \times 10^{-5}$                               | $1.258 \times 10^{-5}$                                | $6.989 \times 10^4$                      | $7.799 \times 10^4$                                  | $7.950 \times 10^4$                                   |
| 5  | $1.428 \times 10^{-5}$                   | $1.264 \times 10^{-5}$                               | $1.228 \times 10^{-5}$                                | $7.001 \times 10^4$                      | $7.908 \times 10^4$                                  | $8.145 \times 10^4$                                   |
| 10   | $1.054 \times 10^{-5}$                   | $9.199 \times 10^{-6}$                               | $8.781 \times 10^{-6}$                                | $9.489 \times 10^4$                      | $1.087 \times 10^5$                                  | $1.139 \times 10^5$                                   |
| 15   | $7.754 \times 10^{-6}$                   | $6.703 \times 10^{-6}$                               | $6.300 \times 10^{-6}$                                | $1.290 \times 10^5$                      | $1.492 \times 10^5$                                  | $1.587 \times 10^5$                                   |
| 20   | $5.528 \times 10^{-6}$                   | $4.747 \times 10^{-6}$                               | $4.409 \times 10^{-6}$                                | $1.809 \times 10^5$                      | $2.107 \times 10^5$                                  | $2.268 \times 10^5$                                   |
| 25   | $3.946 \times 10^{-6}$                   | $3.370 \times 10^{-6}$                               | $3.105 \times 10^{-6}$                                | $2.534 \times 10^5$                      | $2.968 \times 10^5$                                  | $3.221 \times 10^5$                                   |
| 30   | $2.702 \times 10^{-6}$                   | $2.294 \times 10^{-6}$                               | $2.128 \times 10^{-6}$                                | $3.701 \times 10^5$                      | $4.359 \times 10^5$                                  | $4.699 \times 10^5$                                   |
| 35   | $1.848 \times 10^{-6}$                   | $1.560 \times 10^{-6}$                               | $1.441 \times 10^{-6}$                                | $5.411 \times 10^5$                      | $6.409 \times 10^5$                                  | $6.939 \times 10^5$                                   |
| 40   | $1.197 \times 10^{-6}$                   | $1.006 \times 10^{-6}$                               | $9.267 \times 10^{-7}$                                | $8.354 \times 10^5$                      | $9.938 \times 10^5$                                  | $1.079 \times 10^6$                                   |
| 45   | $7.640 \times 10^{-7}$                   | $6.397 \times 10^{-7}$                               | $5.793 \times 10^{-7}$                                | $1.309 \times 10^6$                      | $1.563 \times 10^6$                                  | $1.726 \times 10^6$                                   |
| 50   | $4.493 \times 10^{-7}$                   | $3.743 \times 10^{-7}$                               | $3.648 \times 10^{-7}$                                | $2.226 \times 10^6$                      | $2.672 \times 10^6$                                  | $2.741 \times 10^6$                                   |
| 55   | $2.578 \times 10^{-7}$                   | $2.137 \times 10^{-7}$                               | $1.449 \times 10^{-7}$                                | $3.879 \times 10^6$                      | $4.680 \times 10^6$                                  | $6.903 \times 10^6$                                   |
| 60   | $1.367 \times 10^{-7}$                   | $1.133 \times 10^{-7}$                               | $7.301 \times 10^{-8}$                                | $7.314 \times 10^6$                      | $8.822 \times 10^6$                                  | $1.370 \times 10^7$                                   |
| 65   | $6.819 \times 10^{-8}$                   | $5.627 \times 10^{-8}$                               | $3.439 \times 10^{-8}$                                | $1.466 \times 10^7$                      | $1.777 \times 10^7$                                  | $2.907 \times 10^7$                                   |
| 70   | $3.002 \times 10^{-8}$                   | $2.473 \times 10^{-8}$                               | $1.492 \times 10^{-8}$                                | $3.331 \times 10^7$                      | $4.043 \times 10^7$                                  | $6.703 \times 10^7$                                   |
| 75   | $1.176 \times 10^{-8}$                   | $9.798 \times 10^{-9}$                               | $5.979 \times 10^{-9}$                                | $8.504 \times 10^7$                      | $1.021 \times 10^8$                                  | $1.672 \times 10^8$                                   |
| 80   | $3.374 \times 10^{-9}$                   | $2.828 \times 10^{-9}$                               | $1.900 \times 10^{-9}$                                | $2.964 \times 10^8$                      | $3.536 \times 10^8$                                  | $5.265 \times 10^8$                                   |
| 85   | $6.669 \times 10^{-10}$                  | $5.677 \times 10^{-10}$                              | $4.508 \times 10^{-10}$                               | $1.499 \times 10^9$                      | $1.761 \times 10^9$                                  | $2.218 \times 10^9$                                   |
| 90   | $6.759 \times 10^{-11}$                  | $5.988 \times 10^{-11}$                              | $5.395 \times 10^{-11}$                               | $1.479 \times 10^{10}$                   | $1.670 \times 10^{10}$                               | $1.854 \times 10^{10}$                                |
| 95   | $1.641 \times 10^{-12}$                  | $1.501 \times 10^{-12}$                              | $1.505 \times 10^{-12}$                               | $6.093 \times 10^{11}$                   | $6.663 \times 10^{11}$                               | $6.646 \times 10^{11}$                                |
| 100  | $4.306 \times 10^{-16}$                  | $4.181 \times 10^{-16}$                              | $4.182 \times 10^{-16}$                               | $2.323 \times 10^{15}$                   | $2.392 \times 10^{15}$                               | $2.391 \times 10^{15}$                                |

\* โดยใช้ค่า  $f_{\pm}$  ที่คำนวณจาก  $\epsilon_0$  ซึ่งได้จากเอกสารอ้างอิงที่ 4

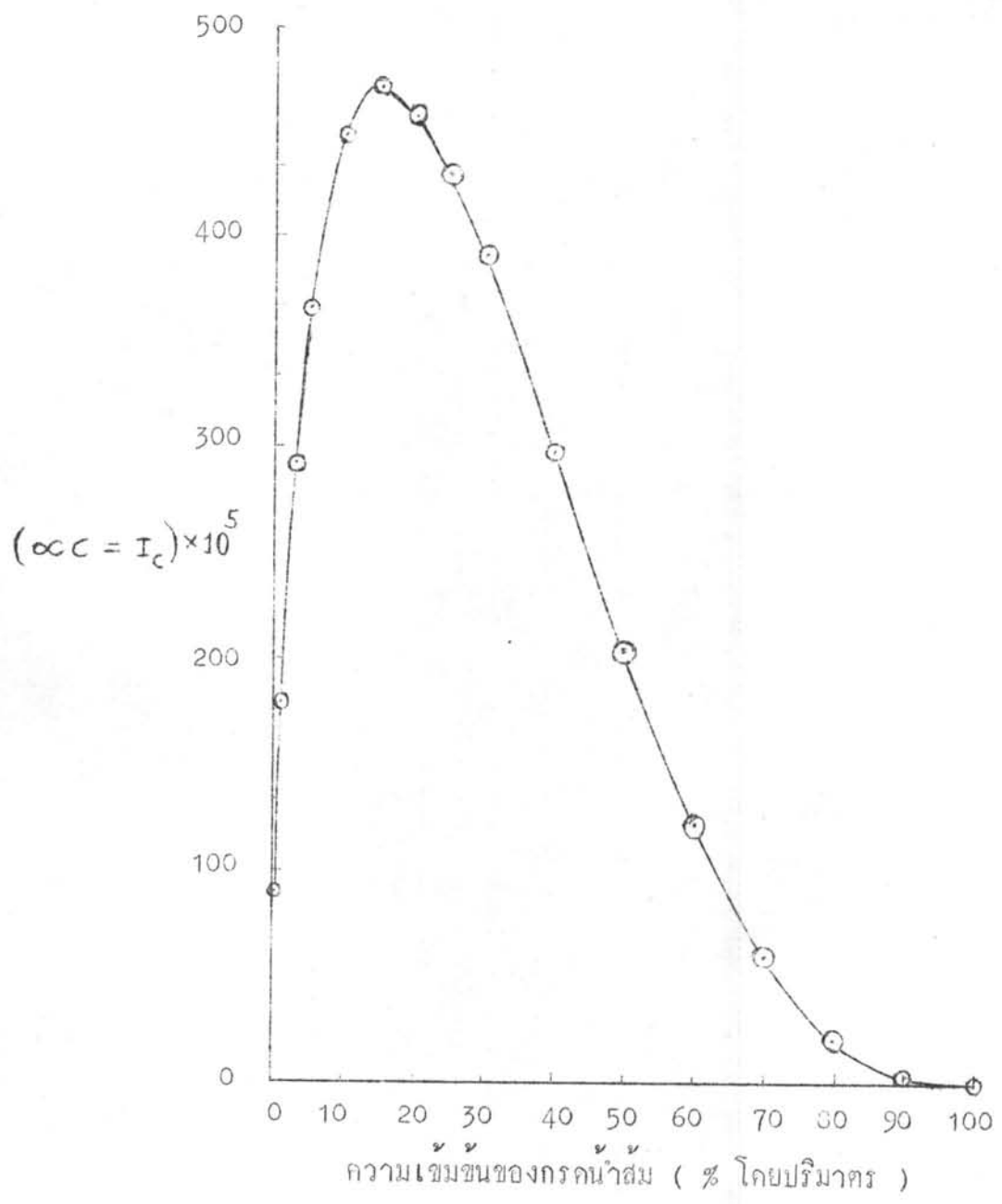
\*\* โดยใช้ค่า  $f_{\pm}$  ที่คำนวณจาก  $\epsilon_0$  ซึ่งได้จากการทดลอง



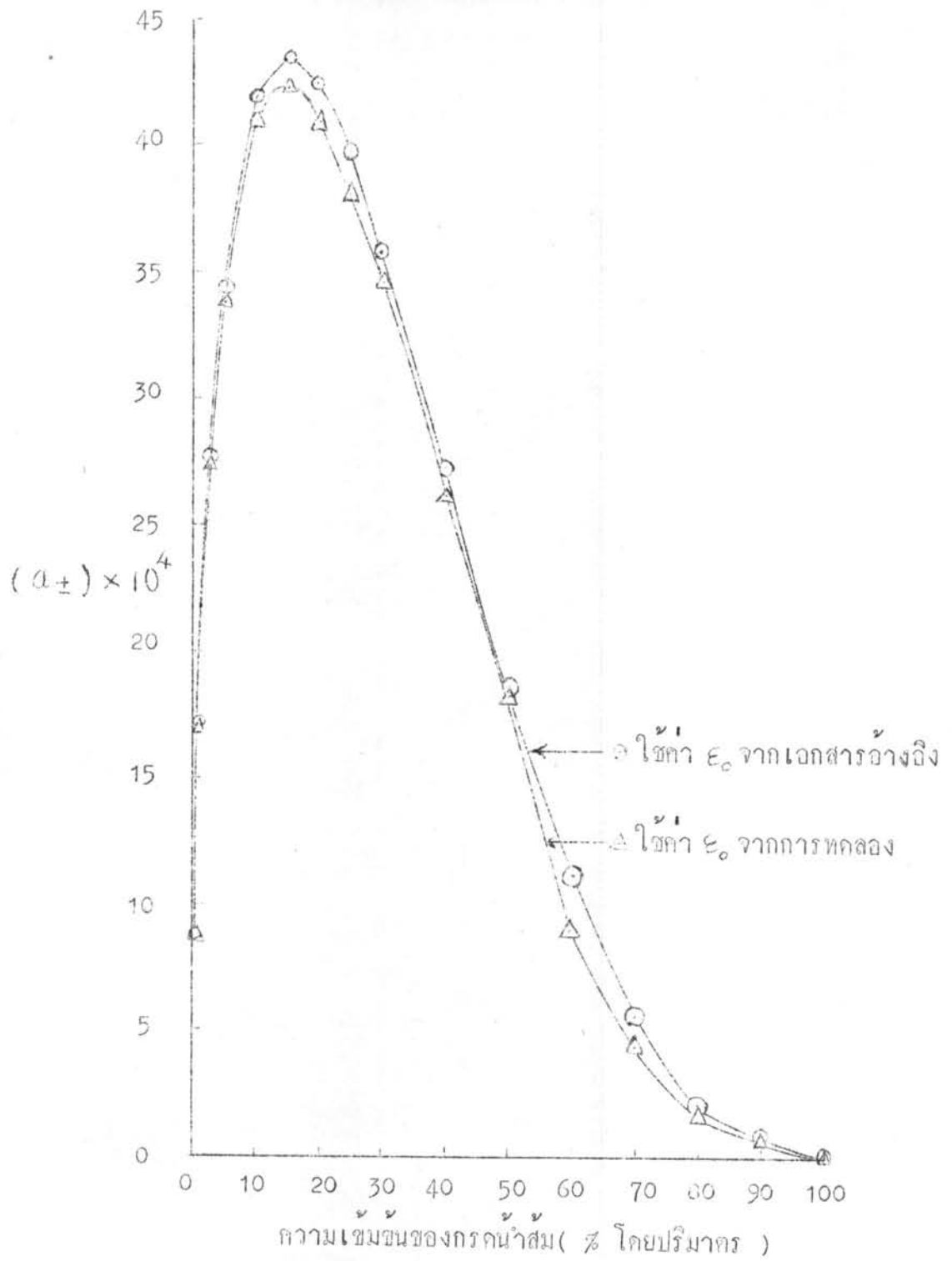
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบการนำไฟฟ้าจำเพาะของกรน้ำส้มเมื่อมีความชื้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.14 การนำไฟฟ้าจำเพาะของกรรน้ำส้มในช่วงความชื้น 12-18 % โดยปริมาตร  
ของกรร ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส

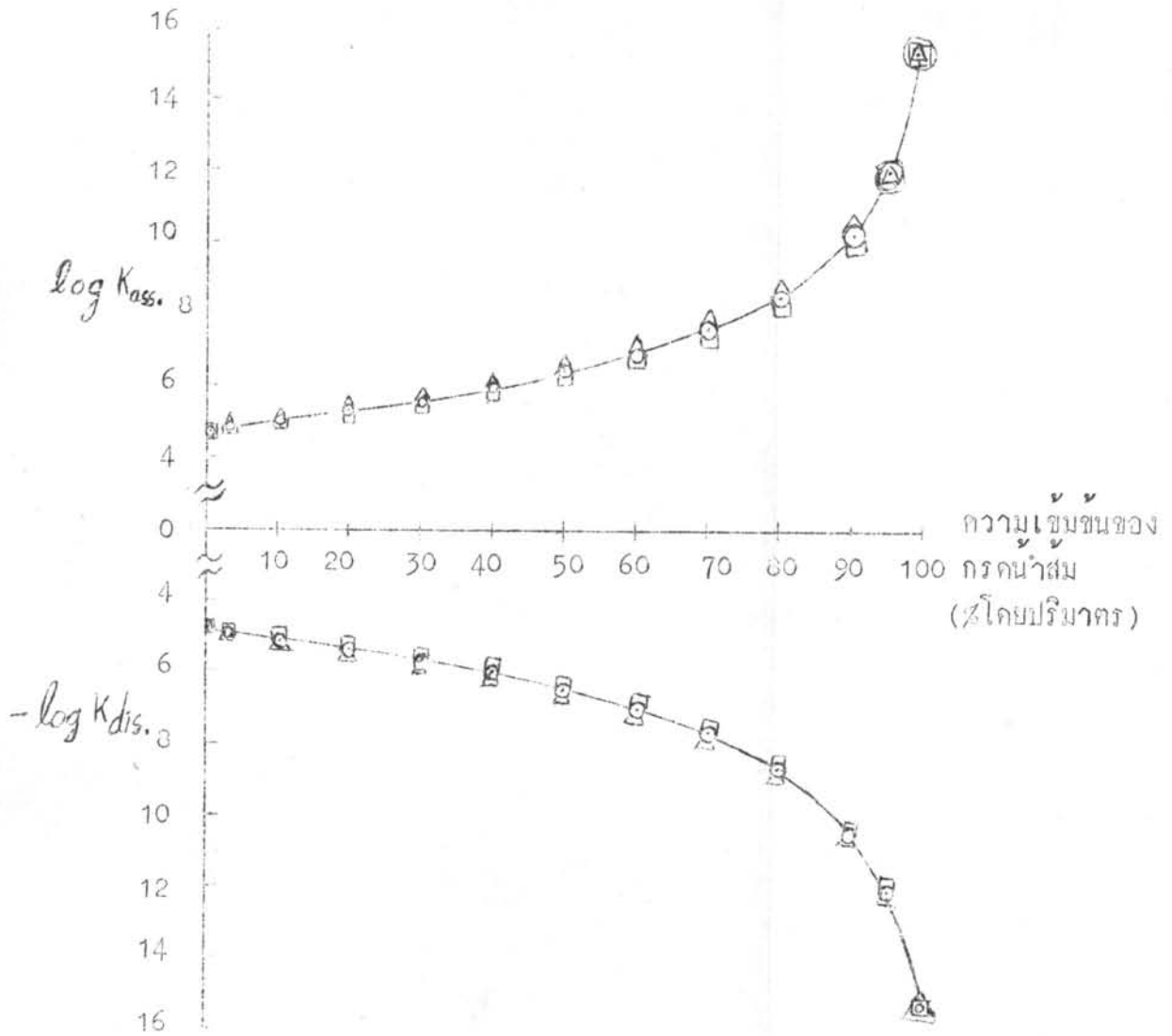


รูปที่ 4.15 ความแรงของอิออน ( $I_c$ ) และความชื้นของอิออน ( $\alpha C$ ) เมื่อกรกน้ำส้ม มีความชื้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยไดอิเล็กตริกแควิตี้ ( $a_{\pm}$ ) ของกรรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส





รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการแตกตัวและค่าคงที่ของการรวมตัว กับ ความเข้มข้นของกรรน้ำส้ม ที่จุดหนุมิ 25 องศาเซลเซียส

$$\square = K_{dis.} = \frac{1}{K_{ass.}} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} ;$$

$$\circ = K_{dis.} = \frac{1}{K_{ass.}} = \frac{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}{1-\alpha}$$

$$\Delta = K_{dis.} = \frac{1}{K_{ass.}} = \frac{\alpha^2 f_{\pm}^2 C}{1-\alpha}$$

โดยใช้ค่า  $f_{\pm}$  ที่คำนวณจากค่า  $\epsilon_0$  จากเอกสารอ้างอิง ;

โดยใช้ค่า  $f_{\pm}$  ที่คำนวณจากค่า  $\epsilon_0$  จากตารางของ )