

การศึกษารคน้ำส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยการวัดคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการ



นายสาโรช พันธุ์แพ

005410

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

A STUDY OF ACETIC ACID AT VARIOUS CONCENTRATIONS

BY

MEANS OF CERTAIN PHYSICAL PROPERTIES

Mr. Saroch Panpa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

1979

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษากรคน้ำส้มที่ความเข้มข้นต่างๆโดยการวัดคุณสมบัติทางฟิสิกส์
บางประการ
ชื่อนิสิต นายสาโรช พันธุ์แพ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ศลิขณ ทรพรพันธ์
ภาควิชา เคมี
ปีการศึกษา 2522



บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้น
ต่างๆที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คุณสมบัติที่ได้ทำการศึกษาคือความหนาแน่น (density)
ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไป (volume change) ดัชนีหักเห (refractive index) ค่าคงที่-
ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) และการนำไฟฟ้า (conductivity) โดยศึกษาตั้งแต่
ความเข้มข้น 0-100% โดยปริมาตรของกรคและแบ่งช่วงของความเข้มข้นในการศึกษา
ช่วงละ 5% โดยปริมาตร ความหนาแน่นและดัชนีหักเหของกรคน้ำส้มผสมน้ำจะมีค่าสูงกว่า
ค่าของของผสมสมมติ (ideal mixture) และพบว่าค่าความหนาแน่นสูงสุดและค่าดัชนีหักเห
สูงสุดเกิดขึ้นตรงบริเวณความเข้มข้นของกรค 75% และ 86% โดยปริมาตรของกรคตามลำดับ
เมื่อนำข้อมูลในเรื่องความหนาแน่นไปคำนวณหาค่าของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงในระบบ
ของกรคน้ำส้มผสมน้ำปรากฏว่าของผสมนี้จะหดตัวมากที่สุดเมื่อมีความเข้มข้น 50% โดยปริมาตร

สำหรับค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิก (dynamic dielectric constant) ของ
กรคน้ำส้มที่ความเข้มข้นต่างๆนั้น วัดโดยใช้วิธีนำคลื่น (waveguide method) แล้วจึงนำเอา
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิกไปคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสถิต (static dielectric
constant) และการสูญเสียไดอิเล็กตริก (dielectric loss) ซึ่งค่าเหล่านี้จะสูงขึ้นเมื่อ
ความเข้มข้นของกรคน้ำส้มลดลง และเกิดการบายเบนไปจากค่าของของผสมสมมติด้วย

ในการวัดการนำไฟฟ้าของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆนั้น ได้วัดที่อุณหภูมิ
25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductance)
สูงสุดตรงบริเวณ 16 % โดยปริมาตรของกรค จากค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะสามารถนำไป

Thesis Title A Study of Acetic Acid at Various Concentrations by
Means of Certain Physical Properties

Name Mr. Saroch Panpa

Thesis Advisor Associate Professor Salag Dhabanandana, Ph.D

Department Chemistry

Academic Year 1979

ABSTRACT

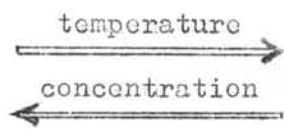
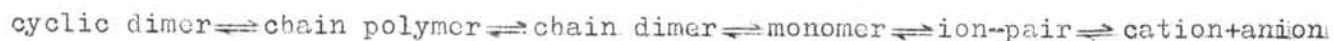
Density, volume change, refractive index, dielectric constant and electrical conductance of aqueous acetic acid solution at the concentration range of 0-100 % by volume with about 5 % interval were measured at 25 °C. Density and refractive index of aqueous acetic acid exhibited the positive deviations from those of an ideal mixture. The maximum density and refractive index occurred at about 75 % and 86 % by volume of acetic acid respectively. The maximum volume change on mixing of acetic acid and water was calculated from the density data and was found to occur at 50 % by volume.

The dynamic dielectric constant of acetic acid at various concentrations was measured by using the waveguide method. It was found that the dynamic dielectric constant as well as the derived static dielectric constant and the dielectric loss increased as the concentration of acid decreased. Deviations of those dielectric constants from the values of an ideal mixture were also found.

The maximum specific conductance of acetic acid - water mixture at 25 and 35 °C occurred at 16 % by volume of acid. The degree of dis-

sociation, activity, activity coefficient, dissociation constant and association constant of acetic acid at various concentrations were calculated from the specific conductance data.

Uses were made of the above informations together with the results reported by previous workers to elucidate the structure of acetic acid at various concentrations. The proposal of the existence of the inter-molecular hydrogen bonding in acetic acid - water system was made and the proposed equilibrium structures are given below





กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ขันธ์
ทรพน์พันธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่างๆ อย่างดียิ่ง จึงขอ
ขอบพระคุณท่านอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ในการศึกษาค้นคว้าที่ได้อธิบายครั้นนี้ ผู้เขียนได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์
ดร.อนันตสิน เกษะกำพุช แห่งภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการออกแบบและใช้
เครื่องมือเป็นอย่างดีจึงขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณณเสร์รัต ผลโภค
นิสิตปริญญาโทภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นปีการศึกษา 2518 ที่ได้กรุณาสะดวก
ให้การแนะนำช่วยเหลือในการติดตั้งและใช้เครื่องมือร่วมกับท่านอาจารย์ ดร.อนันตสิน เกษะ-
กำพุช และขอขอบพระคุณท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.พิมล เรียบวังนา แห่งภาควิชาเคมี
มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ที่ได้กรุณาให้ใช้เครื่องมือโคโพลิมิเตอร์ที่ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่และท่านยังได้ความสะดวกอื่นๆ อีกมากแก่ผู้เขียน นอกจากนี้ผู้เขียนต้องขอขอบพระคุณ
ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.สันต์ เกษะกำพุช ที่ได้ช่วยตรวจและให้คำแนะนำในการเตรียมวิทยา-
นิพนธ์ และขอขอบคุณท่านทั้งหลายที่มีใจกว้างถึงไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับ
นี้สำเร็จลงได้ด้วยความเรียบร้อย

อนึ่ง เนื่องจากผู้เขียนได้รับทุนการศึกษาจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยและได้รับ
การแต่งตั้งให้เป็นอาจารย์พิเศษที่ภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณทาง
โครงการฯ และทางภาควิชาเคมีไว้ ณ ที่นี้ด้วย

รายการสัญลักษณ์ประกอบ

E	ศักย์ไฟฟ้า (potential)
E°	ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (standard potential)
f, f_{\pm}	สัมประสิทธิ์ของแอกทิวิตีและค่าเฉลี่ยไอออนิกของสัมประสิทธิ์ของแอกทิวิตี ตามลำดับ (activity coefficient and mean ionic activity coefficient respectively)
a, a_{\pm}	แอกทิวิตีและค่าเฉลี่ยไอออนิกแอกทิวิตี ตามลำดับ (activity and mean ionic activity respectively)
$K, K_{dis.}, K_{ass.}$	ค่าคงที่ของสมดุลค่าคงที่ของการแตกตัวและค่าคงที่ของการรวมตัว ตาม- ลำดับ (equilibrium constant, dissociation constant and association constant respectively)
α	ดัชนีของการแตกตัว (degree of dissociation)
L	การนำไฟฟ้า (conductance)
$K_{sp.}$	การนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductance or conductiv- ity)
Λ	การนำไฟฟ้าสมมูลย์ (equivalent conductance)
Λ°	การนำไฟฟ้าสมมูลย์เมื่อสารละลายมีตัวอย่างยิ่ง (equivalent conductance at infinite dilution or limiting equiv- alent conductance)
C, X_0, X_1	ความเข้มข้นในหน่วยของโมลต่อลิตร อัตราส่วนจำนวนโมล (mole fraction) ของตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ตามลำดับ
A, B	ค่าคงที่ในสมการของเดอบาย-ฮักเกิล (constants of Debye-Hue- kel equation)
a	ระยะทางที่ใกล้ที่สุด (distance of closest approach)
q	ระยะทางวิกฤติสำหรับการเกิดไอออนคู่ (critical distance for ion-pair formation)

Z_1, Z_2	วาเลนซ์ของไอออนบวกและไอออนลบ ตามลำดับ (valence of cation and anion respectively)
Z_i	วาเลนซ์ของไอออน i
I, I_c	ความแรงของไอออน (ionic strength)
e	ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน
k	ค่าคงที่ของ โบลทซ์มานน์ (Boltzmann's constant)
T	อุณหภูมิ
V	ปริมาตร
$V_{app.}$	ปริมาตรของของผสมที่เรียกว่าปริมาตรที่ปรากฏ (apparent volume)
$V_{ch.}$	ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปจากการบวกทางพีชคณิต (volume change)
d, d_o, d_1	ความหนาแน่น (ของของผสม) ความหนาแน่นของตัวละลายและความหนาแน่นของตัวถูกละลาย ตามลำดับ
M, M_o, M_1	น้ำหนัก โมเลกุล น้ำหนัก โมเลกุลของตัวทำละลายและน้ำหนัก โมเลกุลของตัวถูกละลาย ตามลำดับ
$\eta, \eta_o, \eta_1, \eta_{\infty}$	คัมขีตักเท (ของของผสม) คัมขีตักเทของตัวทำละลาย คัมขีตักเทของตัวถูกละลายและคัมขีตักเทเมื่อวัดที่ความถี่อนันต์ ตามลำดับ
ν, ν_o	การหักเหจำเพาะ (specific refraction) และการหักเหจำเพาะของตัวทำละลาย ตามลำดับ
R, R_o, R_1	โมลาร์รีแฟรกชัน (molar refraction) โมลาร์รีแฟรกชันของตัวทำละลายและโมลาร์รีแฟรกชันของตัวถูกละลาย ตามลำดับ
$R_{exp.}$	โมลาร์รีแฟรกชันที่ได้จากการทดลอง
$R_{add.}$	โมลาร์รีแฟรกชันที่ได้จากการคำนวณ
ΔR	ผลต่างของโมลาร์รีแฟรกชันที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ
$R_{app.}$	แอมเพรอนต์โมลาร์รีแฟรกชัน (apparent molar refraction)
ϵ	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant)
ϵ_o	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสถิติก (static dielectric constant)

ϵ_{∞}	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของพดิกอน (optical dielectric constant)
ϵ^*	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเชิงซ้อน (complex dielectric constant)
ϵ'	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกไดนามิก (dynamic dielectric constant)
ϵ''	การสูญเสียไดอิเล็กทริก (dielectric loss)
i	จำนวนจินตภาพ
N	จำนวนอะโวกาโดร (Avogadro's number)
∞, ∞_0	โพลาไรซ์บิลิตี (polarizability) และโพลาไรซ์บิลิตีที่เกิดจากการบิดเบี้ยว (distortion polarizability) ตามลำดับ
μ	ไดโพลโมเมนต์ถาวร (permanent dipole moment)
f, ω	ความถี่และความถี่เชิงมุม ตามลำดับ
τ	ระยะเวลาการผ่อนคลายของไดโพล (Debye relaxation time)
η	ความหนืด
a	รัศมีของโมเลกุล
λ	ความยาวคลื่น
c	ความเร็วของแสงในสุญญากาศ
a	ความยาวของค่านยาวของภาคตัดขวางของท่อนำคลื่นที่เชื่อม
E_1, H_1, E_2, H_2	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอากาศและในไดอิเล็กทริก ตามลำดับ
U_0	เปอมีอเบิลิตี (permeability) ของสุญญากาศ
β_0, β	ตัวประกอบของการแผ่ (propagation factor) ในสุญญากาศและในสุญญากาศและในไดอิเล็กทริก ตามลำดับ
Γ	สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน (reflection coefficient)
P_0, P	เปอมีกิตีวตี (permittivity) ของอากาศและของไดอิเล็กทริก ตามลำดับ
P', P''	เปอมีกิตีวตีของไดอิเล็กทริกในส่วนจริงและส่วนจินตภาพ ตามลำดับ
ρ	อัตราส่วนของอำนาจที่สะท้อนต่ออำนาจที่ตกกระทบ (อำพันคือ amplitude)
ν	เฟสชิฟต์ (phase shift)

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิจกรรมประกาศ	จ
รายการสัญลักษณ์ประกอบ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ฎ



บทที่		
1. บทนำ		1
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		8
3. เทคนิคการทดลอง		21
การเตรียมสารเคมีที่สำคัญ		21
การวัดคุณสมบัติทาง โมเลกุลและทาง ไฟฟ้าที่สำคัญ		23
การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก		23
การวัดการนำไฟฟ้า		28
การวัดคุณสมบัติทาง โมเลกุลอื่นๆ		26
การวัดความหนาแน่น		28
การวัดดัชนีหักเห		29
4. ผลการทดลองและการคำนวณ		30
คุณสมบัติทาง โมเลกุล		30
ความหนาแน่นและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง		30
ดัชนีหักเห		36
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก		46
คุณสมบัติทาง ไฟฟ้า		58
การนำไฟฟ้า		58

5. สรุปและวิจารณ์	71
ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับคุณสมบัติของกรคน้ำส้ม	71
ประสิทธิภาพของเครื่องมือและประสิทธิภาพของวิธีวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	76
ผลกระทบของงานวิจัยนี้ต่องานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง	77
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป	80
เอกสารอ้างอิง	82
ภาคผนวก	85
ประวัติผู้เขียน	86

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	การวัดการนำไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างกรคน้ำส้มที่ค่าให้บริสุทธิ์ โดยการทำให้แข็งตัวกับกรคน้ำส้มที่ไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	21
3.2	การวัดการนำไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างกรคน้ำส้มที่ค่าให้บริสุทธิ์ โดยการรีฟลักซ์แล้วกลั่นส่วนกับกรคน้ำส้มที่ไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์ เมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	22
3.3	แสดงค่าดัชนีหักเหของสารประกอบมาตรฐานที่ได้จากเอกสารอ้างอิงและจากการทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	29
4.1	ความหนาแน่นของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	31
4.2	ปริมาตรที่ปรากฏและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	32
4.3	ดัชนีหักเหของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 35 องศาเซลเซียส	38
4.4	โมลารี่ที่แปรผันจากการทดลอง โมลารี่ที่แปรผันจากการคำนวณและผลต่างของโมลารี่ที่แปรผันที่ได้จากการทดลองและการคำนวณของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	39
4.5	โมลารี่ที่แปรผัน แอพเพเรนต์โมลารี่ที่แปรผันและผลต่างระหว่างแอพเพเรนต์โมลารี่ที่แปรผันกับโมลารี่ที่แปรผันของตัวถูกละลายที่มีบริสุทธิ์ ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	40
4.6	อัตราส่วนของอำนาจที่สะท้อนต่ออำนาจที่หักกระหม่ เฟสซีฟท์และค่าคง-	

	ที่โคอีเซคตริกไดนามิกของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่	
	จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	49
4.7	แสดงค่าระยะเวลาของการผอมลงตาย ค่าคงที่โคอีเซคตริกออก- ทิกคอด ค่าคงที่โคอีเซคตริกสะแตกิกของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้ม ข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	52
4.8	แสดงค่าการสูญเสียโคอีเซคตริกเมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้น ต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	56
4.9-4.12	การนำไฟฟ้าและการนำไฟฟ้าจำเพาะของกรคน้ำส้มเมื่อมีความ เข้มข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 และ 35 องศาเซลเซียส	59-61
4.13	แสดงค่าการนำไฟฟ้าสมมุติ คำนีของการแตกตัว ผลคูณระ- หว่างคำนีของการแตกตัวกับความเข้มข้นและความแรงของอิ- ออนของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศา- เซลเซียส	62
4.14	แสดงค่าคงที่โคอีเซคตริกสะแตกิกและ $\log f_{\pm}$ ของกรคน้ำส้ม เมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	63
4.15	ค่าเฉลี่ยอนินิคของสัมประสิทธิ์ของแอกติวิตีและค่าเฉลี่ยอนินิค แอกติวิตี ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	64
4.16	ค่าคงที่ของการแตกตัว และค่าคงที่ของการรวมตัวของกรคน้ำส้ม เมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดหมุนี 25 องศาเซลเซียส	65
5.1	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุล ความหนาแน่น จุดเดือด และค่าคงที่โคอีเซคตริกสะแตกิกของสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเล- กุลใกล้เคียงกับกรคน้ำส้ม	72

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	การสะท้อนของไมโครเวฟที่ผิวหน้าของไดอิเล็กตริกที่ยาวมาก ในท่อนำคลื่นชนิดท่อเหลี่ยม	13
3.1	แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้หาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกด้วย เทคนิคของการหาลิมิตของการสะท้อน	25
4.1	ความหนาแน่นของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	33
4.2	เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ปรากฏเมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	34
4.3	เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงเมื่อกรคน้ำส้มมีความเข้มข้น ต่างๆ ที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	35
4.4-4.5	ดัชนีหักเหของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดเหตุมี 20, 25 และ 35 องศาเซลเซียส	41-42
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของโมดาร์รีแฟรกซ์ที่ไถ่จากการหัก สองและการคำนวณ กับความเข้มข้นของกรคน้ำส้มที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	43
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของแอมพลิจูดโมดาร์รีแฟรกซ์ กับโมดาร์รีแฟรกซ์ของตัวถูกละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์กับความ เข้มข้นของกรคน้ำส้มที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	44
4.8	โมดาร์รีแฟรกซ์ของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ ที่จุดเหตุมี 25 องศาเซลเซียส	45
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกไดนามิกกับความเข้ม ของกรคน้ำส้ม	50

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการนอนหลับกับความเข้มข้น
ของกรคน้ำส้ม 53

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสะท้อนกับความเข้ม
ของกรคน้ำส้มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 54

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียไดอิเล็กตริกกับความเข้มข้นของ
กรคน้ำส้ม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 57

4.13-4.14 เปรียบเทียบการนำไฟฟ้าจำเพาะของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้ม
ขึ้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส 66-67

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของไอออนและความเข้มข้นของ
ไอออนกับความเข้มข้นของกรคน้ำส้มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซล-
เซียส 68

4.16 ค่าเฉลี่ยไอออนิกแอกทิวิตีของกรคน้ำส้มเมื่อมีความเข้มข้นต่างๆ
ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 69

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการแตกตัวและค่าคงที่ของการ
รวมตัวกับความเข้มข้นของกรคน้ำส้ม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซล-
เซียส 70