สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการแยกสารผสมสังเคราะห์โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

นางสาวพัตราพร จอมเมืองบุตร
นางสาววรรณฑา เศิกศิริ
นางสาวศศิลักษณ์ ตีทอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49277
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2547
.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา เคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Separation of Synthesis Potassium Chloride and Potassium Fluoride Mixture

Miss Pattraporn Jommuenbout

Miss Wantha Seaksiri

Miss Sasilak Teethong

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาการแยกสารผสมสังเคราะห์โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

นักศึกษา นางสาวพัตราพร จอมเมืองบุตร
นางสาววรรณฑา เศิกสิริ
นางสาวศศิลักษณ์ ตีทอง

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	.....
กรรมการ	ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	.....
กรรมการ	รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	.....

.....
(รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การศึกษาการแยกสารผสมสังเคราะห์โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์
นักศึกษา	นางสาวพัตราพร จอมเมืองบุตร
	นางสาววรรณฑา เศิกศิริ
	นางสาวศศิลักษณ์ ตีทอง
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแยกสารผสมเกลือโพแทสเซียมและเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ โดยอาศัยความสามารถในการละลายที่แตกต่างกันของเกลือทั้งสองชนิดในตัวทำละลายเมทานอล เอทานอล ไอโซโพรพานอล และน้ำกลั่น

จากการทดลองนำเกลือผสมของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ละลายน้ำกลั่นและเพิ่มอุณหภูมิจนสารละลายหมด และทำการตกผลึกโดยลดอุณหภูมิลงให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง กรองเอาผลึกออกและล้างผลึกด้วยเมทานอลและนำผลึกมาหาปริมาณคลอไรด์ไอออนและฟลูออไรด์ไอออน โดยวิธีโพเทนชิออเมทรี พบว่าผลึกที่ได้มีปริมาณการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 42.78 และของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.002 มีความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 97.28 และในเมทานอลที่ใช้ล้างผลึกพบว่ามีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 13.5 และ 0.59 จากนั้นนำสารละลายส่วนที่กรองได้จากการตกผลึกครั้งแรกมาทำการตกผลึกอีกครั้งโดยการเติมสารแทนที่ ใช้ไอโซโพรพานอล ซึ่งพิจารณาจากค่าการละลายของเกลือทั้งสองชนิดที่ไม่ละลายในไอโซโพรพานอล และปริมาณไอโซโพรพานอลที่ใช้คำนวณจากแผนภาพวัฏภาคของเกลือทั้งสอง กรองเอาผลึกส่วนที่สองออกมาและล้างด้วยเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าผลึกที่ได้มีปริมาณการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 7.29 และ 0.01 มีความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 94.44 และในเมทานอลที่ใช้ล้างผลึก พบว่ามีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 2.06 และ 0.18 จากนั้นนำสารละลายส่วนที่กรองได้จากการตกผลึกครั้งที่สอง มาทำการระเหยและหาปริมาณของเกลือทั้งสอง พบว่ามีการกลับคืนของของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 19.00 และ 97.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Study on Separation of Synthesis Potassium Chloride and Potassium Fluoride Mixture

Name Miss Pattraporn Jommuenbout
Miss Wantha Seaksiri
Miss Sasilak Teethong

Department Chemistry

Program Environmental Resource Chemistry

Academic Year 2002

Special Project Advisor Assoc. Prof. Arunee Kongsakphaisal

ABSTRACT

This research studies on the separation of mixture of potassium chloride and potassium fluoride mixtures, according to their solubility in methanol, ethanol, isopropanol and water.

The mixtures of potassium chloride and potassium fluoride ratio 1:1 were dissolved in water and heated until completely dissolved, cooled down at room temperature. The first crystallization was filtered and washed by methanol. The chloride ion and fluoride ion in the first crystal was determined by potentiometric methode. The recovery of potassium chloride and potassium fluoride are 42.78% and 0.002%. The purity of potassium chloride is 97.28%. The percent recovery of potassium chloride and potassium fluoride from methanol washing solution are 13.50 and 0.59. The filtrate from the first crystallization was recrystallized by drowning out technique using isopropanol as drowning out solvent, which selected from their solubility, that can't dissolve in isopropanol. The isopropanol quantity was calculated from phase diagram. The second crystallization was filtered and washed by methanol. The recovery of potassium chloride and potassium fluoride crystal are 7.29% and 0.01%, and the purity of potassium chloride is 94.44%. The recovery of potassium chloride and potassium fluoride from methanol washing solution are 2.05% and 0.18%. The filtrate from the second crystallization was evaporated to dryness and found that. The recovery of potassium chloride and potassium fluoride are 19.00% and 97.50%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาลเป็นอย่างยิ่งที่ให้คำแนะนำ และชี้แนะข้อผิดพลาด อีกทั้งยังช่วยเหลือในการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม และการเขียนรายงาน

ขอขอบคุณคณะกรรมการ ภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติม และชี้แนะข้อผิดพลาด

ขอขอบคุณคณาอาจารย์ทุกท่านที่สละเวลาให้แก่นักศึกษาในการตอบคำถาม และแก้ไขปัญหาต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง

โครงงานพิเศษนี้มิอาจเสร็จสุล่วงไปได้ถ้าขาดทุกท่านที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น จึงขอขอบคุณทุกท่านไว้ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวพัตราพร จอมเมืองบุตร
นางสาววรรณฑา เศิกศิริ
นางสาวศศิลักษณ์ ตีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		III
กิตติกรรมประกาศ		IV
สารบัญ		V
สารบัญตาราง		VII
สารบัญรูป		IX
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4	ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6	ระยะเวลาในการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ		
2.1	ลักษณะ และคุณสมบัติของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์	5
2.2	การตกผลึก	6
2.3	เทคนิคโพเทนชิออเมทริกไทเทรชันของปฏิกิริยาการตกตะกอน	21
2.4	การหาปริมาณฟลูออไรด์	28
2.5	วัฏภาคระบบ 3 ส่วนประกอบ	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย		
3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	33
3.2	อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	33
3.3	การดำเนินการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล		
4.1	การหาค่าการละลายอิ่มตัวของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์	37
4.2	การศึกษาวัฏภาคของสารละลาย	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แยกสารผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้จากากรสังเคราะห์อัตราส่วน 1 : 1 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 69
เอกสารอ้างอิง 71
บรรณานุกรม 72
ภาคผนวก ก. การหาค่าการละลายอิ่มตัว 73
ภาคผนวก ข. การศึกษาวัฏภาคของสารละลาย 83
ภาคผนวก ค. แยกสารผสมโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้ 115
จากการสังเคราะห์อัตราส่วน 1 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของโพแทสเซียมคลอไรด์ และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ 6
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติตัวทำละลายสำหรับการตกผลึก 13
ตารางที่ 2.3 ปริมาตรการไทเทรตคลอไรด์ ด้วย 0.1000 MagNO
โดยการวัดศักย์ไฟฟ้า 26
ตารางที่ 3.1 ปริมาตรสารละลายผสมระหว่างสารละลายโพแทสเซียม
คลอไรด์ หรือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่อิ่มตัวกับน้ำกลั่น 36
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนสารผสมของไทแทรนต์ที่ใช้ในการไทเทรต 36
ตารางที่ 4.1 การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณภูมิต่างๆ 37
ตารางที่ 4.2 การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณภูมิต่างๆ 39
ตารางที่ 4.3 การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเอทานอลที่อุณภูมิต่างๆ 41
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ อิ่มตัว
โพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว และตัวทำละลาย 44
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เมทานอล(เมทานอล:น้ำ = 25:5) 44
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เมทานอล(เมทานอล:น้ำ = 30:10) 46
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เมทานอล(เมทานอล:น้ำ = 35:5) 48
ตารางที่ 4.8 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เอทานอล(เอทานอล:น้ำ = 25:5) 50
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เอทานอล(เอทานอล:น้ำ = 30:10) 52
ตารางที่4.10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
เอทานอล(เอทานอล:น้ำ = 35:5) 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.11 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
ไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล:น้ำ = 25:5) 56
ตารางที่4.12 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
ไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล:น้ำ = 30:10) 58
ตารางที่4.13 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และ
ไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล:น้ำ = 35:5) 60
ตารางที่4.14 เปอร์เซนต์ความบรสุทธิ์ และเปอร์เซนต์การนำกลับคืนของ
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ค่าการละลายของ KNO_3 - $NaNO_3$ – NH_4NO_3 8
รูปที่ 2.2 ค่าการละลายของ NaCl – $(NH_4)_2SO_4$ – K_2CO_3 9
รูปที่ 2.3 ค่าการละลายของ Na_2SO_4 – H_2O - CH_3OH ที่ 40 องศาเซลเซียส 10
รูปที่ 2.4 ค่าการละลายเทียบกับการละลาย 14
รูปที่ 2.5 การแยกของสารผสมให้บริสุทธิ์โดยวิธีการตกผลึก 15
รูปที่ 2.6 วิธีการทำให้ผลึกแห้ง 17
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการตกผลึก โดยวิธี Semi-microscale crystallization-Hirsch funnel 18
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการกำจัดสารปนเปื้อนที่ไม่ละลายในกระบวนการตกผลึกแบบ Semi-microscale crystallization 19
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการตกผลึก โดยวิธี Semi-microscale crystallization 20
รูปที่ 2.10 เทคนิคโพเทนชิออเมทริกไทเทรชันเคอร์ฟของปฏิกิริยาการตกตะกอนของไอออนผสม 24
รูปที่ 2.11 กราฟการไทเทรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้า 27
รูปที่ 2.12 การตอบสนองของ ISE ต่อค่าแอคติวิตี้ และความเข้มข้น 29
รูปที่ 2.13 แผนภาพวัฏภาคของระบบ 3 ส่วนประกอบ 30
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภมิต่างๆ 38
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณหภมิต่างๆ 40
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเอทานอลที่อุณหภมิต่างๆ 42
รูปที่ 4.4 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล(เมทานอล : น้ำ = 25 : 5) 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 30 : 10) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล(เมทานอล : น้ำ = 30 : 10) 47

รูปที่ 4.6 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 : 5) และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 : 5) 49

รูปที่ 4.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5) และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5) 51

รูปที่ 4.8 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 30 : 10) และ ฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 30 : 10) 53

รูปที่ 4.9 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 : 5) และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 : 5) 55

รูปที่ 4.10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 : 5) 57

รูปที่ 4.11 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล : น้ำ = 30 : 10) และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 30 : 10) 59

รูปที่ 4.12 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ - น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 : 5) 61

รูปที่ 4.13 การหาปริมาตรสารแทนที่จากแผนภาพวัฏภาคชนิดตัวทำละลาย ไอโซโพรพานอล : น้ำที่อัตราส่วน 30 : 10 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 แผนผังการแยกสารผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และ
โพแทสเซียมฟลูออไรด์ 66
รูปที่ 4.15 กราฟเปอร์เซนต์ความบริสุทธิ์ และของการกลับคืนของเกลือ
โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่แยกได้ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในกระบวนการอุตสาหกรรมผลิตแทนทาลัมมีการปล่อยของเสียจากน้ำล้างเกลือในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแทนทาลัมมีสูตรการผลิตดังนี้

K_2TaF_7	1	ส่วน
KF	1	ส่วน
KCl	1	ส่วน
TaF	0.03	ส่วน
Na_2SO_4	0.002	ส่วน
Sulfur	0.00125	ส่วน

ดังนั้นทางโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแทนทาลัมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสียและน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เนื่องจากของเสียจากน้ำล้างเกลือมีความเข้มข้นขององค์ประกอบของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสซียมฟลูออไรด์สูงจึงเกิดแนวความคิดที่เป็นไปได้ในการตกผลึกเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์กลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต ลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด และลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม

ในการทดลองแยกสารละลายผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ด้วยเทคนิคการตกผลึก ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต แต่พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์มีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสาเหตุของปัญหาของเสียที่ปล่อยออก และการทดลองแยกสาร โดยการตกผลึกเบื้องต้น พบว่าผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ไม่สามารถแยกให้ได้บริสุทธิ์ จึงทำการศึกษาหาเทคนิคการแยกสารละลายผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ให้บริสุทธิ์มากขึ้นและเพียงพอสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้เทคนิคการตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization) (เพื่อช่วยลดค่าการละลายของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการละลายอิ่มตัวของสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลาย น้ำกลั่น เมทานอล เอทานอล และไอโซโพรพานอล

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization)ที่ใช้แยกสารละลายผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ให้บริสุทธิ์

2. เพื่อศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณไอออนคลอไรด์ และฟลูออไรด์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. หาค่าการละลายอิ่มตัวของสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ในตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล เอทานอล และไอโซโพรพานอล

2. ศึกษาวัฏภาคของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในสารละลายผสมในตัวทำละลาย และที่อุณหภูมิต่างๆ

3. ศึกษาการแยกสารละลายผสมสังเคราะห์เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่อัตราส่วน 1:1 โดยใช้เทคนิคการตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization)

4. วิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ ไอออน และฟลูออไรด์ไอออนด้วยเทคนิคโพเทนชิออเมทรี (Potentiometric Technique) ทำการศึกษาโดยใช้ ซิลเวอร์อิเล็กโทรดรวม (Combination Silver Electrode) และฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (Fluoride Ion Selective Electrode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแยกสารละลายผสมสังเคราะห์เกลือลลโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ให้บริสุทธิ์

2. หาค่าการละลายอิ่มตัวของสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายน้ำกลั่น เมทานอล เอทานอล และไอโซโพรพานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

3. ศึกษาวัฏภาคของสารละลายเกลือผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น โดยใช้เทคนิคการตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization)

4. ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ ไอออน และฟลูออไรด์ไอออนด้วยเทคนิคโพเทนชิออเมทรี (Potentiometry)โดยใช้ ซิลเวอร์อิเล็กโทรดรวม (Combination Silver Electrode) และฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (Fluoride Ion Selective Electrode)ตามลำดับ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเทคนิคการตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization)เพื่อแยกสารละลายผสมสังเคราะห์เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ให้บริสุทธิ์

2. สามารถนำผลึกเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่บริสุทธิ์กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตแทนทาลัมในระดับอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการลดต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เ
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล												
2. ตั้งวัตถุประสงค์และขอบเขต												
3. จัดทำเค้าโครงงานวิจัย												
4. เสนอเค้าโครงงานวิจัย												
5. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมี												
6. ทำการทดลอง - วิจัย												
7. รวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดลอง												
8. สรุปและวิจารณ์												
9. ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม												
10. จัดทำรูปเล่มรายงานและเตรียมเสนอ												
11. เสนองานวิจัย												
12. แก้ไขรูปเล่มรายงาน												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โพแทสเซียมคลอไรด์ และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์

โพแทสเซียมคลอไรด์และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีรสชาติเค็มมาก พันธะในโมเลกุลโพแทสเซียมคลอไรด์ และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ เป็นพันธะไอออนนิก ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมที่มีค่าไอออนไนเซชันต่ำ (พวกโลหะ) กับ อะตอมที่มีค่าสัมภรรคภาพอิเล็กตรอนสูง (พวกอโลหะ)

โพแทสเซียมคลอไรด์ เกิดจาก

1. แร่ ซิลไวท์ (Sylvite) ทำให้บริสุทธิ์โดยการตกผลึก (Crystallization) หรือ การลอยตัว (Floatation)
2. สกัดมาจากทะเลสาบน้ำเค็ม ทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีการตกผลึก (recrystallization)

กระบวนการผลิตโพแทสเซียมฟลูออไรด์ คือ การทำให้ไฮโดรเจนฟลูออไรด์(HF)เป็นกลาง ด้วยโพแทสเซียมคลอเรต($KClO_3$) คุณสมบัติของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์มีความใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

โพแทสเซียมคลอไรด์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่นใช้ทำปุ๋ย เนื่องจากเป็นสารอาหารของพืช เป็นแหล่งของเกลือโพแทสเซียม ใช้ในการเตรียมยา ใช้เป็นสารเคมีในการทำการทดลอง และเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution)

ประโยชน์ของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ได้แก่ ใช้กัดแก้ว ใช้เป็นวัตถุกันเสีย ยาฆ่าแมลง โลหะบัดกรี และสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกริยาฟลูออริเนชัน (Fluorination Reaction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ [1]

คุณสมบัติ	โพแทสเซียมคลอไรด์(KCl)	โพแทสเซียมฟลูออไรด์(KF)
น้ำหนักโมเลกุล	74.551	58.0967
จุดหลอมเหลว($^{\circ}$C)	772	846
ความหนาแน่น (g/l)	1.987	2.48
สถานะ	ผลึก	ผลึก
สีของผลึก	สีขาวหรือไม่มีสี	สีขาวหรือใส
การละลาย	น้ำ , ละลายได้น้อยมากใน แอลกอฮอล์	น้ำ , ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)
การไม่ละลาย	อีเทอร์,อะซิโตน	แอลกอฮอล์
เอนโทรปีของการเกิดสาร (298 KJ/ (mol.K)	62.78	60.46
เอนทาลปีของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (KJ/mol)	17.22	-17.73

2.2 การตกผลึก (Crystallization) [2]

การตกผลึก คือ การเปลี่ยนสารตัวเดียว หรือหลายตัว ซึ่งอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ ให้อยู่ในสถานะผลึก ซึ่งการตกผลึกเป็นกระบวนการแยกสารโดยใช้อุณหภูมิเพื่อทำให้สารบริสุทธิ์จากสารละลาย จากสารหลอมละลาย และ ก๊าซเฟส

การตกผลึกแบ่งแยกได้เป็น 2 แบบ โดยอาศัยชนิดของสาร คือ

1. การตกผลึกจากสารหลอมละลาย (Melt Crystallization)
2. การตกผลึกจากสารละลาย (Solution Crystallization)

การตกผลึกที่นิยมใช้กันมากและดีที่สุด คือการให้สารที่เป็นของแข็งตกผลึกจากสารละลาย (Solution Crystallization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การตกผลึกจากสารหลอมละลาย [2]

เครื่องตกผลึกประกอบด้วย ท่อซึ่งมีผนังที่เปียกชื้น และคอลัมน์ฟองก๊าซ ของผสมซึ่งถูกหลอมละลายอยู่ภายในท่อจะถูกแยกออกมา และนำไปสู่ท่อที่มีความเย็น ในเวลาไม่นานก็จะเกิดของแข็งเป็นจำนวนมากเกาะติดกับผนังท่อ ซึ่งมาจากส่วนประกอบเพียงหนึ่งส่วน หรือหลายๆ ส่วน ของแข็งเหล่านี้จะหลอมละลายได้ยากมากขึ้น การหลอมละลายยังคงเกิดอยู่ภายในบริเวณใจกลางท่อ ซึ่งถูกนำออกไปสู่บริเวณปลายท่อ กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น เรียกว่า **" กระบวนการเค้นออก "** ซึ่งกระบวนการนี้ ชั้นของผลึกถูกให้ความร้อนอย่างช้าๆ จากส่วนประกอบเพียงหนึ่งส่วน หรือหลายๆส่วน ชั้นของผลึกยังคงหลอมละลายได้ยาก การให้ความร้อนอย่างช้าๆสามารถทำให้ผลึกบริสุทธิ์ได้มาก

ณ บริเวณผนังท่อที่เปียกชื้น มีของผสมเมื่อถูกแยกออกมาแล้วจะนำไปยังส่วนบนของท่อที่มีความเย็น หรือท่อที่มีการห่อหุ้มด้วยแผ่นฟิล์ม จากนั้นของผสมจะถูกทำให้หมุนเวียนด้วยปั๊ม เมื่อชั้นของผลึกเกิดอย่างต่อเนื่อง และมีความหนา ความไม่บริสุทธิ์ของผลึกจะเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามความบริสุทธิ์ของผลึกสามารถควบคุมได้โดยการให้ความร้อน และการหลอมละลายบางส่วน ณ บริเวณคอลัมน์ฟองก๊าซ ชั้นของผลึกจะเกิดขึ้นบริเวณท่อที่ห่อหุ้มด้วยความเย็น ฟองก๊าซของก๊าซเฉื่อยลอยสูงขึ้นอยู่ตลอดการหลอมละลาย จึงมีผลทำให้เกิดความร้อน และการส่งผ่านมวลในขณะเดียวกัน

2.2.2 การตกผลึกจากสารละลาย สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทตามชนิดของการตกผลึกคือ [11]

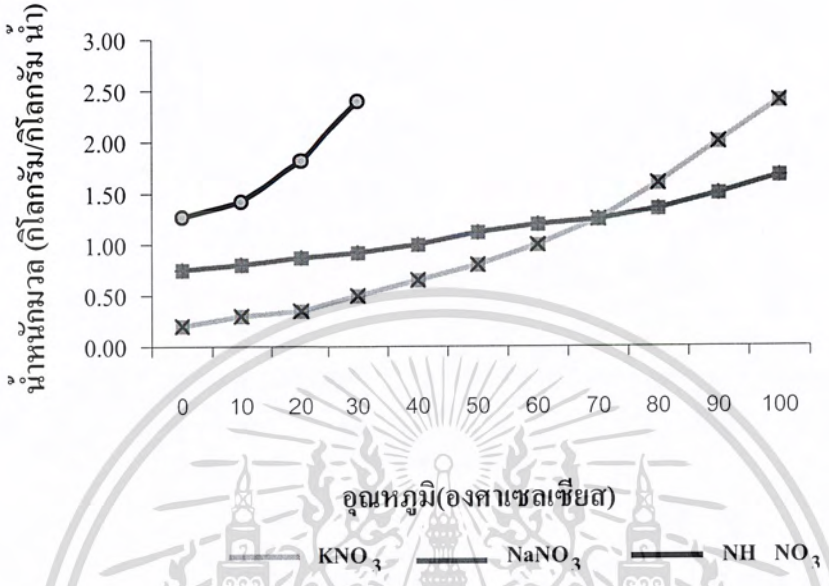
2.2.2.1 ชนิดของการตกผลึกจากสารละลาย

1. การตกผลึกโดยใช้ความเย็น (Cooling Crystallization)

เป็นการทำให้เกิดผลึกโดยการลดอุณหภูมิของสารละลาย หลังจากที่เพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้สารที่ต้องการทำให้สารบริสุทธิ์ละลาย ใช้กับสารที่มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ตัวอย่างเช่น สารละลายโพแทสเซียม, โซเดียม และแอมโมเนียมไนเทรต ซึ่งค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



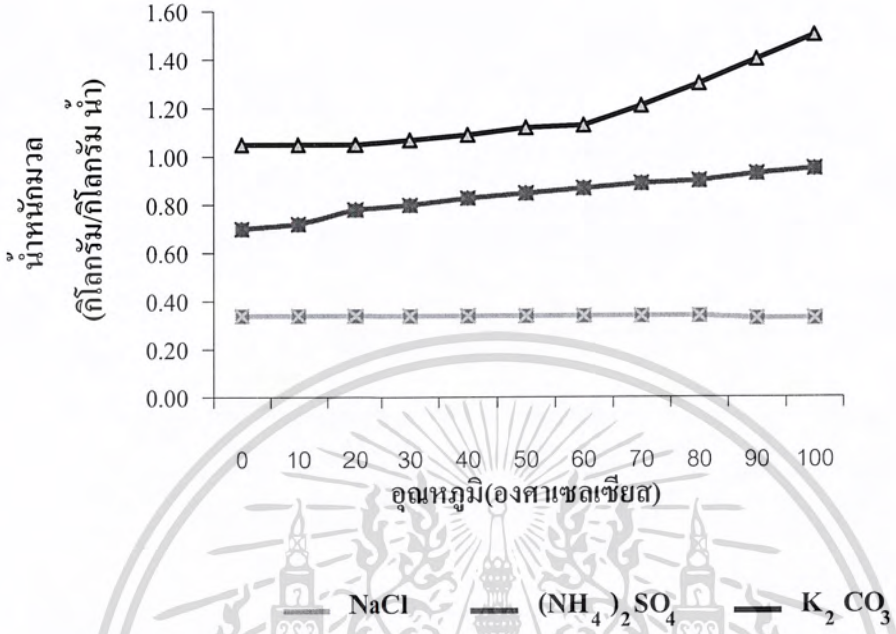
รูปที่ 2.1 แสดงค่าการละลายของ KNO_3 - $NaNO_3$ - NH_4NO_3 [3]

2. การตกผลึกโดยการระเหยตัวทำละลาย (Evaporating Crystallization)

เป็นการตกผลึกโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารละลายจนถึงจุดเดือดของตัวทำละลาย ให้ตัวทำละลายระเหย ใช้กับสารที่มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนเกือบคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ตัวอย่างเช่น สารละลายของโซเดียมคลอไรด์ , แอมโมเนียมซัลเฟต และโพแทสเซียมคาร์บอเนต ซึ่งค่าการละลายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนเกือบคงที่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4

รูปที่ 2.2 แสดงค่าการละลายของ NaCl - $(NH_4)_2SO_4$ - K_2CO_3 [3]

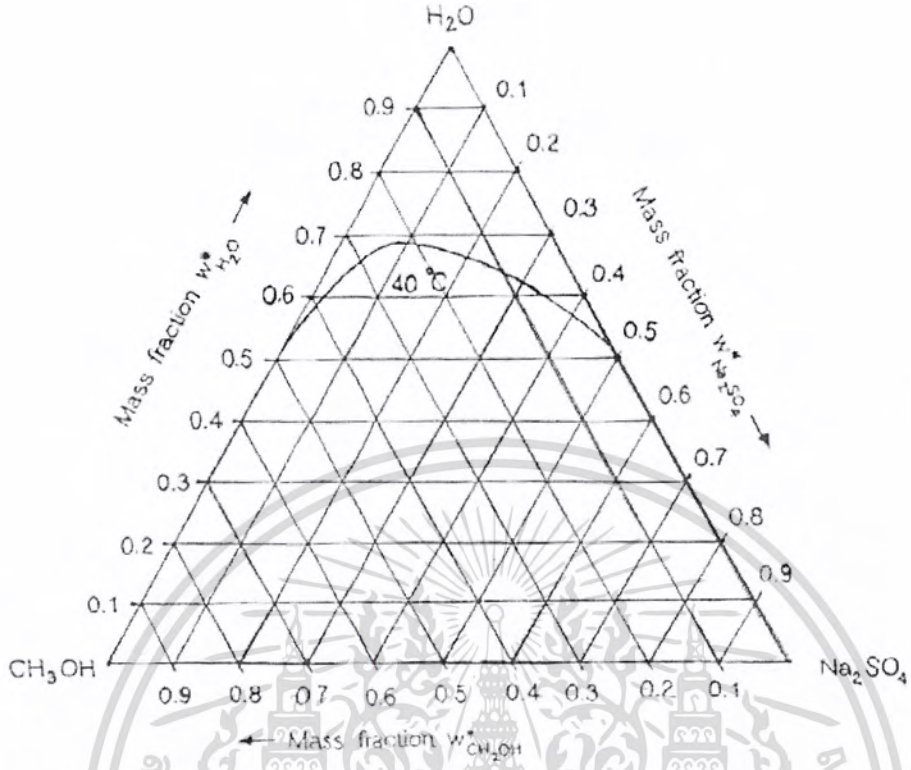
3. การตกผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (Drowning-out Crystallization)

เป็นการทำให้เกิดผลึกโดยการเติมสารแทนที่ (displacement agent หรือ drowning-out agent) ลงในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งสารตัวนั้นทำหน้าที่ลดค่าการละลายของสารที่เราต้องการทำให้บริสุทธิ์ การตกผลึกวิธีนี้ดีกว่าวิธีอื่นคือ ลดพลังงานที่ต้องการใช้ เนื่องจากเอนทาลปีของการระเหยของสารแทนที่มีค่าน้อยกว่าน้ำ จะใช้กับการตกผลึกเกลืออนินทรีย์ ด้วยการเติมสารอินทรีย์ ซึ่งทำหน้าที่ลดค่าการละลายของสารอนินทรีย์

<u>ตัวอย่างเช่น</u>

- การตกผลึกโพแทสอะลัมที่มาจากสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายด้วยการเติมเมทานอล
- การตกผลึกแอมโมเนียมอะลัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ ด้วยการเติมเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงค่าการละลายของสารประกอบ 3 ชนิด(3 วัฏภาค) คือ Na_2SO_4-H_2O-CH_3OH ที่ 40 องศาเซลเซียส [3]

จากรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างค่าการการละลายของสารประกอบ 3 ชนิด คือ Na_2SO_4-H_2O-CH_3OH ที่ 40 องศาเซลเซียสซึ่งเสนอในรูปของของไดอะแกรมสามเหลี่ยม จะเห็นว่าเป็นการตกผลึกโซเดียมซัลเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำด้วยการเติมเมทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งไปลดค่าการละลายด้วยการละลายในน้ำแทนที่โซเดียมซัลเฟต

4. การตกผลึกโดยการเกิดปฏิกริยา (Reaction Crystallization)

เป็นการเกิดปฏิกริยาระหว่างสาร 2 ตัว หรือมากกว่า ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วจะทำให้เกิดการตกตะกอน เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรด และเบสทำให้เกิดการตกผลึกของเกลือในรูปของแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นมี 2 แบบ คือ

4.1 ปฏิกริยาที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Reaction)

เป็นปฏิกริยาระหว่างสารประกอบ 1 ตัวหรือมากกว่าในเฟสสารละลาย ตัวอย่าง ดังสมการ (2.1) - (2.4)

$$Ba(OH)_{2(l)} + CO_{2\ (g)} \rightleftharpoons BaSO_{4\ (s)}\downarrow + 2\,H_2O_{(l)} \qquad \text{.....2.1}$$

$$Na_2CO_{3(l)} + Ba(NO_3)_{2(l)} \rightleftharpoons BaCO_{3(s)}\downarrow + 2NaNO_{3(l)} \qquad \text{.....2.2}$$

$$NaClO_{4(l)} + KCl_{(s)} \rightleftharpoons KClO_{4(s)}\downarrow + NaCl_{(s)} \qquad \text{.....2.3}$$

$$AgNO_{3(l)} + KCl_{(s)} \rightleftharpoons AgCl_{(s)}\downarrow + KNO_{3(l)} \qquad \text{.....2.4}$$

4.2 ปฏิกริยาที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous Reaction)

เป็นปฏิกริยาระหว่างสารประกอบ 1 ตัว หรือมากกว่า ในเฟสสารละลายกับในเฟสก๊าซ ตัวอย่างดังสมการ (2.5) - (2.8)

$$Ca(OH)_{2(l)} + CO_{2\,(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(l)} \qquad \text{.....2.5}$$

$$Ca(OH)_{2\ (l)} + 2HF_{(g)} \rightleftharpoons CaF_{2(s)}\downarrow + 2H_2O_{(l)} \qquad \text{.....2.6}$$

$$2NH_4(OH)_{(l)} + SO_{3\,(g)} \rightleftharpoons (NH_4)_2SO_{4\,(l)} + H_2O_{(l)} \qquad \text{.....2.7}$$

$$K_2CO_{3(l)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2KHCO_{3(s)}\downarrow \qquad \text{.....2.8}$$

5. การตกผลึกในสุญญากาศ (Vacuum Crystallization)

เป็นการเกิดผลึกโดยการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงจุดเดือดของตัวทำละลายเพื่อระเหยตัวทำละลาย พร้อมกับทำให้สารละลายเย็นตัวลงโดยการลดความดัน และอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ขั้นตอนการตกผลึกจากสารละลาย (Solubility Crystallization) [2]

ขั้นตอนการตกผลึกจากสารละลาย มี 7 ขั้นตอน

1. การเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม (Selecting a solvent)

ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการตกผลึกควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ตัวทำละลายควรละลายสารที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์ได้ดีเมื่อร้อน และละลายสารนั้นได้น้อยมากหรือไม่ละลายเมื่อเย็น
2. ตัวทำละลายควรจะละลายสิ่งเจือปนได้ดีเมื่อเย็นหรือไม่ละลายสิ่งเจือปนเมื่อร้อน
3. ตัวทำละลายควรมีจุดเดือดต่ำ เพื่อจะได้ระเหยง่าย
4. ตัวทำละลายควรมีจุดเดือดต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของผลึก
5. ตัวทำละลายไม่ควรทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์
6. ถ้ามีตัวทำละลายหลายตัว ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดควรจะไม่มีอันตรายต่อผู้ใช้ ไม่ติดไฟและราคาถูก

โดยอาศัยหลักการตัวทำละลายจะละลายสารประเภทเดียวกัน (Like dissolve like เช่น สารที่มีขั้วจะละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว แม้จะทำให้ร้อนก็ตาม

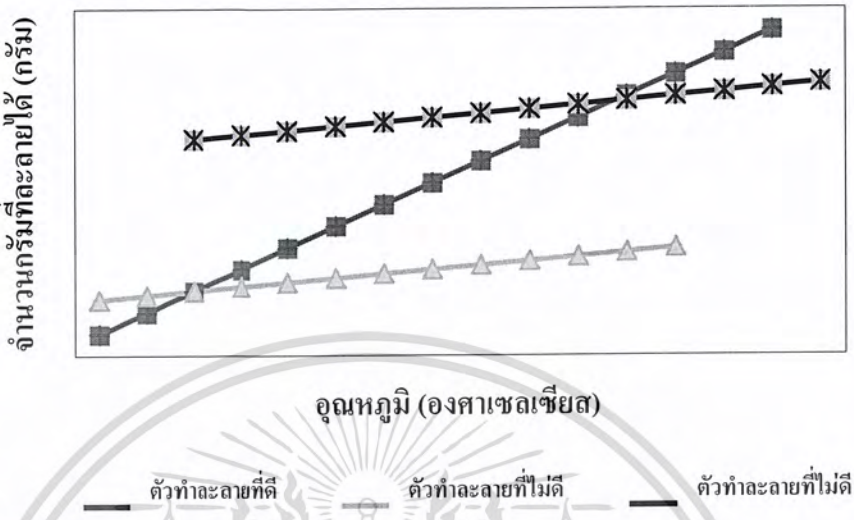
ความมีขั้วพิจารณาจากค่า Dielectric constant ในตารางที่ 2.2 ตัวทำละลายที่ค่า Dielectric constant ระหว่าง 2-3 จัดได้ว่าเป็นสารละลายไม่มีขั้ว พวกที่มีค่าประมาณ 10 ขึ้นไป จัดว่าเป็นสารประเภทมีขั้ว ส่วนค่าระหว่าง 3-10 จัดเป็นประเภทกลางๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 คุณสมบัติตัวทำละลายสำหรับการตกผลึก [2]

ตัวทำละลาย	จุดเดือด (^{o}C)	การละลายในน้ำ	Dielectric constant	การติดไฟ
น้ำ	100	-	78.54	ไม่
95% เอทานอล	78	ได้	24.6	ได้
เมทานอล	65	ได้	32.63	-
ปิโตรเลียมอีเทอร์	ไม่แน่นอน	ไม่	1.9	ได้
ไซโคลเฮกเซน	81	ไม่	2.02	ได้
โทลูอีน	111	ไม่	2.38	ได้
อีเทอร์	35	เล็กน้อย	4.34	ได้
ไดคลอโรมีเทน	41	ไม่	9.08	ไม่
คลอโรฟอร์ม	61	ไม่	4.81	ไม่
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	77	ไม่	2.23	ไม่
เอทิลแอซิเทต	77	ได้	6.02	ได้
อะซิโตน	56	ได้	20.7	ได้
กรดอะซิติก	118	ได้	6.15	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงค่าการละลายเทียบกับการละลาย [3]

จากรูปที่ 2.4 เป็นรูปที่แสดงลักษณะของการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยการพิจารณาตัวทำละลายที่ดีจากความสามารถในการละลายได้ดีที่อุณหภูมิสูง และละลายได้น้อยที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนตัวทำละลายไม่ดีจะละลายได้น้อยหรือละลายได้ที่ทุกอุณหภูมิ ยกตัวอย่างเช่น เส้น A ตัวทำละลายละลายสารได้ดีที่อุณหภูมิสูงและละลายได้น้อยในที่อุณหภูมิต่ำ

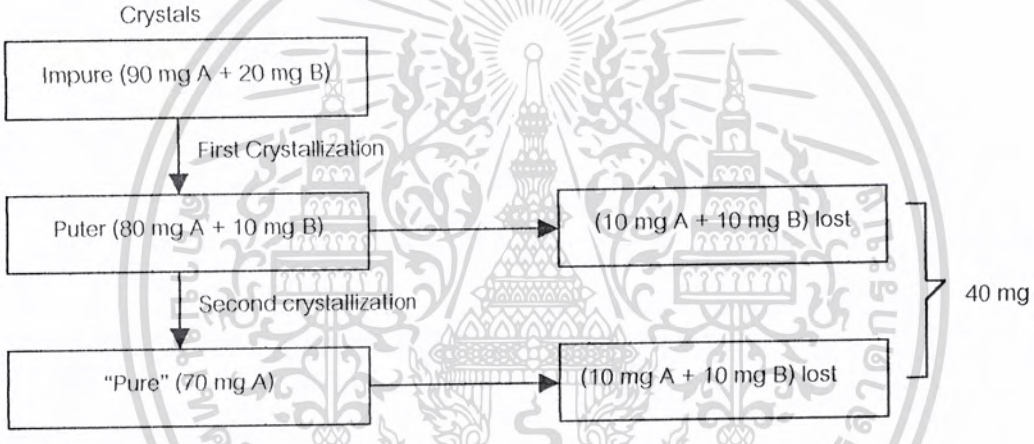
2. การทำให้เป็นสารละลาย (Dissolving the solved)

เมื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมได้แล้ว ก็นำสารที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์ใส่ในขวดรูปกรวย (Erlenmeyer flask) ควรจะแบ่งเก็บสารไว้เล็กน้อย เพราะจำเป็นต้องใช้เป็นตัวล่อผลึก เติมตัวทำละลายเล็กน้อยประมาณ 1 มิลลิลิตร ต่อสารหนัก 1 กรัม แล้วนำไปตั้งบนไฟหรือเครื่องอังไอน้ำ (Stream bath) คนไปเรื่อยๆ เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายเกิดการประทุ (Bumping) จนกระทั่งสารละลายเดือด เติมตัวทำละลายอีกทีละน้อยจนละลายสารได้หมดพอดี แล้วเติมตัวทำละลายลงไปให้มากเกินพออีก2-5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องใช้ตัวทำละลายผสม ให้ละลายสารที่ต้องการตกผลึกในตัวทำละลายที่ละลายได้ดีและที่กำลังเดือดก่อน แล้วจึงเติมตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่ง (ที่ไม่ละลาย) ทีละหยดซึ่งจะทำให้สารละลายขุ่น ไม่กลับใสดังเดิม ให้เปลี่ยนเป็นหยดด้วยตัวทำละลายชนิดแรกอีก 2-3 หยด หรือจนกระทั่งสารละลายใสดังเดิม

ในกรณีที่สารละลายมีสีของสิ่งเจือปนผสมอยู่ อาจจะฟอกสีได้โดยใส่ผงถ่าน (Decolorizing carbon) ลงไปในสารละลายขณะร้อน แต่ไม่ใช่ขณะเดือดอยู่บนไฟ โดยใช้ประมาณ 1-2% ของสารที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์



รูปที่ 2.5 แสดงการแยกของสารผสมให้บริสุทธิ์ โดยวิธีตกผลึก [2]

จากรูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการทำการตกผลึกของสารว่ามีกระบวนการอย่างไร ดังรูป สาร A และสาร B ละลายได้ 10 มิลลิกรัม แต่มีสาร B เป็นสารที่เราไม่ต้องการ ส่วนสาร A ที่ต้องการแยกโดยการตกผลึก ซึ่งสามารถแยกสารA ออกมาให้บริสุทธิ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การกรองสารละลายขณะร้อน (Removing insoluble impurity)

สารละลายที่มีสิ่งเจือปนเป็นตะกอนหลงเหลืออยู่ปราศจากผงถ่านที่ใช้ฟอกสีปนอยู่ จะถูกกำจัดออกโดยการกรองขณะร้อน ถ้าสารละลายใสปราศจากตะกอนของสิ่งเหล่านี้ ก็ข้ามขั้นตอนนี้ไปได้

4. การทำให้สารตกผลึก (Crystallization)

สารละลายที่กรองแล้วเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นลงอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิห้อง จะผลึกเกิดขึ้นเอง จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำปนน้ำแข็ง เพื่อให้เกิดการตกผลึกอย่างสมบูรณ์ ไม่ควรทำการตกผลึกโดยการทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยการแช่ในน้ำเย็นทันที เป็นการไม่สมควรอย่างยิ่ง เพราะผลึกที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กมาก

5. การแยกผลึกออกจากสารละลาย (Isolation of crystals)

หลังจากเกิดการตกผลึกอย่างสมบูรณ์ ให้แยกผลึกออกจากสารละลายโดยใช้กรวยบุชนอร์ (Buchner funnel)

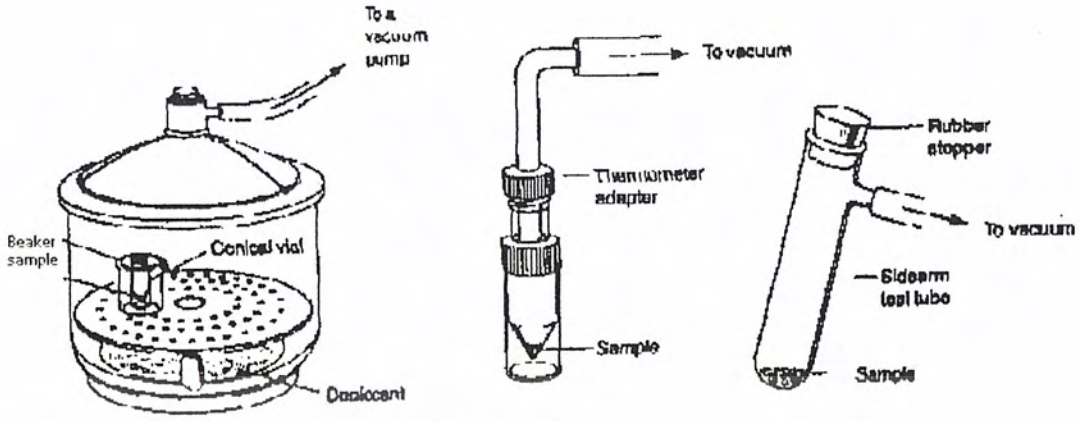
6. การล้างผลึก (Washing crystals)

ผลึกที่กรองได้ควรล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดสารละลายที่เกาะติดกับผลึก มิฉะนั้นจะได้ผลึกไม่บริสุทธิ์ วิธีล้างผลึกก็คือ ใช้บีกเกอร์หรือหลอดทดลองหรือช้อนตักสารที่สะอาด กรองผลึกไว้ขณะที่เปิดให้อากาศเข้าทางขวดดัก แล้วจึงปิดเครื่องดูดอากาศ เทตัวทำละลายที่สะอาดและแช่เย็นไว้ในปริมาณที่เกือบท่วมกองผลึก ปิดขวดดักอากาศไม่ให้อากาศเข้า แล้วเปิดเครื่องดูดอากาศอีก ควรล้างผลึกเช่นนี้ 2-3 ครั้ง ต่อไปควรใช้บีกเกอร์หรือช้อนตักสารกดลงบนกองผลึกขณะที่เครื่องดูดอากาศยังเปิดอยู่ เพื่อช่วยให้ผลึกแห้งเร็วขึ้น

7. การทำให้ผลึกแห้ง (Drying crystals)

ทิ้งผลึกไว้บนกรวยต่อไปอีก 2-3 นาที โดยที่เครื่องดูดอากาศ อาจใส่ไว้ในเตาอบ ต้องใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของผลึกประมาณ 20 ^{o}C หรืออาจจะใส่ไว้ในโถดูดความชื้นที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum desiccator) ซึ่งสามารถทำใช้เองได้จากขวดกรองและเครื่องอังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.6 แสดงวิธีการทำให้ผลึกแห้ง [2]

วิธีการทำให้ผลึกแห้งสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆ (ดังรูปที่ 2.6) คือ

1. Desiccator
2. Conical vial หรือ sidearm test tube

2.2.2.3 วิธีของการตกผลึก

โดยทั่วไปแล้ววิธีการตกผลึกสามารถแบ่งโดยอาศัยน้ำหนักของผลึกได้ 2 แบบคือ [2]

1. การตกผลึก โดยวิธี Semi-microscale crystallization –Hirsch funnels ซึ่งต้องอาศัยน้ำหนักผลึกที่มากกว่า 0.1 กรัม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (ดังรูปที่ 2.7) คือ

I) การละลายสาร (Dissolve the solid) เป็นขั้นของการละลายสารที่ต้องการผลึกให้อยู่ในรูปของสารละลาย โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเพื่อให้การละลายสูงขึ้น

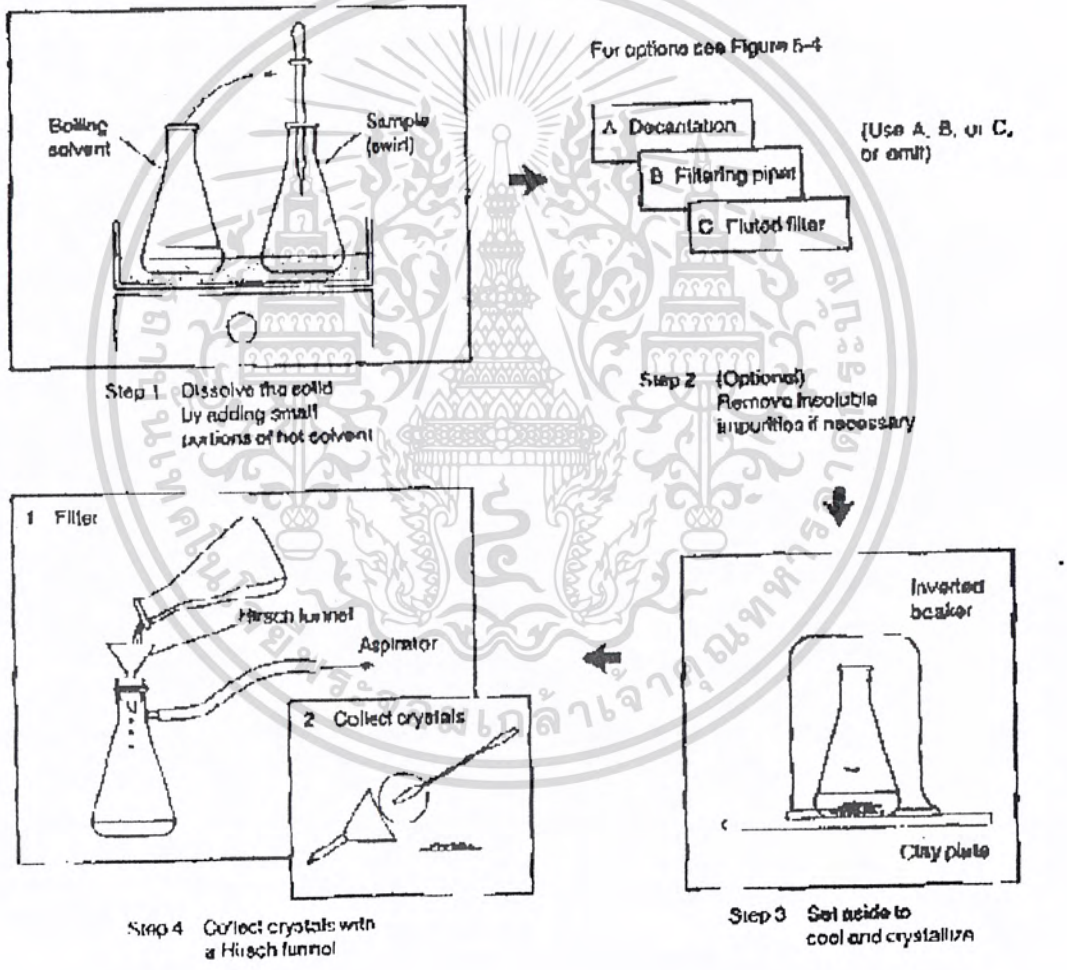
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49277

2) การขจัดสารปนเปื้อนที่ไม่ละลาย (Removeinsolublcimpuritics)เป็นขั้นของการแยกสารที่ไม่ละลายออกจากสารที่ต้องการละลาย

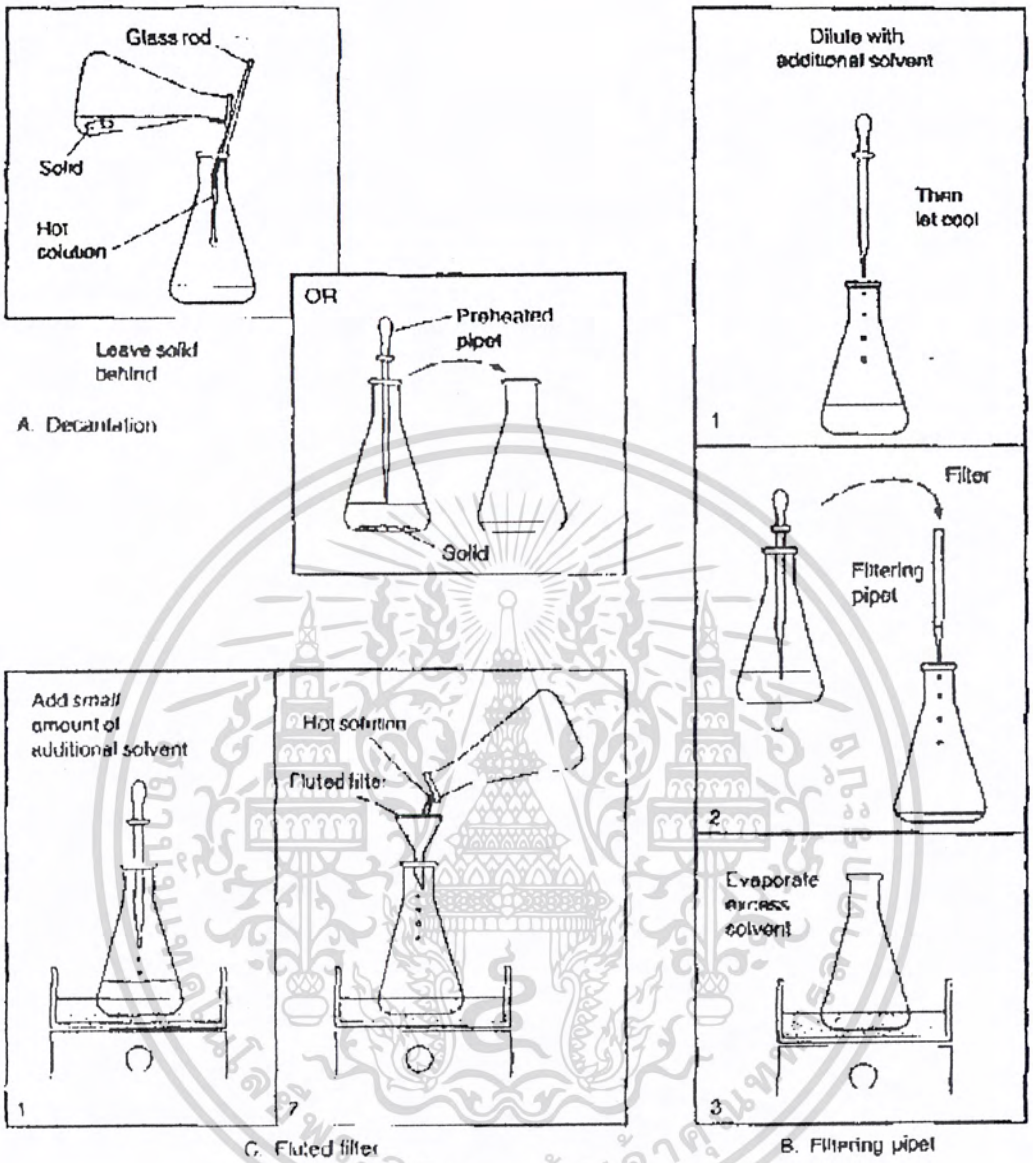
3) การตกผลึก (Crystallization) เป็นขั้นของการลดอุณหภูมิให้เย็นลง และเป็นขั้นของการทำให้เกิดผลึกขึ้น

4) การแยกผลึกออก (Isolation of crystals) เป็นการแยกผลึกออกจากสารละลายโดยการกรองด้วย Hirsch funnel เลือกผลึกที่ต้องการ



รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการตกผลึก โดยวิธี Semi-microscale crystallization –Hirsch funnels [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการกำจัดสารปนเปื้อนที่ไม่ละลาย ในกระบวนการตกผลึกแบบ Semi-microscale crystallization [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำจัดสารปนเปื้อนที่ไม่ละลายในกระบวนการตกผลึกแบบ Semi-microscale crystallization ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (ดังรูปที่ 2.8) ซึ่งเป็นขั้นของการแยกสารที่ไม่ละลายออกจากสารที่ละลาย

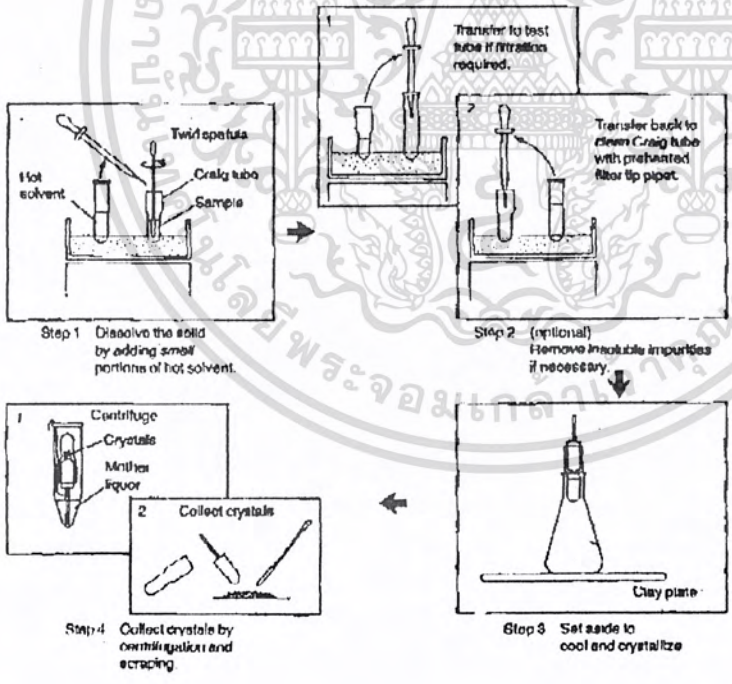
1) Decantation เป็นขั้นตอนการแยกสารที่ไม่ละลายออกจากสารละลาย

2) Filtering pipet เป็นขั้นตอนการกรองสารที่ละลาย โดย filtering pipet กำจัดสารที่ได้ละลายทำให้เกิดการตกผลึกได้ง่ายยิ่งขึ้น

3) Fluted filter เป็นขั้นของการกรองสารละลายในขณะร้อนอยู่เพื่อป้องกันการตกผลึก

2. การตกผลึก โดยวิธี Microscale crystallization - Craig tubes ซึ่งต้องมีน้ำหนักผลึกที่น้อยกว่า 0.1 กรัม

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (ดังรูปที่ 2.9) ซึ่งมีกระบวนการแบบเดียวกันกับวิธี Semi-microscale crystallization



รูปที่2.9 แสดงขั้นตอนการตกผลึก โดยวิธี Microscale crystallization [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โพเทนชิออเมทริกไทเทชันของปฏิกิริยาการตกตะกอน [4]

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนไอออนทำได้โดยการไทเทรตแบบตกตะกอน ที่ใช้อินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติของปฏิกิริยา หรือวิเคราะห์โดยวิธีโพเทนชิออเมทิกไทเทชันของปฏิกิริยาการตกตะกอน วิธีนี้ใช้ขั้วชี้บอกที่ทำด้วยโลหะที่ว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแคทไอออนที่เข้าทำปฏิกิริยา หรือติดตามแอนไอออนที่สนใจที่เกิดเป็นตะกอนที่ละลายได้น้อย หรือเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับแคทไอออนดังกล่าว

การไทเทรตของปฏิกิริยาการตกตะกอน นิยมใช้สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเทรตเป็นไทแทรนต์ ที่เรียกว่า Argentometric titration สำหรับการวิเคราะห์หาแอนไอออน เช่น เฮไลด์ โดยใช้ขั้วเงิน (Ag electrode) เป็นขั้วชี้บอก ส่วนขั้วอ้างอิงเป็นขั้ว Ag/AgCl หรือ ขั้วคาโลเมล (SCE) จุ่มขั้วทั้งสองลงในสารละลายแล้วทำการไทเทรตด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตแล้วติดตามค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ทุกครั้งที่เติมไทแทรนต์

ศักย์ไฟฟ้าของขั้วเงินสำหรับการไทเทรตคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ด้วยสารละลาย (Ag^+) จะสัมพันธ์กับ [Cl^-] ในสารละลายที่อิ่มตัวด้วย AgCl ดังนี้

$$AgCl_{(s)} + c \rightleftharpoons Ag_{(s)} + Cl^- \qquad \text{.....2.1}$$

ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ คือ

$$E_{Ag/AgCl} = E^0_{Ag/AgCl} - 0.0591 \log [Cl^-] \qquad \text{.....2.2}$$

ปฏิกิริยานี้เหมาะสำหรับการคำนวณศักย์ไฟฟ้าของขั้วเงิน เมื่อมี Cl^- มากเกินพอ หรือศักย์ไฟฟ้าของขั้วเงินขึ้นอยู่กับ [Ag^+] ดังนี้

$$Ag^+ + c \rightleftharpoons Ag^0_{(s)} \qquad \text{.....2.3}$$

$$E_{Ag} = E^0_{Ag} - 0.0591 \log 1 / [Ag^+] \qquad \text{.....2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณเหมาะสำหรับสารละลายที่มี Ag^{+} มากเกินพอ

และจาก $K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$ 2.5

ดังนั้นเขียนสมการที่ (2.4) ใหม่ได้

$E_{Ag} = E^{0}_{Ag} - 0.0591 \log [Cl^{-}] / K_{sp}$ 2.6

และศักย์ไฟฟ้ารวมของเซลล์ คือ

$E_{cell} = E_{ind} - E_{ref} + E_{j}$ 2.7

เมื่อ

E_{cell} คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

E_{ind} คือ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วชี้บอก

E_{ref} คือ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วอ้างอิง

E_{j} คือ ศักย์ไฟฟ้าบริเวณรอยต่อของสารละลาย

จากสมการที่ (2.2)

$E_{cell} = E_{Ag/AgCl} - E_{ref} + E_{j}$ 2.8

$= E_{Ag/Ag(+)} - 0.0591 \log [Cl^{-}] - E_{ref} + E_{j}$

$= K - 0.0591 \log [Cl^{-}]$

$= K + 0.0591 \log pCl$ 2.9

K คือ ค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากสมการที่ (2.4) สามารถเขียนได้ในทำนองเดียวกัน

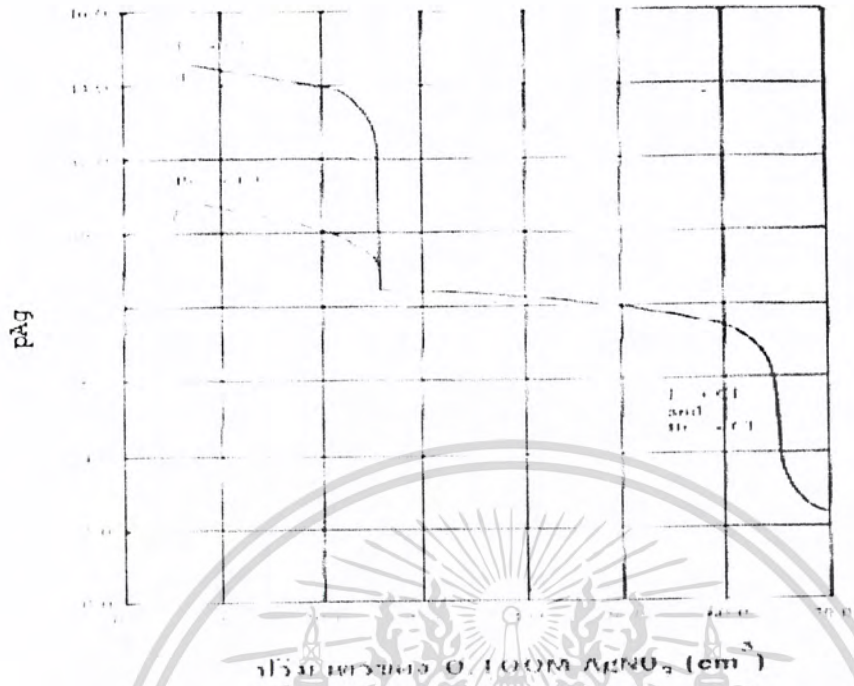
$$E_{cell} = K' - 0.0591 \log 1/[Ag^+] \quad \text{.....2.10}$$

$$= K' - 0.0591\ pAg \quad \text{.....2.11}$$

K' คือ ค่าคงที่ใหม่

วิธีโพเทนชิออเมทริกไทเทรชันของปฏิกิริยาการตกตะกอนของเฮไลด์ไอออนด้วย Ag^+ นอกจากจะวิเคราะห์เดี่ยวในสารละลายได้แล้ว ยังสามารถนำมาวิเคราะห์หาเฮไลด์ไอออนผสมได้ เช่น I^- กับ Cl^- (หรือ Br^- กับ Cl^-) สารประกอบเฮไลด์ใดมีค่า K_{sp} ต่ำที่สุดก็จะถูกทำปฏิกิริยาและตกตะกอนออกมาก่อน ในที่นี้คือ AgI ค่าศักย์ไฟฟ้าขณะไทเทรตด้วย Ag^+ จะเริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเมื่อถึงจุดสมมูลจุดแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงน้อยลงจนกระทั่ง I^- เหลืออยู่น้อยมากในสารละลาย จากนั้น Cl^- จะเข้าทำปฏิกิริยากับ Ag^+ และเมื่อถึงจุดสมมูลที่สอง ศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอีกครั้ง เมื่อเลยจุดสมมูลไปแล้ว ศักย์ไฟฟ้าจะเริ่มคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงโพเทนชิออเมทริกไทเทรชันเคอร์ฟของปฏิกิริยาการตกตะกอนของไอออนผสม [4]

A : 50.00 cm^3 ของ 0.0500 M I^- + 0.0800 M Cl^- กับ 0.100 M $AgNO_3$

B : 50.00 cm^3 ของ 0.0500 M Br^- + .0800 M Cl^- กับ 0.100 M $AgNO_3$

การไทเทรตสารละลายของไอออนผสมจะเห็นจุดสมมูลที่ชัดเจนได้นั้น ค่า K_{sp} ของสารต้องมีค่าต่างกันมากพอสมควร ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุดสมมูลแตกต่างกันด้วยเช่นกัน

ขั้วอ้างอิงที่ใช้โดยทั่วไปมักจะใช้ขั้วคาโลเมล หรือขั้ว Ag/AgCl แต่เนื่องจากมี Cl^- รั่วไหลจากขั้วได้เล็กน้อย จึงไม่เหมาะสมในการไทเทรต Cl^- ในสารตัวอย่าง วิธีการแก้ไข คือ ให้เตรียมสะพานเกลือ โดยจุ่มปลายด้านหนึ่งลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น KNO_3 และอีกปลายด้านหนึ่งจุ่มในสารตัวอย่าง ส่วนขั้วอ้างอิงให้จุ่มลงในสารละลาย KNO_3 และจุ่มขั้วเงินลงในสารละลายตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาเฮไลด์ไอออน ได้แก่ Cl^-, Br^- และ I^- ในสารละลายผสม และใช้ซิลเวอร์อิเล็กโทรดรวม(Combination Silver Electrode)ในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้า

การหาจุดสมมูลของการไทเทรต สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ [5]

1. การพลอตโดยตรง ระหว่าง ค่าศักย์ไฟฟ้า (E) กับ ปริมาตรของไทแทรนต์ (V)

2. การพลอตอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ระหว่าง อัตราส่วนผลต่างของค่าศักย์ไฟฟ้า และปริมาตรไทแทรนต์ ($\Delta E / \Delta V$) กับปริมาตรไทแทรนต์เฉลี่ย ($V_{AVERAGE}$) หรือ ค่าศักย์ไฟฟ้า (E) กับปริมาตร ไทแทรนต์เฉลี่ย ($V_{AVERAGE}$) ถ้า ΔV มีค่าเท่ากันตลอด

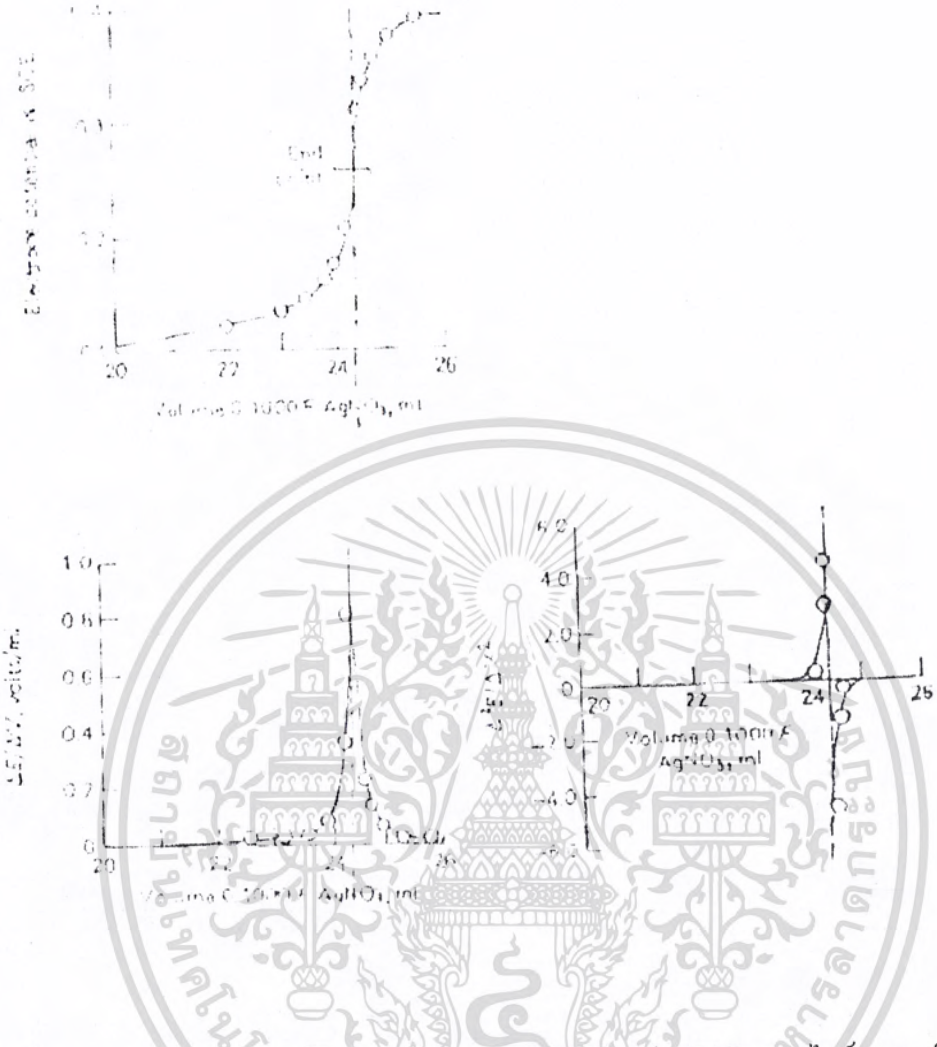
3. การพลอตอนุพันธ์อันดับสอง ระหว่าง อัตราส่วนผลต่างยกกำลังสองของค่าศักย์ไฟฟ้าและปริมาตรไทแทรนต์ ($\Delta^2 E / \Delta^2 V$) กับ ค่าเฉลี่ยของปริมาตรเฉลี่ย ($V^*_{AVERAGE}$)
หรือ ผลต่างยกกำลังสองของค่าศักย์ไฟฟ้า ($\Delta^2 E$) กับ ค่าเฉลี่ยของปริมาตรเฉลี่ย ($V^*_{AVERAGE}$) ถ้า ΔV มีค่าเท่ากันตลอด ตัวอย่างการตรวจหาจุดยุติด้วยวิธีกราฟทั้ง 3 แบบข้อมูลการไทเทรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าสำหรับคลอไรด์ 2.422 มิลลิโมล ด้วย 0.1000 $MAgNO_3$ [5] แสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาตรการไทเทรตคลอไรด์ ด้วย 0.1000 M$AgNO_3$ โดยการวัดศักย์ไฟฟ้าและวิธีการหาจุดยุติด้วยวิธีกราฟทั้ง 3 แบบ [5]

Vol $AgNO_3$ (มิลลิลิตร)	E กับ SCE (โวลต์)	$\Delta E / \Delta V$ (โวลต์/มิลลิลิตร)	$\Delta^2 E / \Delta^2 V$
5.0	0.062	0.002	
15.0	0.085	0.004	
20.0	0.107	0.008	
22.2	0.123	0.015	
23.0	0.138	0.016	
23.5	0.146	0.050	
23.8	0.161	0.065	
24.0	0.174	0.09	
24.1	0.183	0.11	
24.2	0.194	0.39	2.8
24.3	0.233	0.83	4.4
24.4	0.316	0.24	5.9
24.5	0.340	0.11	1.3
24.6	0.351	0.07	0.4
24.7	0.358	0.050	
25.0	0.373	0.024	
25.5	0.385	0.022	
26.0	0.396	0.015	
28.0	0.426		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 [5] (ก) กราฟการไทเทรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าสำหรับคลอไรด์ 2.422 มิลลิลิตร โมลด้วย 0.1000 M $AgNO_3$

(ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่ง

(ค) กราฟอนุพันธ์อันดับสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การหาปริมาณฟลูออไรด์ด้วยฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (Fluoride Ion Selective Electrode) [6]

การวิเคราะห์โดยใช้ ฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (Fluoride Ion Selective Electrode ; ISE) ใช้หลักการโพเทนชิออเมทรี (Potentiometry) ซึ่งวัดความต่างศักย์ระหว่างไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างสองอิเล็กโทรด โดยที่อิเล็กโทรดหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้าคงที่ (อิเล็กโทรดอ้างอิง; reference electrode) อีกอิเล็กโทรดหนึ่ง (ISE) มีค่าศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนไปตามแอคติวิตี้ (activity ; a) ของไอออนมี่กำลังศึกษา เช่น เฮไลด์ ไนเตรต ไนไตรต์ ไซยาไนด์ และไอออนของโลหะบางชนิด โดยสามารถวิเคราะห์ได้ในระดับ พีพีเอ็ม (ppm, ส่วนในล้านส่วน) ถึงมากกว่า 1 โมลาร์ (M)

การวัดความเข้มข้นของฟลูออไรด์สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$a = f_A c_A$$

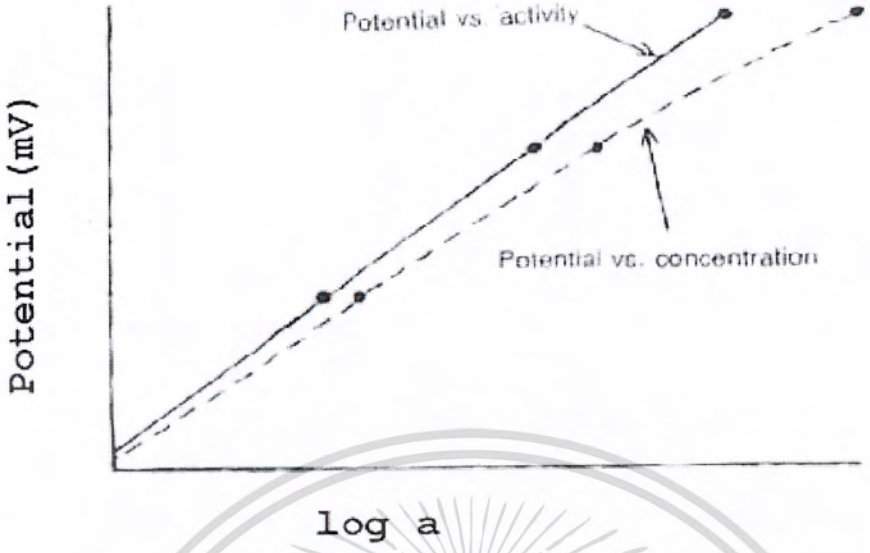
เมื่อ a_A คือ แอคติวิตี้ของไอออนที่สนใจ

f_A คือ สัมประสิทธิ์ของแอคติวิตี้ (activity coefficient) ของไอออนที่สนใจ

c_A คือ ความเข้มข้นของไอออนที่สนใจ

ในสารละลายที่มีไอออนปริมาณต่ำๆ ค่าความเข้มข้นจะใกล้เคียงกันกับแอคติวิตี้นั่นคือ มีค่าเข้าใกล้ 1 ในขณะที่สารละลายมีปริมาณไอออนที่สูงๆ ค่า f จะต่ำกว่า 1 หมายความว่าแอคติวิตีมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้น ดังนั้นถ้าเขียนกราฟระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้กับ log a จะมีความแตกต่างกับการเขียนกับ log c ดังแสดงในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



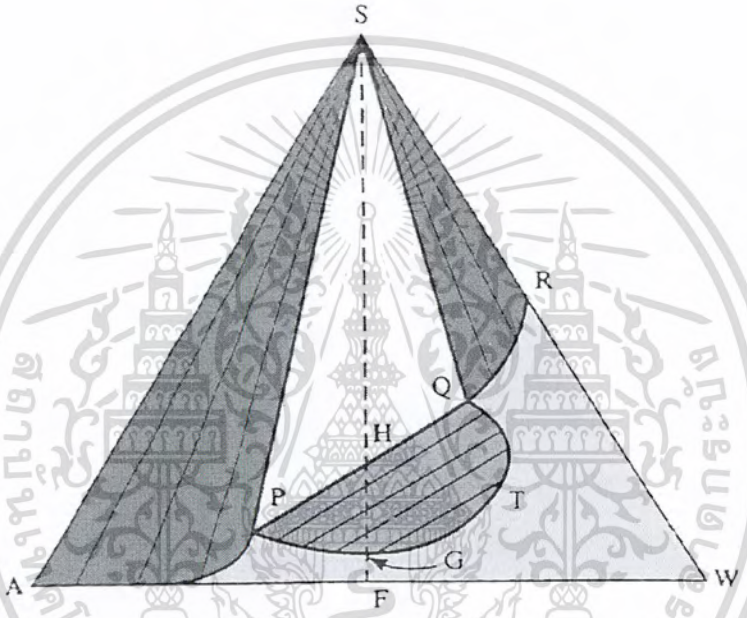
รูปที่ 2.12 แสดงการตอบสนองของ ISE ต่อแอคติวิตี้และความเข้มข้น [6]

นอกจากนี้การตอบสนองของ ISE ยังขึ้นกับค่าพีเอชของสารละลายที่วิเคราะห์ด้วย ดังนั้นควรใช้สารละลายบัฟเฟอร์เพื่อควบคุมพีเอช ให้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงเติมสาร ISA ที่มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ด้วย เรียกว่า **Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB)** ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียมซิเทรต 0.75 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ กรดอะซิติก 0.75 โมลาร์ และโพแทสเซียมอะซิเทรต 0.75 โมลาร์ ลงไปในสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในชวง 5.0 – 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วัฏภาคระบบ 3 ส่วนประกอบ (ของเหลว 2 ชนิด คือ น้ำ และโพรพานอล ของแข็ง 1 ชนิด คือ โซเดียมคลอไรด์) [5]

วัฏภาคระบบ 3 ส่วนประกอบ มีองค์ประกอบ คือ น้ำ เกลือ และแอลกอฮอล์ แผนภาพวัฏภาคนั้นได้จากการใช้ข้อมูลการไทเทรตระหว่างสารละลายแกลืออิ่มตัว:น้ำกับ แอลกอฮอล์:น้ำ ในอัตราส่วน 25:5 30:10 และ 35:5 แผนภาพวัฏภาคยังแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลืออีกด้วย ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงแผนภาพวัฏภาคของระบบ 3 ส่วนประกอบ A คือ โพรพานอล S คือ โซเดียมคลอไรด์ และ W คือ น้ำ [7]

จากรูปที่ 2.13 จะเห็นว่าที่จุด R คือสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ เส้น QR คือสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายเจือจางโพรพานอลในน้ำ (น้ำมีปริมาณมากกว่าโพรพานอล) เส้น AP คือสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายเจือจางน้ำที่อยู่ในโพรพานอล (โพรพานอลมีปริมาณมากกว่าน้ำ) พื้นที่ PQT คือระบบที่ประกอบด้วยของเหลว 2 วัฏภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัฏภาคแรก คือ วัฏภาคที่มีโพรพานอลมาก
วัฏภาคสอง คือ วัฏภาคที่มีน้ำมาก

บนเส้นในแต่ละส่วนของแผนภาพจะมีสมดุลซึ่งกันและกัน ทั้ง 2 วัฏภาคจะมีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่อย่างไม่อิ่มตัว และในการเติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปในสารละลายผสมน้ำและโพรพานอล ทำให้ค่าการละลายซึ่งกันและกันของน้ำและโพรพานอลลดลง ของเหลวทั้ง 2 จึงแยกออกเป็น 2 วัฏภาค โดยที่โซเดียมคลอไรด์จะกระจายทั่วไปทั้ง 2 วัฏภาค

เส้นไทไลน์ ภายในพื้นที่ PQT เป็นเส้นที่แสดงองค์ประกอบของโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอยู่ในแต่ละชั้น แผนภาพวัฏภาคอาจแบ่งออกเป็นพื้นที่ที่แตกต่างกัน 5 ส่วนซึ่ง 3ส่วนใน 5 ส่วนจะมี 2 วัฏภาค เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์ละลายในน้ำและโพรพานอลไม่เท่ากัน ดังนั้น เส้นไทไลน์จึงไม่ขนานกับ AW

พื้นที่ APS และ QRS คือระบบที่ประกอบด้วย 2 วัฏภาค นั่นคือของเหลว 1 วัฏภาค และของแข็ง 1 วัฏภาค

พื้นที่ APS ประกอบด้วย 2 วัฏภาค คือ ของแข็งและของเหลว ตามแนว AP
พื้นที่ QRS ประกอบด้วย 2 วัฏภาค คือ ของเหลวและของแข็งตามแนวแกน RS

จะได้ F = 3-P ; P = 2 (2วัฏภาค)
= 1

พื้นที่ APTQRW คือระบบที่เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วย 1 วัฏภาค นั่นคือ เกลือโซเดียมคลอไรด์ละลายในสารละลายโพรพานอลในน้ำได้อย่างสมบรูณ์

จะได้ F = 3-P ; P = 1 (1 วัฏภาค)
= 2

พื้นที่ PQS คือระบบที่ประกอบด้วย 3 วัฏภาค นั่นคือ ของแข็ง 1 วัฏภาค และของเหลว 2วัฏภาค

วัฏภาคของเหลวแรก คือ มีโพรพานอลมาก (P)
วัฏภาคของเหลงสอง คือ มีน้ำมาก (Q)
ทั้ง 2 วัฏภาคมีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่อย่างอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ F = 3-P ; P = 3 (3 วัฏภาค)

= 0 (ระบบนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

เมื่อพิจารณาระบบ 2 องค์ประกอบ คือที่จุด F ประกอบด้วยน้ำ 50 % และโพรพานอล 50% เมื่อเติมเกลือลงไป องค์ประกอบทั้งหมดจะเป็นไปตามเส้น FS ที่จุด G การละลายของโพรพานอลในน้ำจะลดลง ทำให้สารละลายเริ่มแยกออกเป็น 2 ชั้น ที่จุด G เรียกว่า **จุดวิกฤตไอโซเทอร์มัลหรือเพลทพอยท์** คือจุดที่สารทั้ง 3 ผสมกันได้อย่างสมบรูณ์ เมื่อเติมเกลือลงไปอีกตามเส้น FS จะทำให้ชั้นของเหลวที่ 2 (โพรพานอล) แยกชั้นมากขึ้น เมื่อถึงจุด H ชั้นของเหลวที่สองจะอิ่มตัวด้วยเกลือและเกิดเป็น 3 วัฏภาค ส่วนประกอบของชั้นทั้ง 2 คือP และ Q และปริมาณเท่ากับ P:Q = HQ:PH ชั้นของเหลวที่หนาแน่นน้อยกว่า(P) จะมีแอลกฮอล์มากและลอยเหนือชั้นที่มีน้ำมาก และทำให้เกิดการแยกชั้น เรียกว่า **" salting out effect"** ผลที่เกิดขึ้นสามารถใช้ในปฏิบัติการสังเคราะห์สารอินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตให้สารอินทรีย์ที่เกิดในชั้นน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) เกรดวิเคราะห์ , บริษัท A Division of Asia Pacific Specialty Chemicals Limited ; APS , Australia
2. โพแทสเซียมฟลูออไรด์ (Potassium fluoride) เกรดการค้า , บริษัท A Division of Asia Pacific Specialty Chemicals Limited ; APS , Australia
3. 95 %เอทานอล (95% Ethanol) เกรดการค้า , บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
4. เมทานอล (Methanol) เกรดการค้า , บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
5. ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) เกรดการค้า , บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
6. น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. บีกเกอร์
2. กระบอกตวง
3. ขวดรูปกรวย
4. ปิเปต
5. จุกยาง
6. ช้อนตักสาร
7. กระจกนาฬิกา
8. แท่งคน
9. แท่งแม่เหล็ก
10. หลอดหยด
11. กระบอกน้ำกลั่น
12. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า
13. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. โพเทนชิออมิเตอร์ โดยใช้ ซิลเวอร์คอมบิเนชันอิเล็กโทรด (6.0404.100 , Metrohm AG Herisau , Switzerland) และฟลูออไรด์ซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (6.0505.150 , Metrohm AG Herisau , Switzerland)

15. พีเอชมิเตอร์ 654 (Metrohm AG Herisau , Switzerland)

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 การหาค่าการละลายอิ่มตัวของ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่อุณหภูมิ และตัวทำละลายต่างๆ

1. นำสาร KCl หรือ KF 1.0 g เติมลงในน้ำกลั่น 1 ml คนสารละลาย
2. ถ้าสารละลายหมด ให้เติมเกลือลงไปอีก 1.0 g หรือจนกระทั่งสารไม่ละลาย
3. เติมตัวทำละลายอีกเล็กน้อย จนสารละลายได้หมดพอดี จดบันทึกปริมาตรตัวทำละลาย และอุณหภูมิสารละลาย
4. ทำเช่นเดียวกับ ข้อ 1 ถึง ข้อ 3 ทำการทดลองโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 40°C 60°C และ 80°C และ90 °C ตามลำดับ
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 1 ถึง ข้อ 4 โดยเปลี่ยนตัวทำละลายเป็น เมทานอล เอทานอล และไอโซโพรพานอล ตามลำดับ จะได้ค่าการละลายของสารในตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

3.3.2 ศึกษาวัฏภาคของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

1. เตรียมสารละลายผสมระหว่าง สารละลาย KCl ที่อิ่มตัว กับ น้ำกลั่น ตามตารางที่ 3.1
2. นำสารละลายผสมมาไทเทรตกับไทแทรนต์ซึ่งเป็นเมทานอลผสมน้ำกลั่น ตามตารางที่ 3.2 จนกระทั่งสังเกตเห็นผลึกสีขาว
3. จดบันทึกปริมาตรของเมทานอลที่ใช้
4. นำปริมาตรของเมทานอลที่ใช้ มาคำนวณหาน้ำหนักของ เมทานอล KCl และน้ำกลั่น (หาน้ำหนักได้จากความหนาแน่นและปริมาตรที่ได้)
5. คำนวณเศษส่วนโดยน้ำหนักของเมทานอล KCl และน้ำกลั่น และนำมาเขียนกราฟระหว่างเศษส่วนที่คำนวณได้ บนกราฟสามเหลี่ยมด้านเท่า และวาดเส้นโค้งแสดงขอบเขตของเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึง 5 โดยเปลี่ยนจากตัวทำละลายเมทานอลเป็นเอทานอล และไอโซโพรพานอลตามลำดับ

7. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึง ข้อ 6 แต่เปลี่ยนเป็นใช้เกลือ KF

3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ไอออน และฟลูออไรด์ไอออนในสารละลายเกลือผสม

1. ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ อย่างละ 5.0 กรัม

2. ละลายในน้ำกลั่นปริมาณ 10.0 มิลลิลิตร พร้อมทั้งทำการปั่นกวนและให้ความร้อน

3. ถ้าสารยังละลายไม่หมดให้เติมน้ำกลั่นและเพิ่มอุณหภูมิจนกระทั่งสารละลายหมด (ระวังการระเหยของน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงด้วยการใช้กระดาษฟลอยด์ปิดปากบีกเกอร์ไว้) บันทึกปริมาตรน้ำกลั่น และอุณหภูมิที่ใช้

4. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) จะเกิดผลึกที่ I

5. นำสารละลายไปกรองแยกผลึกที่ I และส่วนใสออกจากกัน

6. นำผลึกที่ I ที่ได้ในข้อ 5 ไปล้างด้วย 95%เมทานอลปริมาณ 20.0 มิลลิลิตร (เพื่อลดการดูดซับบริเวณพื้นผิวผลึก)

7. หลังจากการล้างผลึกแล้ว ให้นำผลึกที่ Iและสารละลายที่ได้จากการล้างผลึกไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ผลึกที่ I และ ผลึกจากสารที่ใช้ล้างผลึกที่ I (ผลึก A)

8. เติมตัวทำละลายไอโซโพรพานอลลงในสารละลายส่วนที่ใสในข้อ 5 เพื่อทำให้เกิดการตกผลึกอีกครั้ง (คำนวณปริมาตรตัวทำละลายได้จากแผนภาพวัฏภาค) โดยค่อยๆเติมตัวทำละลายไอโซโพรพานอลครั้งละ 1.0 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปั่นกวน สังเกตจนกระทั่งเกิดการตกผลึกและสารละลายแยกชั้น

9. นำสารละลายในข้อ 8 ไปกรองแยกผลึก และสารละลายออกจากกัน

10. นำผลึกได้จากข้อ 9 ไปล้างด้วย 95 %เมทานอลปริมาณ 20.0 มิลลิลิตร ไอออน

11. จากนั้นนำผลึกจากข้อ 10 และสารละลายที่ได้จากการล้างผลึกในข้อ 10 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ผลึกที่ IIและ ผลึกจากสารล้างผลึกที่ II (ผลึก B) ตามลำดับ

12. นำสารละลายส่วนที่กรองได้จากข้อ 9 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ผลึกจากส่วนใสที่กรองได้จากผลึกที่ II (ผลึก C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. นำสารที่อบได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ไอออน และฟลูออไรด์ด้วยเทคนิคโพเทนชิออเมทรี

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารละลายผสมระหว่างสารละลาย KCl หรือ KF ที่อิ่มตัวกับน้ำกลั่น [7]

ชุดที่	ปริมาตรสารละลาย KCl หรือ KF ที่อิ่มตัว (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
1	10.0	0.0
2	10.0	0.1
3	10.0	0.2
4	10.0	0.5
5	9.0	1.0
6	8.0	2.0
7	6.0	4.0
8	5.0	5.0
9	3.0	7.0
10	1.0	4.0

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนสารผสมของไทแทรนต์ที่ใช้ในการไทเทรต [7]

แอลกอฮอล์ (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)
30.0	10.0
25.0	5.0
35.0	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

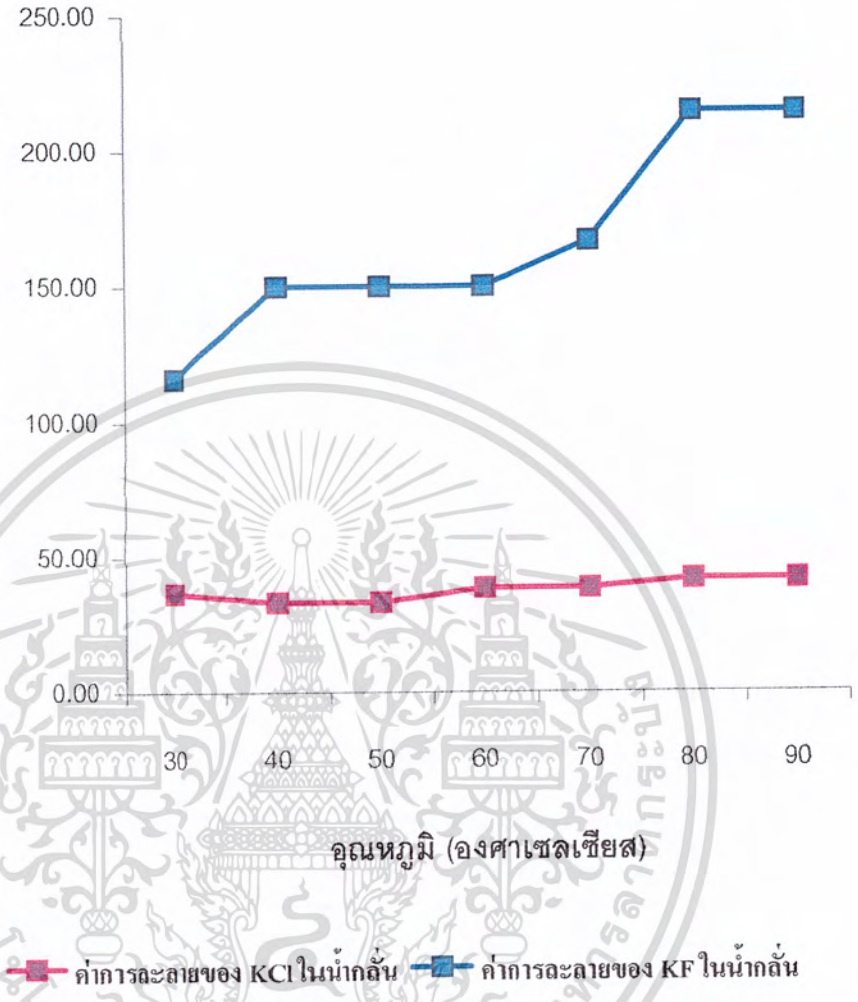
4.1 การหาค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

จากการทดลองหาค่าการละลายของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และฟลูออไรด์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่าการละลายในน้ำกลั่น (กรัม/100 มิลลิลิตร)			
องศาเซลเซียส	KCl	เวลา(นาที)	KF	เวลา(นาที)
30	36.65	90	116.00	42
40	33.35	20	150.01	20
50	33.34	15	150.02	15
60	38.51	15	150.02	20
70	38.47	10	166.70	15
80	41.68	20	214.34	20
90	41.68	15	214.34	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

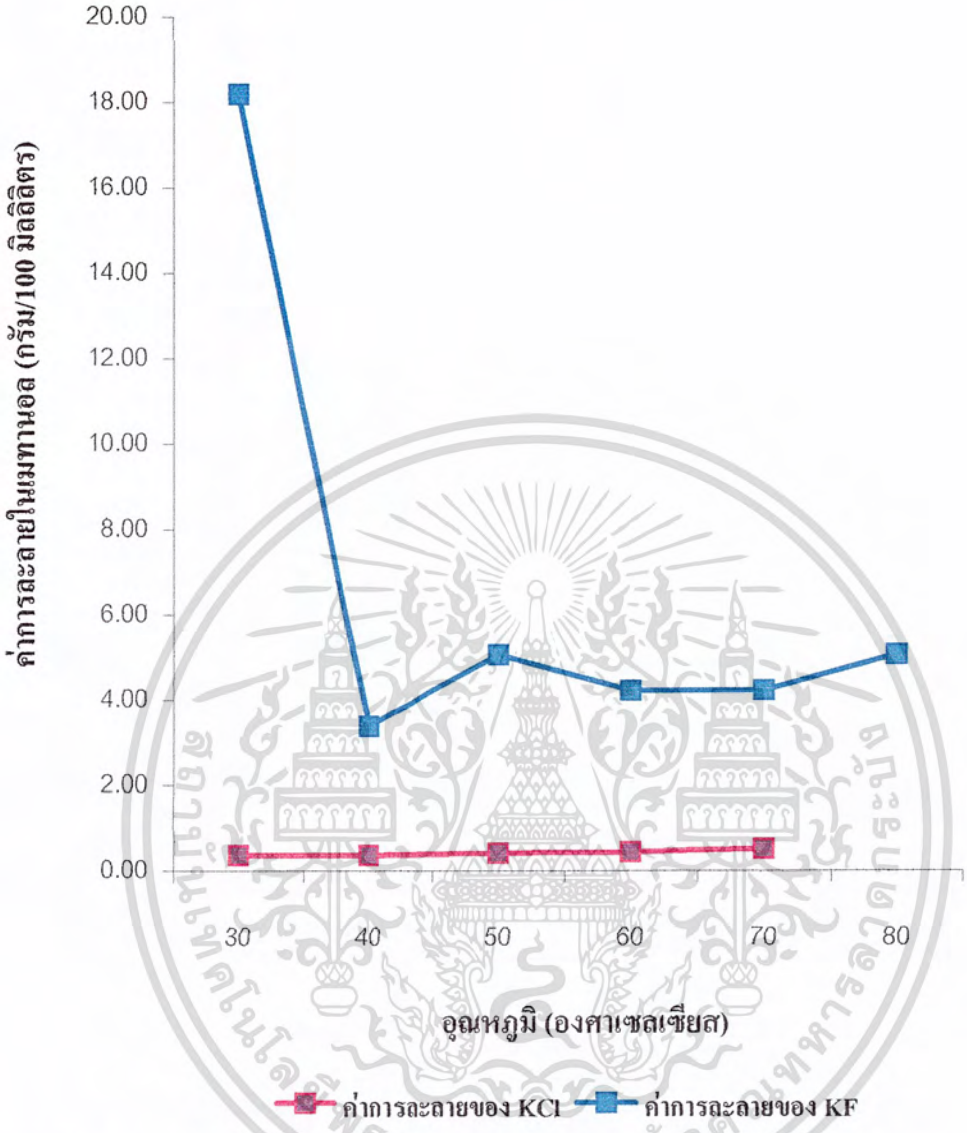
จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1แสดงให้เห็นว่าเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกลือทั้งสองชนิดสามารถละลายได้ดีขึ้นด้วย ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าการละลายของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในน้ำมีค่าเท่ากับ 116 กรัม/100 มิลลิลิตร และ 36.65 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยมวล/ปริมาตรตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่าการละลายในเมทานอล (กรัม/100 มิลลิลิตร)			
องศาเซลเซียส	KCl	เวลา(นาที)	KF	เวลา(นาที)
30	0.37	90	18.19	42
40	0.37	25	3.38	11
50	0.41	13	3.86	24
60	0.44	20	4.22	17
70	0.52	15	4.23	6
80	-	-	5.06	6
90	-	-	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณหภูมิต่างๆ

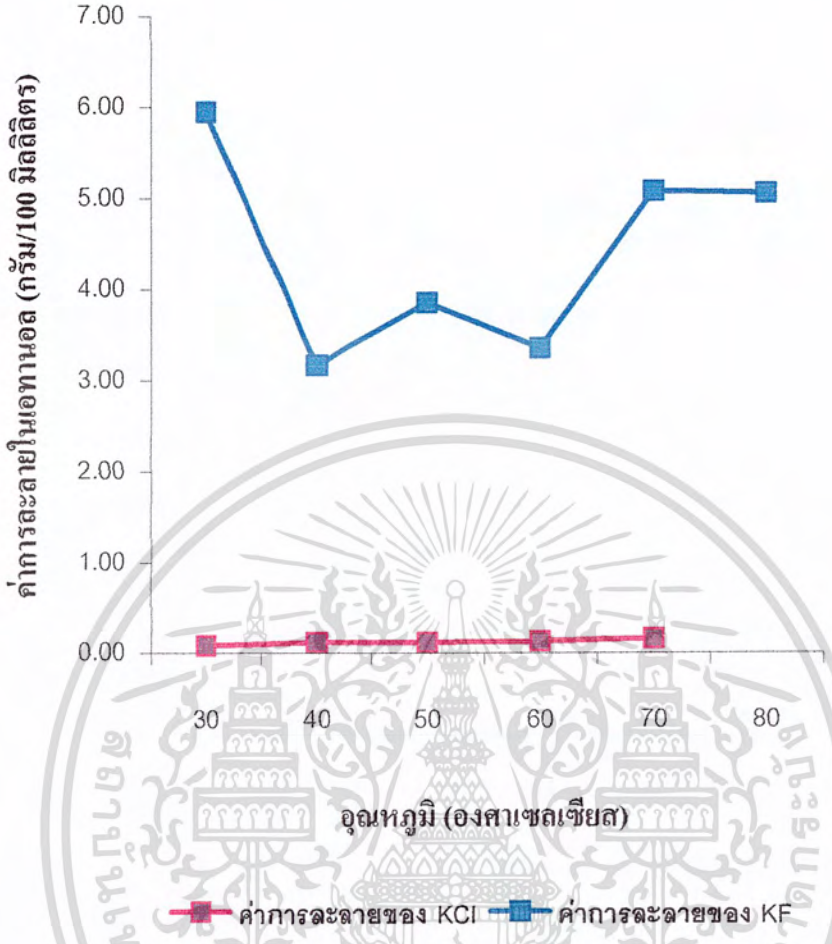
จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เกลือฟลูออไรด์สามารถละลายได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในตัวทำละลายเมทานอล และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่าการละลายสูงขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มอุณหภูมิจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 40 องศาเซลเซียส จะทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยออก ทำให้มีตัวทำลายน้อยลง ค่าการละลายจึงน้อยลงตามไปด้วย ส่วนเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ค่าการละลายไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเอทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่าการละลายในเอทานอล(กรัม/100 มิลลิลิตร)			
องศาเซลเซียส	KCl	เวลา(นาที)	KF	เวลา(นาที)
30	0.08	90	5.95	42
40	0.12	20	5.07	11
50	0.12	15	6.67	17
60	0.13	15	3.36	13
70	0.16	10	5.08	6
80	-	-	5.06	6
90	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของโพแทสเซียมคลอไรดและโพแทสเซียมฟลูออ ไรด์ในเอทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เกลือฟลูออไรด์สามารถละลายได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในตัวทำละลายเอทานอล และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่าการละลายสูงขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มอุณหภูมิจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 40 องศาเซลเซียส จะทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยออก ทำให้มีตัวทำลายน้อยลง ค่าการละลายจึงน้อยลงตามไปด้วย ส่วนเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ค่าการละลายไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ค่าการละลายเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับตัวทำละลายไอโซโพรพานอล เกลือทั้งสองชนิดละลายได้น้อยมากหรือไม่ละลายเลยในไอโซโพรพานอล จากการทดลองตอนนี้สามารถเลือกสารแทนที่เพื่อนำไปใช้ในการทดลองตอนที่ 3 ได้ คือ ใช้ไอโซโพรพานอลเป็นสารแทนที่ เนื่องจากเกลือทั้งสองไม่สามารถละลายในไอโซโพรพานอล และเลือกเมทานอลเป็นตัวทำละลายล้างผลึกเนื่องจากค่าการละลายของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์และค่าการละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ แตกต่างกันมากกว่าค่าการละลายในตัวทำละลายเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาวัฏภาคของสารละลาย

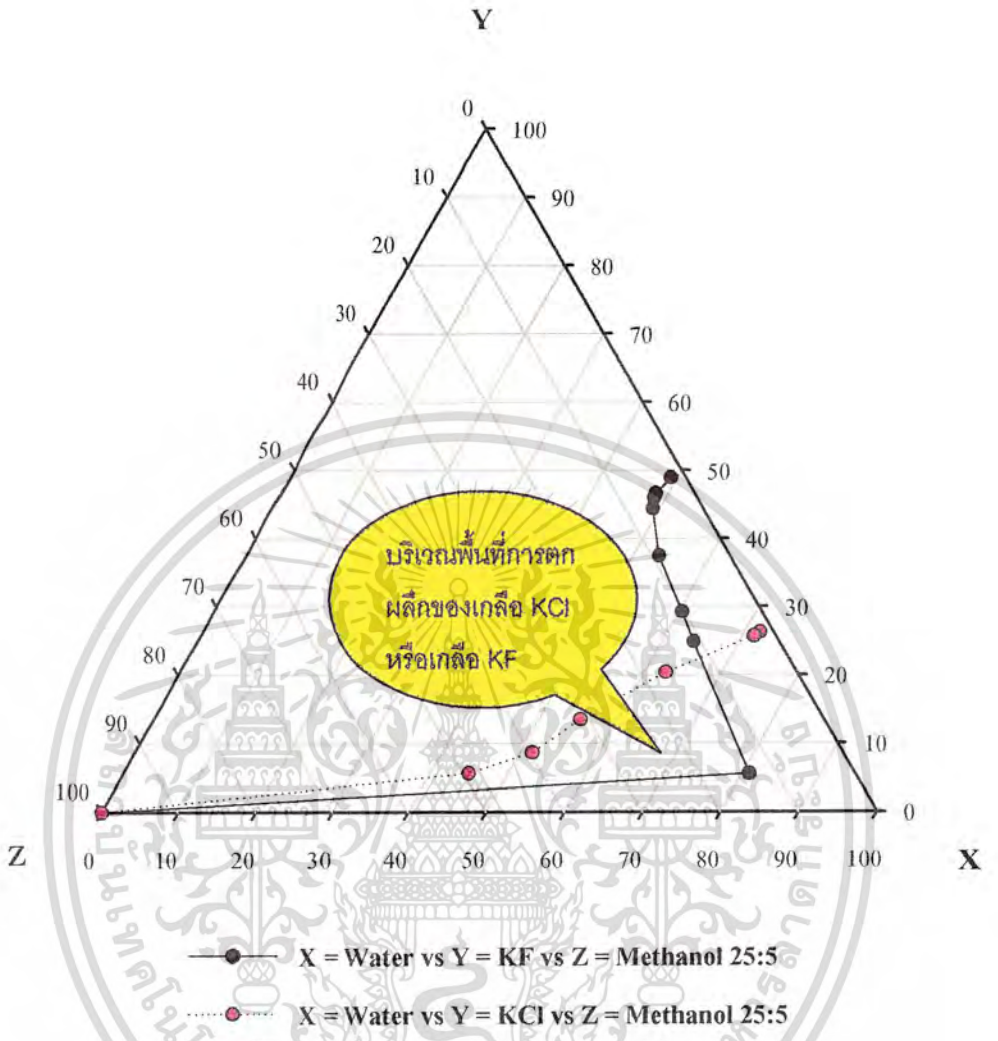
ตารางที่ 4.4 แสดงน้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว สารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว และตัวทำละลาย

น้ำหนัก (กรัม)					
น้ำกลั่น	KCl	KF	เมทานอล	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล
10.4208	12.3877	14.1627	8.1957	8.372	8.1449

ตารางที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเมทานอล(เมทานอล : น้ำ = 25 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.4	1.3	72.3	48.9	1.9	49.2
2	24.2	6.6	69.3	46.6	5	48.4
3	18.4	21.5	60.1	46	5.5	48.5
4	14.9	29.6	55.4	44.4	6.5	49.1
5	13.6	31.5	55	41.9	7.7	50.5
6	9.5	40.2	50.3	37.5	9.1	53.4
7	6.9	42.2	50.9	29.3	10.3	60.4
8	3.9	51.3	44.8	24.9	11	64.1
9	2.2	53.4	44.4	15.7	12.1	72.3
10	0.6	49.9	57.8	5.5	13.5	81
11	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล(เมทานอล : น้ำ = 25 : 5)

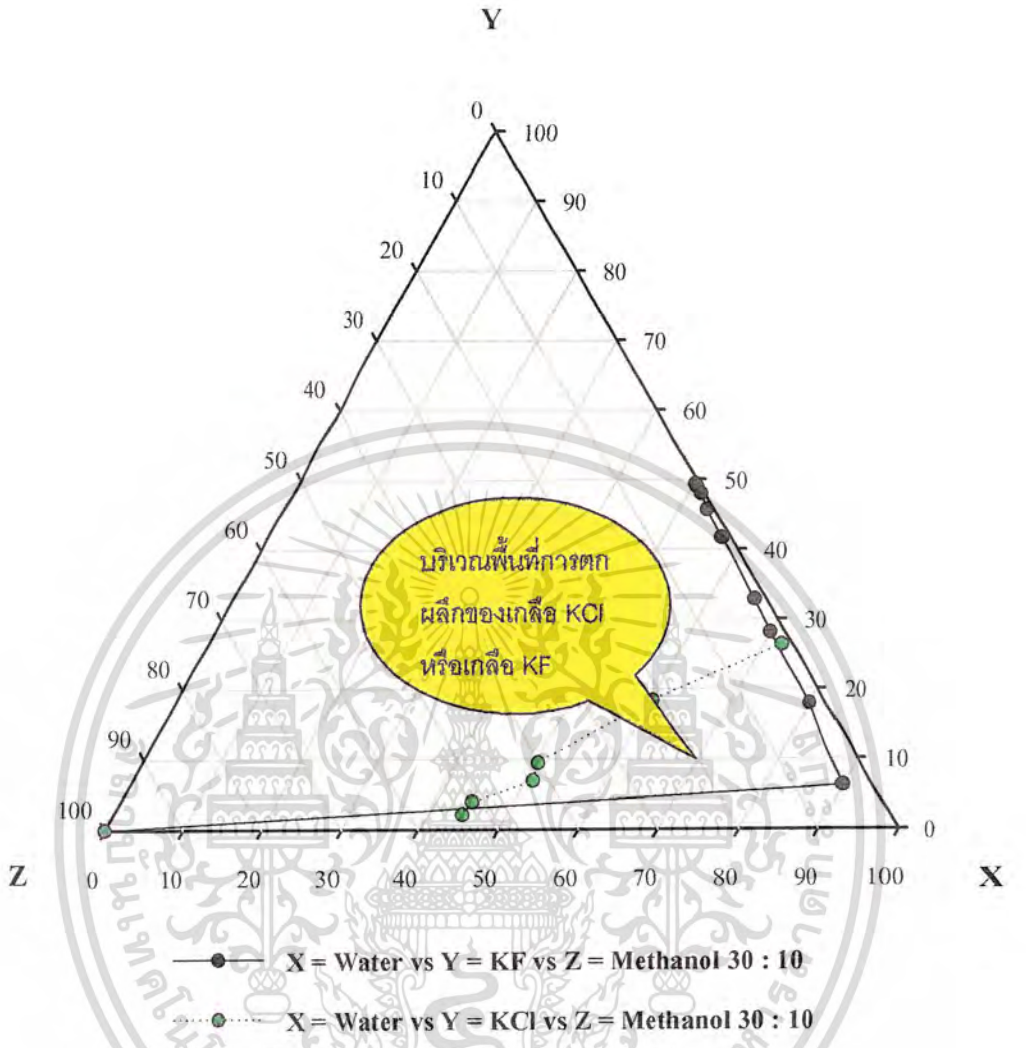
จากตารางที่4.5 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.4 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วน 25 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเมทานอล(เมทานอล : น้ำ = 30 : 10)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.4	1.3	72.3	49.7	0.5	49.7
2	24.2	6.6	69.3	49.4	0.5	50.1
3	18.4	21.5	60.1	49.0	0.5	50.5
4	14.9	29.6	55.4	48.0	0.5	51.5
5	13.6	31.5	55.0	45.7	0.9	53.4
6	9.5	40.2	50.3	41.7	1.1	57.2
7	6.9	42.2	50.9	32.9	1.5	65.6
8	3.9	51.3	44.8	28.1	1.9	70.0
9	2.2	53.4	44.4	17.9	2.2	79.9
10	0.0	0.0	0.0	6.2	3.9	89.9
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 30 : 10) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 30 : 10)

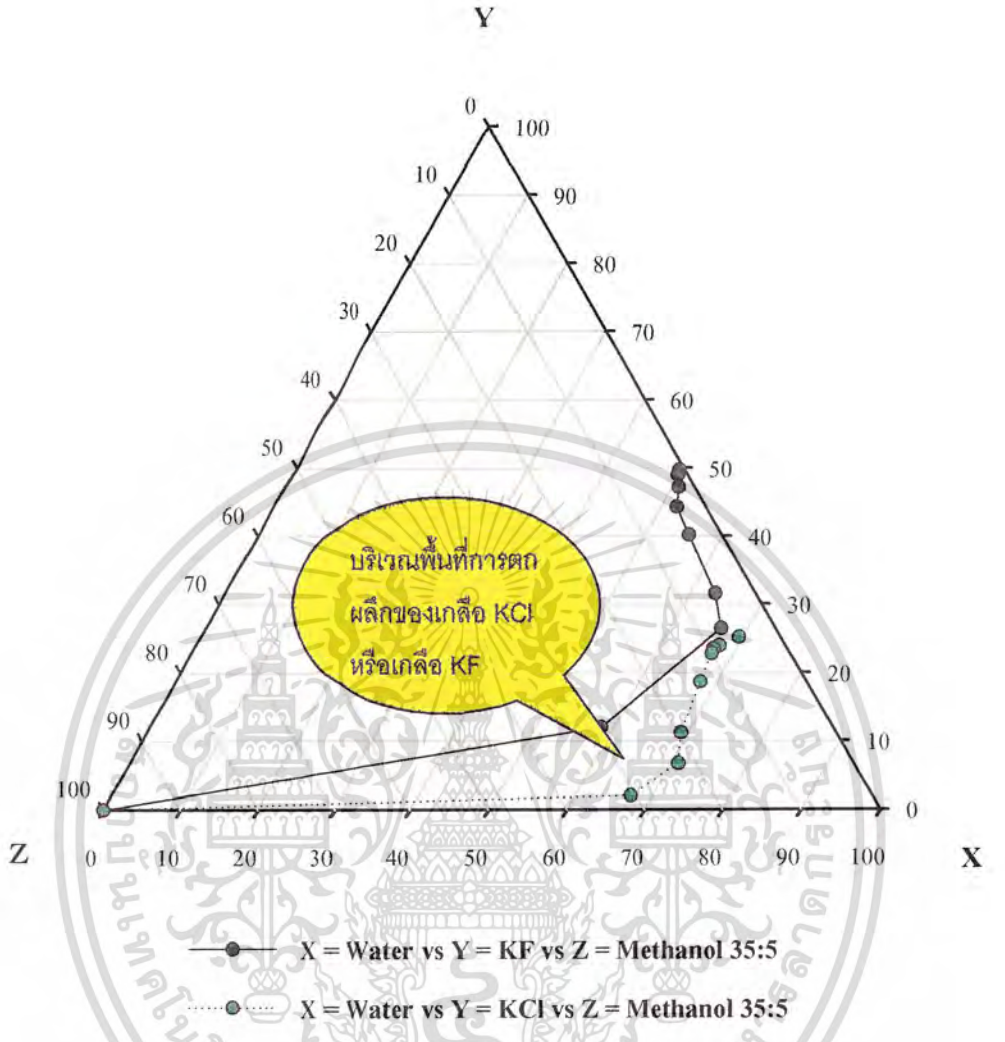
จากตารางที่4.6 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.5 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วน 30 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	25.2	5.3	69.5	49.7	0.7	49.6
2	24.0	8.4	67.6	49.0	1.2	49.8
3	23.5	9.4	67.1	48.5	1.6	50.0
4	22.8	10.0	67.2	47.2	2.0	50.8
5	21.3	11.2	67.4	44.3	3.7	52.0
6	18.7	13.5	67.8	40.2	4.2	55.6
7	13.5	18.2	68.2	31.6	5.1	63.3
8	11.2	19.7	69.1	26.5	6.9	66.6
9	6.7	22.3	71.0	12.0	29.6	58.4
10	2.0	30.8	67.2	3.5	39.0	57.4
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 : 5)

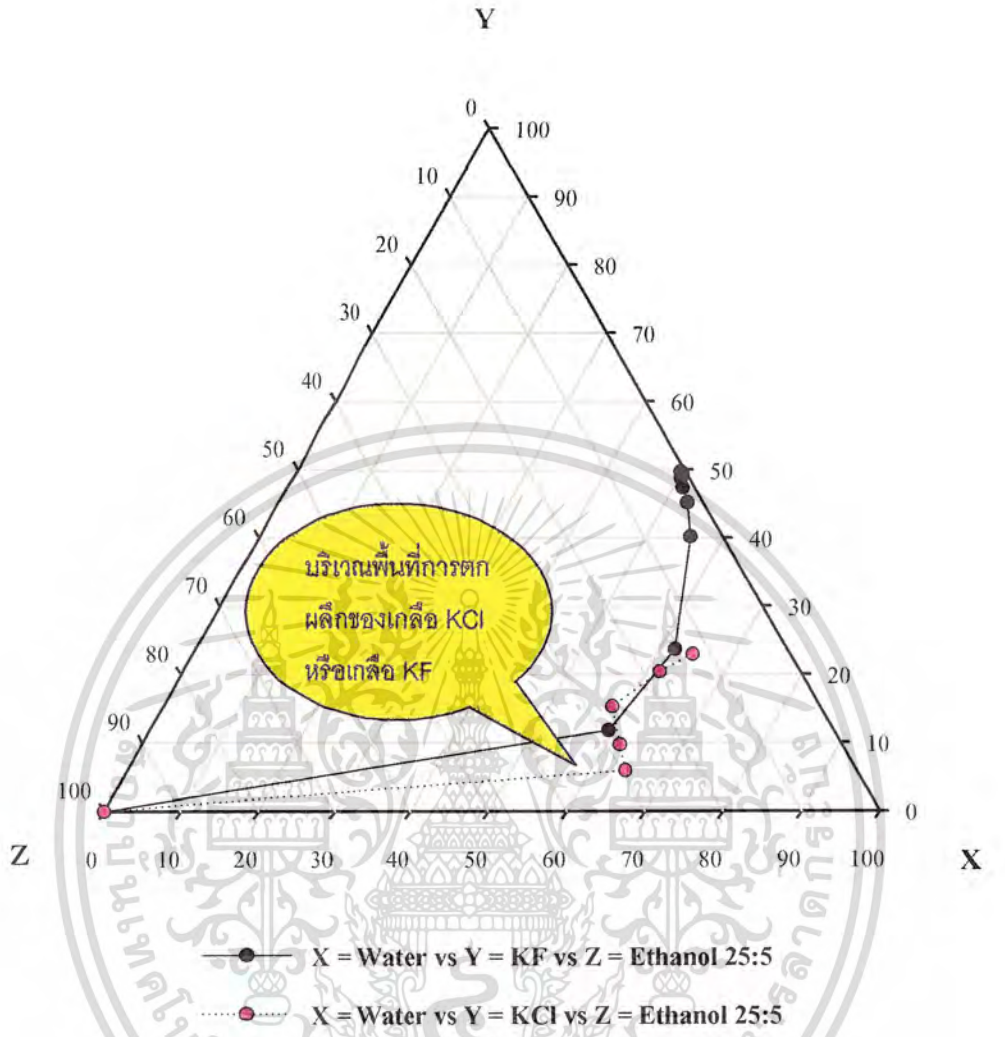
จากตารางที่4.7 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.6 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วน 35 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	23.0	12.4	64.6	49.7	0.6	49.7
2	22.2	14.4	63.5	49.4	0.6	50.0
3	21.5	16.0	62.6	48.8	1.0	50.2
4	20.4	17.9	61.7	47.4	1.5	51.1
5	17.9	23.3	58.9	45.2	2.0	52.8
6	15.3	26.6	58.1	40.2	4.1	55.7
7	11.6	27.5	60.8	30.2	8.0	61.7
8	9.7	28.4	61.9	23.7	14.3	62.0
9	5.9	29.6	64.5	11.8	28.8	59.4
10	1.1	55.9	43.1	3.7	34.6	61.7
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5)

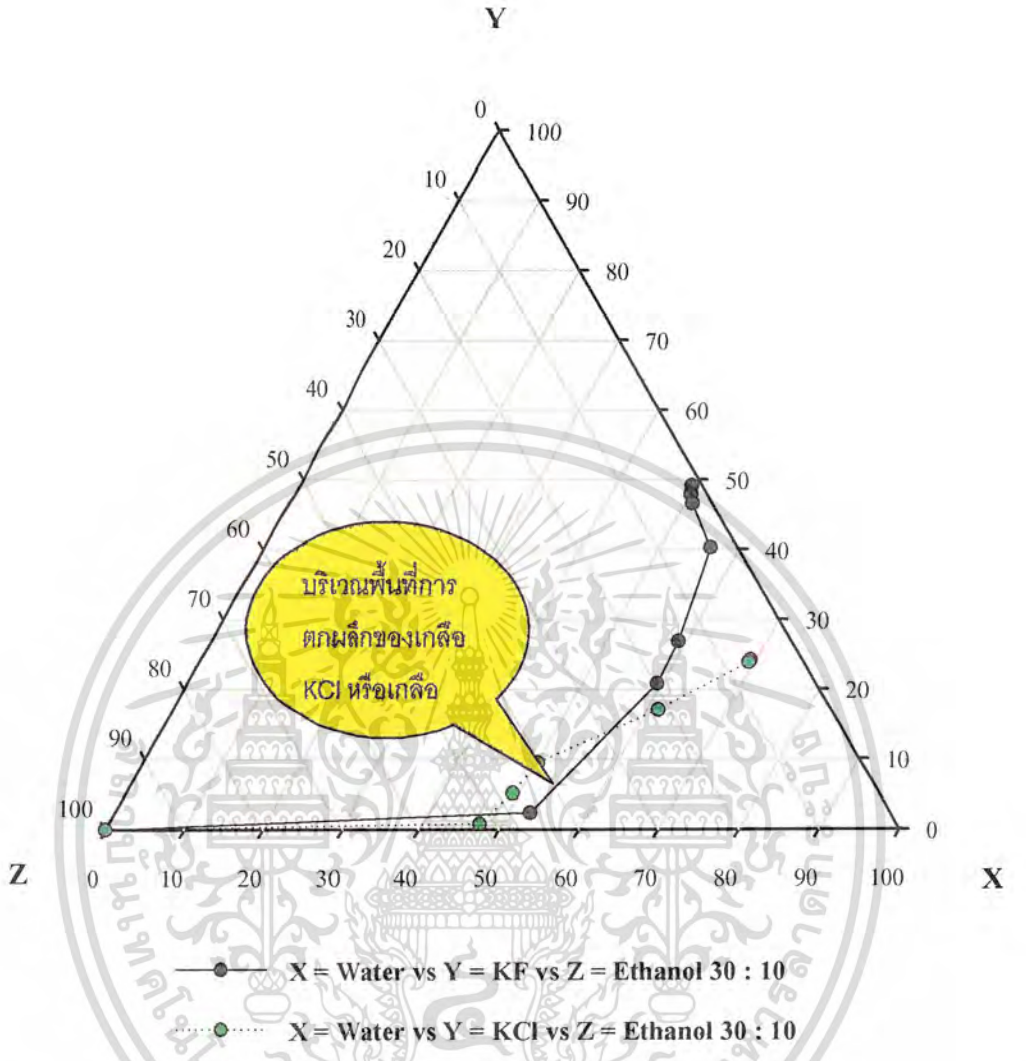
จากตารางที่4.8 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.7 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเอทานอลที่อัตราส่วน 25 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 30 : 10)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.2	2.0	71.9	49.2	1.3	49.5
2	24.2	6.5	69.3	48.5	1.7	49.7
3	23.9	6.8	69.3	47.9	2.1	50.0
4	21.1	13.0	66.0	46.6	2.5	50.9
5	17.1	21.5	61.4	44.4	3.0	52.7
6	9.5	40.4	50.1	40.3	3.4	56.3
7	6.6	43.4	49.9	26.9	14.1	59.0
8	5.2	45.7	49.1	20.8	19.8	59.4
9	2.9	48.3	48.9	9.0	36.1	54.8
10	0.8	52.0	47.2	2.4	44.9	52.7
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 : 5)

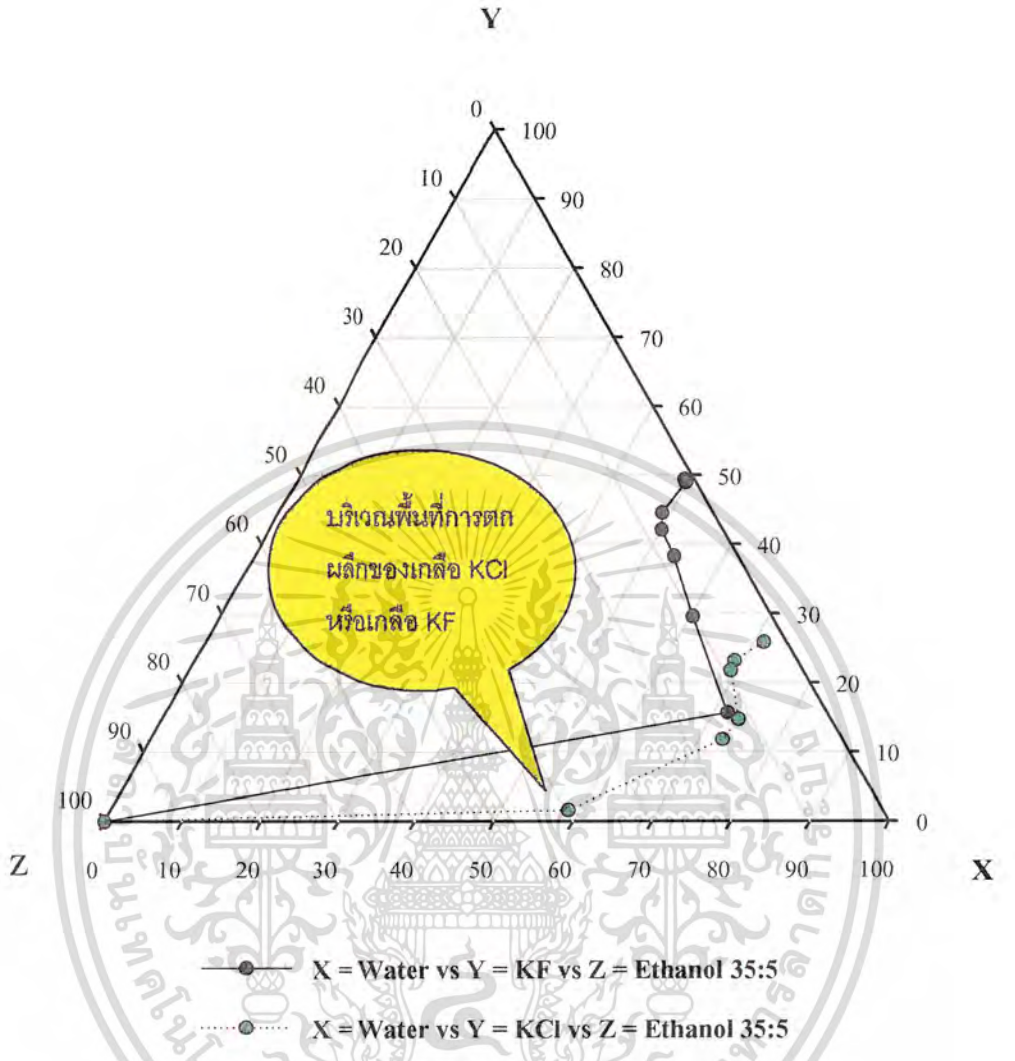
จากตารางที่4.9 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.8 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเอทานอลที่อัตราส่วน 30 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และเอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	25.9	2.9	71.2	49.4	1.2	49.4
2	25.5	3.7	70.9	49.0	1.3	49.7
3	24.1	7.0	68.8	46.7	4.7	48.7
4	23.2	8.0	68.8	44.6	6.5	48.9
5	21.8	9.2	69.0	42.1	7.8	50.1
6	19.3	10.4	70.2	38.3	8.1	53.6
7	14.7	11.7	73.6	29.6	10.1	60.3
8	11.8	15.2	73.0	25.2	10.9	64.0
9	5.2	33.8	60.9	15.7	12.6	71.7
10	1.6	39.8	58.6	4.7	24.7	70.7
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 : 5)

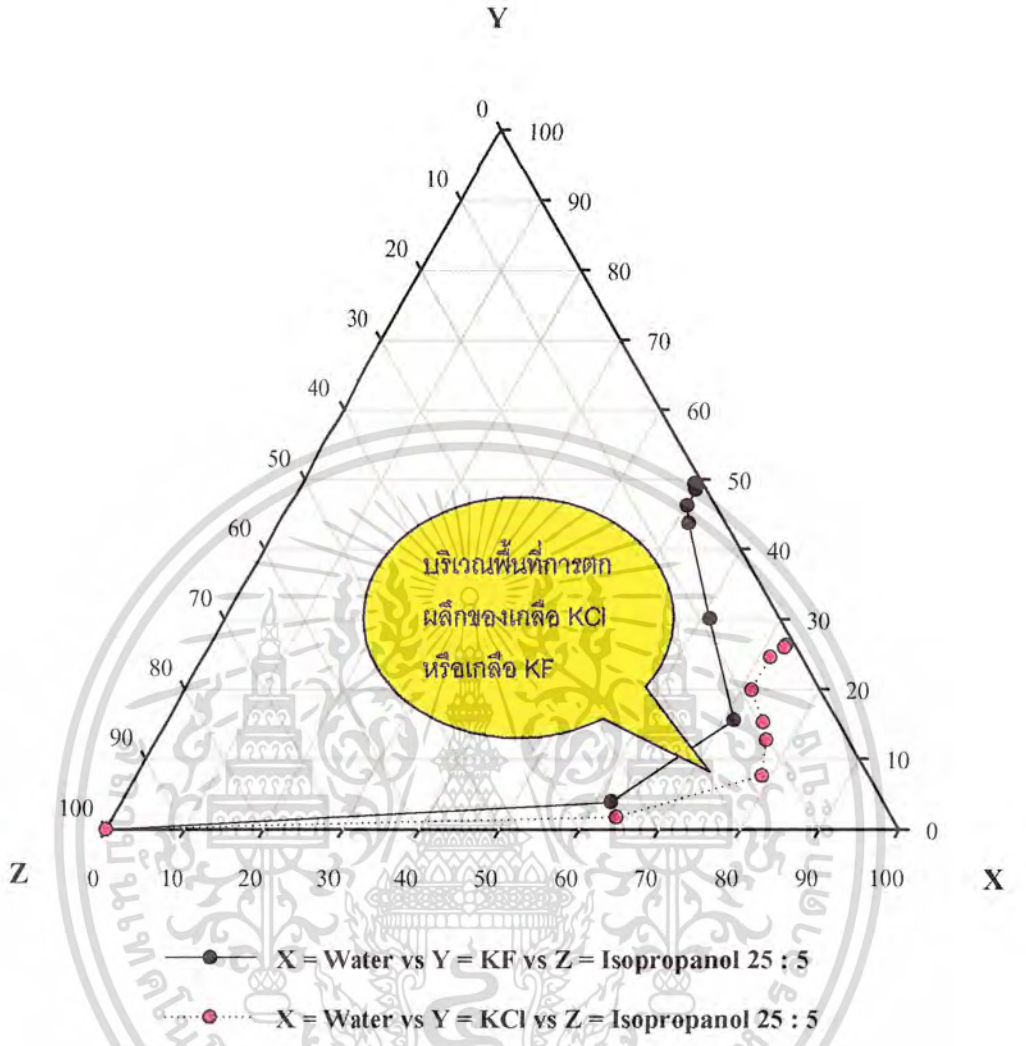
จากตารางที่4.10 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.9 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายเอทานอลที่อัตราส่วน 35 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล : น้ำ = 25 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.5	1.1	72.3	49.5	1.0	49.5
2	26.3	1.2	72.5	49.1	1.1	49.8
3	26.0	1.5	72.5	48.6	1.3	50.1
4	24.6	4.0	71.4	46.3	3.5	50.2
5	23.1	5.2	71.8	43.8	4.6	51.6
6	19.9	8.7	71.4	38.3	7.8	53.8
7	15.3	9.5	75.2	30.1	8.8	61.1
8	12.8	10.4	76.8	25.5	9.8	64.8
9	7.6	13.5	78.9	15.6	13.0	71.4
10	1.8	34.5	63.7	3.9	34.1	62.0
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงเศษส่วนโดยมวลของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 : 5)

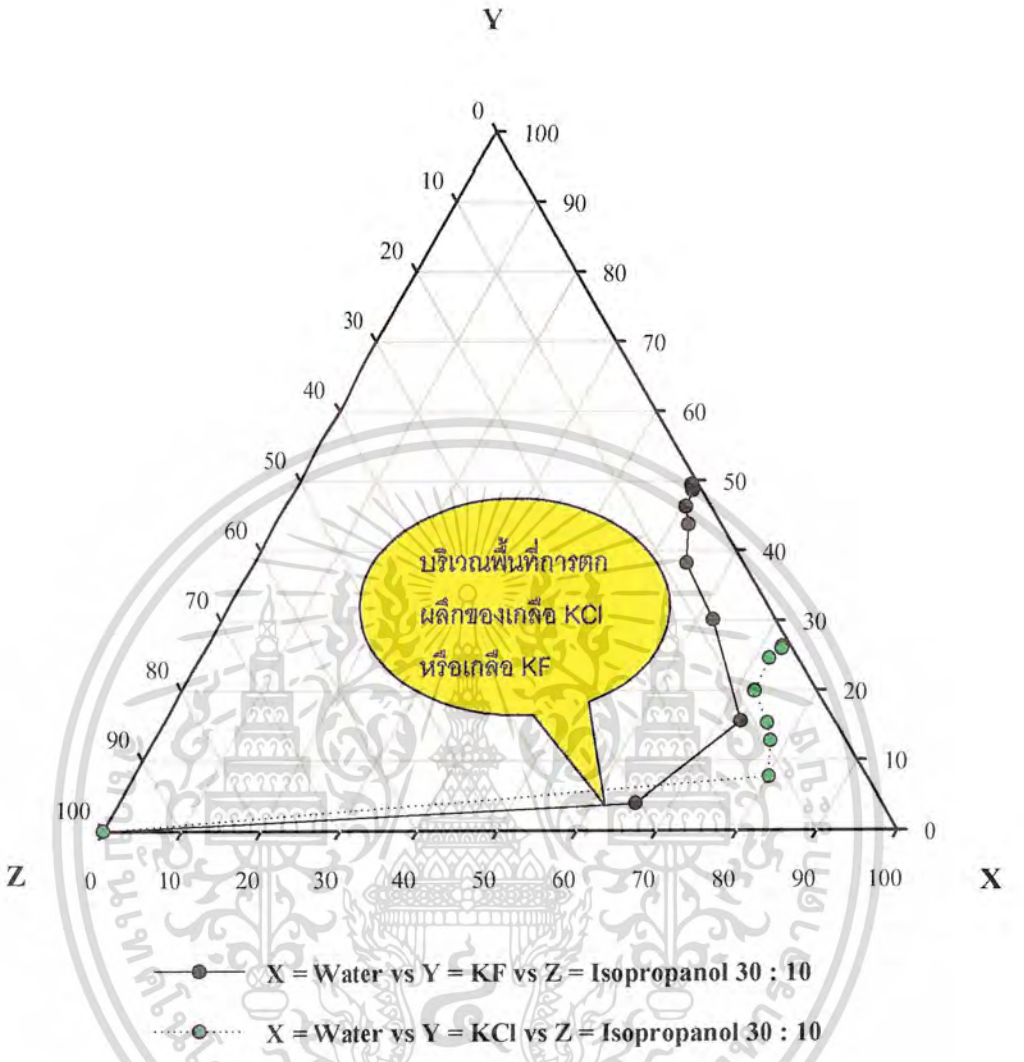
จากตารางที่4.11 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.10 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายไอโซโพรพานอลที่อัตราส่วน 25 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล : น้ำ = 30 : 10)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.5	1.0	72.4	49.5	0.9	49.6
2	26.3	1.1	72.6	49.1	1.0	49.9
3	26.0	1.3	72.7	48.6	1.2	50.2
4	24.6	3.6	71.8	46.3	3.2	50.5
5	23.1	4.7	72.3	43.8	4.1	52.1
6	19.9	7.8	72.3	38.3	7.1	54.6
7	15.3	8.5	76.2	30.1	7.9	62.0
8	12.8	9.4	77.8	25.5	8.8	65.7
9	7.6	12.2	80.2	15.6	11.7	72.7
10	1.8	31.0	67.1	3.9	30.7	65.4
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) ค โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล : น้ำ = 30 : 10) และ โพแทสเซียมฟลูออไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 30 : 10)

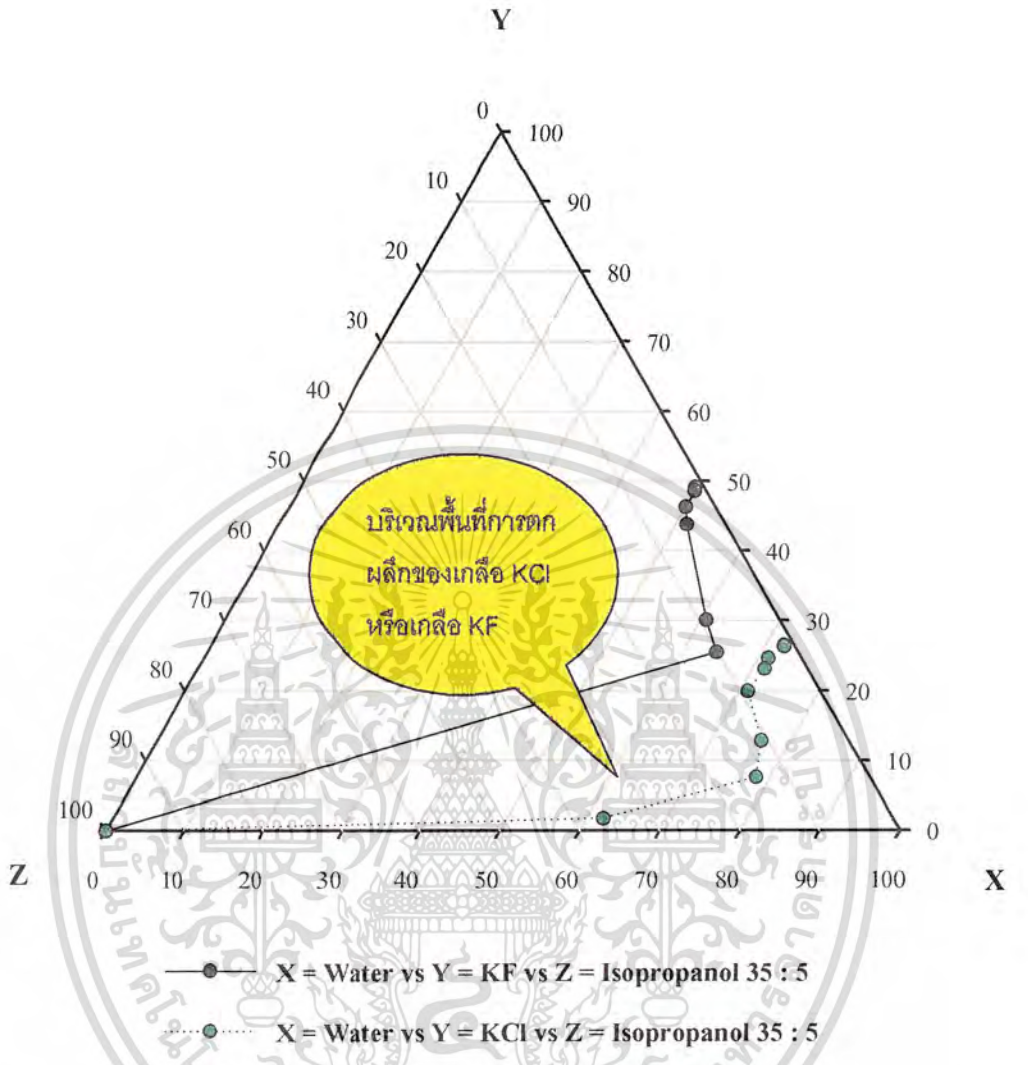
จากตารางที่4.12 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.11 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายไอโซโพรพานอลที่อัตราส่วน 30 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ และไอโซโพรพานอล(ไอโซโพรพานอล : น้ำ = 35 : 5)

ชุดที่	ระบบ - KCl - เมทานอล - น้ำ			ระบบ - KF - เมทานอล - น้ำ		
	%KCl	%เมทานอล	%น้ำ	%KF	%เมทานอล	%น้ำ
1	26.5	1.2	72.3	49.5	1.0	49.4
2	26.3	1.3	72.4	49.1	1.1	49.8
3	26.0	1.6	72.5	48.6	1.4	50.0
4	24.6	4.2	71.2	46.3	3.7	50.0
5	23.1	5.4	71.5	43.8	4.8	51.4
6	19.9	9.1	71.0	38.3	8.2	53.4
7	15.3	10.0	74.8	30.1	9.2	60.7
8	12.8	10.9	76.3	25.5	10.2	64.3
9	7.6	14.2	78.2	15.6	13.7	70.8
10	1.8	36.2	62.0	3.9	35.9	60.3
11	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบ 3 ชนิด (3 วัฏภาค) คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ – น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 : 5) และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ - น้ำ – ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 : 5)

จากตารางที่ 4.13 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาพลอตแผนภาพวัฏภาคดังรูปที่ 4.12 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในตัวทำละลายไอโซโพรพานอลที่อัตราส่วน 35 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ 4.1 : การหาค่าการละลายอิ่มตัว และผลการทดลองที่ 4.2 : การศึกษาวัฏภาคของสารละลาย เมื่อนำผลการทดลองทั้งสองตอนมาพิจารณาร่วมกันแล้ว จึงเลือกใช้ตัวทำละลายไอโซโพรพานอลเป็นสารแทนที่ เนื่องจากทั้งเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์สามารถละลายได้น้อยมาก หรือไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดนี้

ในการหาปริมาตรสารแทนที่ที่ใช้เติมนั้น ซึ่งจะนำไปใช้ในการดำเนินการทดลองตอนที่ 3 : การแยกสารละลายผสมสังเคราะห์เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ สามารถหาได้จากการพิจารณาแผนภาพวัฏภาคชนิดตัวทำละลายไอโซโพรพานอล : น้ำที่อัตราส่วนใดก็ได้ ในที่นี้เลือกที่อัตราส่วน 30 : 10 เนื่องจากบริเวณพื้นที่การตกผลึกของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้นมีความเป็นไปได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน 25 : 5 และอัตราส่วน 35 : 5 (ดังรูปที่ 4.10 4.11 และ4.12)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการหาปริมาตรสารแทนที่จากแผนภาพวัฏภาคชนิดตัวทำละลาย
ไอโซโพรพานอล : น้ำที่อัตราส่วน 30 : 10

สารละลายKClอิ่มตัว 36.65 กรัม/100ml
ปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้ 18 ml
ดังนั้น ในน้ำกลั่น 18 ml มีเกลือ KCl อยู่ = 18 x 36.65 /100
= 6.597 g

ที่จุด ก. มีปริมาณน้ำกลั่นและเกลือ KCL เท่าเดิม
ที่จุด ก. KCl 11% = 6.597 g

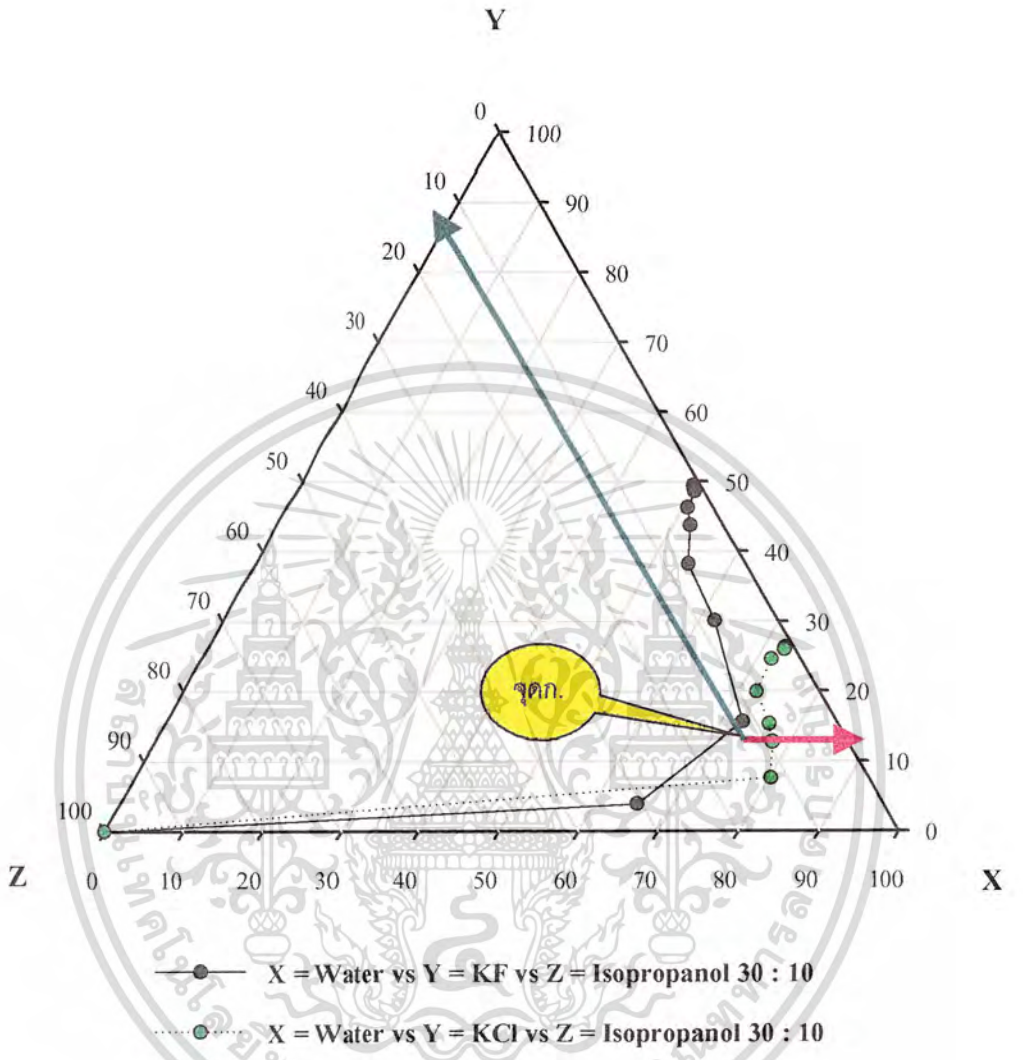
Isopropanol 14% = 6.597 x 14 / 11
= 8.3962 g

จาก D = M / V

ความหนาแน่น Isopropanol เท่ากับ 0.778285

V = 8.3962 / 0.778285
= 10.79 ml
= 11 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การหาปริมาตรสารแทนที่จากแผนภาพวัฏภาคชนิดตัวทำละลาย ไอโซโพรพานอล : น้ำที่อัตราส่วน 30 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แยกสารผสมโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้จากการสังเคราะห์อัตราส่วน 1 : 1

จากการแยกสารผสมดังกล่าวสารผสมโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้จากการสังเคราะห์อัตราส่วน 1 : 1 ละลายได้ในตัวทำละลายน้ำกลั่น 18 มิลลิลิตร แสดงผลในรูปของ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในแต่ละส่วนที่แยกได้ (ชนิดของผลึก) และ เปอร์เซ็นต์การกลับคืนของเกลือโดยเทียบกับปริมาณเของกลือเริ่มต้น

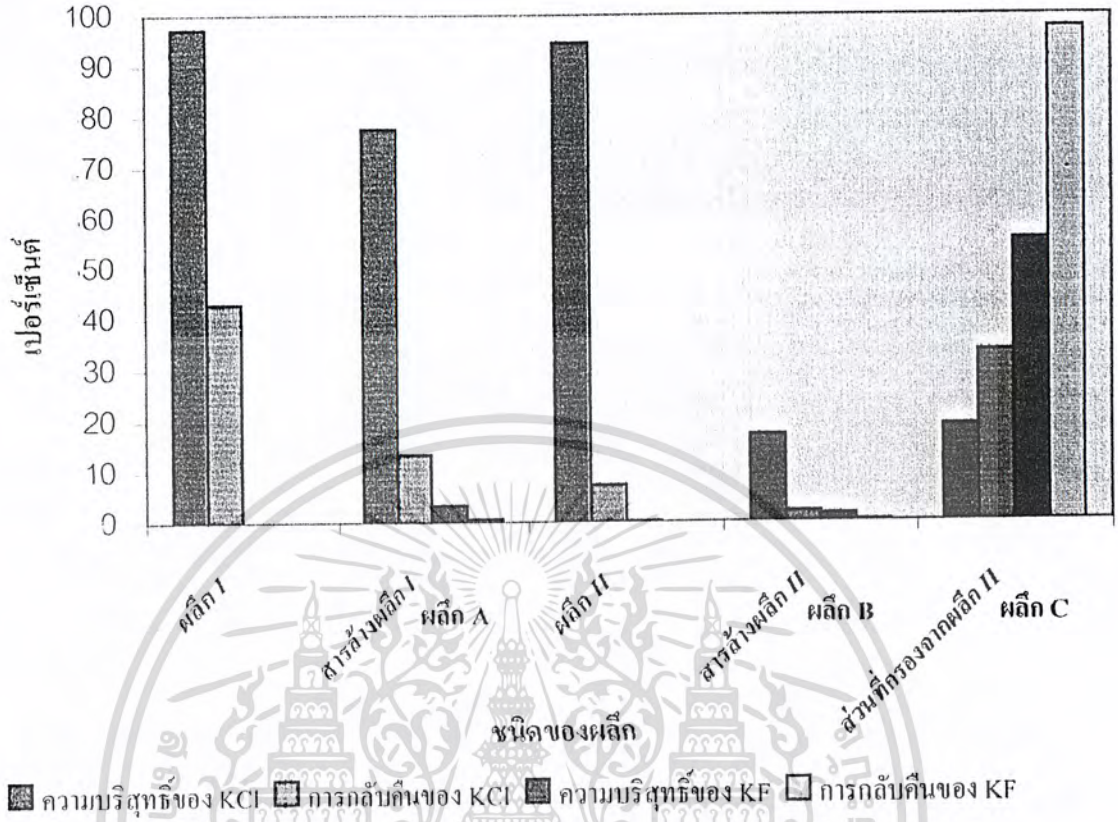
ตารางที่ 4.14 แสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์และเปอร์เซ็นต์การกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในผลึกแต่ละชนิด

ชนิดของผลึก	KCl		KF	
	% ความบริสุทธิ์	%การกลับคืน	% ความบริสุทธิ์	%การกลับคืน
ผลึก I	97.28	42.78	0.006	0.002
สารล้างผลึก I	77.55	13.50	3.40	0.59
ผลึก II	94.44	7.29	0.13	0.01
สารล้างผลึก II	17.22	2.06	1.54	0.18
ส่วนที่กรองจากผลึก II	19.00	33.34	55.58	97.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 แสดงแผนผังการแยกสารผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์และการกลับคืนของโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมฟลูออไรด์

จากรูปที่ 4.14 และ รูปที่ 4.15 เห็นได้ว่าผลึกจากการตกผลึกครั้งที่ 1 ด้วยวิธีลดอุณหภูมิ ผลึกมีเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 97.28 และมีเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ0.006 มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง แต่มีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 42.78 ซึ่งอาจเกิดจากปริมาตรของเมทานอล ที่ใช้ในขั้นตอนการล้างผลึกมากเกินไป จึงไปชะเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ออกไปด้วย เพราะในสารละลายเมทานอลมีเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์กลับคืนร้อยละ 13.50 และมีเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์กลับคืนร้อยละ 0.59 ส่วนผลึกจากการตกผลึกครั้งที่สองด้วยวิธีเติมสารแทนที่ มีเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 94.44 และมีเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.13 แต่มีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 7.29 ส่วนในน้ำล้างผลึกมีปริมาณกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2.06 และ ของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 0.18 เมื่อนำส่วนใสที่เหลือมาทำการระเหยพบว่ามีปริมาณเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์กลับคืนร้อยละ 97.50 และมีเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์กลับคืนร้อยละ 33.34 แต่มีความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในผลึกเพียงร้อยละ 55.58 และโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 19.00 ส่วนน้ำหนักของผลึกจากการระเหยที่เหลืออาจเป็นน้ำอยู่ร้อยละ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองตอนที่ 1 จะพบว่า เกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าการละลายในน้ำกลั่นเท่ากับ 116.00 และ 36.65 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยมวลต่อปริมาตรตามลำดับ ซึ่งจากค่าการละลายนี้ทำให้ทราบว่า เมื่อทำการตกผลึกสารละลาย เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จะตกผลึกออกจากสารละลายก่อนโพแทสเซียมฟลูออไรด์และจากค่าการละลายของเกลือทั้งสองชนิดในเมทานอล และเอทานอล เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าการละลายเท่ากับ 0.37 และ 0.08 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยมวล/ปริมาตรตามลำดับ เกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ มีค่าการละลายเท่ากับ 18.19 และ 5.95 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยมวล/ปริมาตร ตามลำดับ แต่เกลือทั้งสองชนิดนี้ไม่ละลายในไอโซโพรพานอล จึงเลือกไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายที่ใช้เติมลงในสารละลายอิ่มตัวของเกลือผสม โดยเติมไอโซโพรพานอลปริมาตร 11 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทดลองตอนที่ 2 แผนภาพวัฏภาคของไอโซโพรพานอล และในขั้นตอนการล้างผลึกจะเลือกเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ใช้ล้างผลึก เนื่องจากสามารถละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ได้ดีกว่าละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์

จากการทดลองตอนที่3 สารผสมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปริมาณเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้ 5.0000 กรัม และปริมาณเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ใช้ 5.0008 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 18 มิลลิลิตร แยกเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ โดยวิธีการตกผลึกโดยลดอุณหภูมิ (Cooling Crystallization) กรองเอาผลึกออกและล้างผลึกด้วยเมทานอล พบว่าผลึกที่ได้มีปริมาณการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 2.1390 กรัม คิดเป็นร้อยละ 42.78 และของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 0.0003 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.002 มีความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 97.28 และในเมทานอลที่ใช้ล้างผลึก พบว่ามีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 0.6752 และ 0.0296 กรัม คิดเป็นร้อยละ 13.50 และ 0.59 ตามลำดับ จากนั้นนำสารละลายส่วนที่กรองได้จากการตกผลึกครั้งแรกมาทำการตกผลึกอีกครั้งโดยการเติมสารสารแทนที่ โดยใช้ไอโซโพรพานอลซึ่งพิจารณาจากค่าการละลายของเกลือทั้งสองชนิดที่ไม่ละลายในไอโซโพรพานอล และปริมาณไอโซโพรพานอลที่ใช้คำนวณจากแผนภาพวัฏภาคของเกลือทั้งสอง กรองเอาผลึกส่วนที่สองออกมาและล้างด้วยเมทานอล พบว่าผลึกที่ได้มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.3643 กรัม คิดเป็นร้อยละ 7.29 และของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 0.0005 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.01 มีความบริสุทธิ์ของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 94.44 และในเมทานอลที่ใช้ล้างผลึก พบว่ามีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 0.1032 และ 0.0092 กรัม คิดเป็นร้อยละ 2.06 และ 0.18 ตามลำดับ จากนั้นนำสารละลายส่วนที่ได้จากการตกผลึกครั้งที่สองมาทำการระเหย ได้ผลึกหนัก 8.7733 กรัม และนำมาหาปริมาณของเกลือทั้งสองชนิด พบว่ามีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 4.8758 กรัม คิดเป็นร้อยละ 97.50 ซึ่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 55.58 และมีการกลับคืนของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.6669 กรัม คิดเป็นร้อยละ 33.34 ซึ่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 19.00 และคาดว่ามีน้ำเจือปนอยู่ในผลึกจากการระเหย 2.2306 กรัม คิดเป็น ร้อยละ 25.42

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การหาค่าการละลายของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์ ควรทำพร้อมกัน เพื่อทำให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน และเปรียบเทียบการละลายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2.2 ควรเปลี่ยนปริมาตรเมทานอลที่ใช้ล้างผลึกให้น้อยลง เพื่อลดการละลายของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์

5.2.3 ในการหาค่าการละลายอิ่มตัวควรบันทึกปริมาตรตัวทำละลายทุกๆ 5 –10 นาที

5.2.4 ควรเปลี่ยนปริมาตรเมทานอลที่ใช้ล้างผลึกให้น้อยลงเพื่อลดการละลายของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์

5.2.5 ควรเพิ่มปริมาตรไอโซโพรพานอลที่ใช้เป็นสารแทนที่ให้มากเกินพอเพื่อให้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ตกผลึกได้สมบูรณ์มากขึ้น

5.2.6 ควรจะเปลี่ยนสารแทนที่เป็น เมทานอล และเอทานอลเพื่อเปรียบเทียบว่าตัวทำละลายชนิดใดสามารถแยกได้ดี

ควรทดลองกับสารตัวอย่างจากน้ำเสียกระบวนการผลิตแทนทาลัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Richard J. Lewis , Sr. **Condensed Chemical Dictionary.** Van Nostrand Reinhold Publishing 115 Fifth Avenue.New York , NY 10003.

[2] Organic laboratory : **Technique 5 Crystallization of solid ;** 577-596.

[3] A. Mersmann. 1995. **Crystallization Technology Handbook.** New York. Marcel Dekker.

[4] สุวรรณ ไชยสิทธิ์. **ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2.** โครงการตำรา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , มิถุนายน 2540.

[5] คณิตา ตังคณานุรักษ์. **เคมีไฟฟ้าวิเคราะห์.** โครงการตำรา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , พฤษภาคม 2542.

[6] อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ คณิตา ตังคณานุรักษ์. **ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2.** โครงการตำรา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

[7] Rodney J. Sime. 1990. **Physical Chemistry.** Philadelphia. Saunders College Publishing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Gordon M. Barrow. 1973. **Physical Chemistry.** 3rd ed. Tokyo. McGraw-Hills]

Keith J. Laidler, John H. Meiser. 1995. **Physical Chemistry.** 2nd ed. Boston. Houghton Mifflin.

Andrew D. Eton, Lenore S. Clesceri and Arnold E. Greenberg. 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th ed. Washiton. American Public Health Association.

Carl L. Yaw and McGraw-Hills .1999. **Chemical Properties Handbok .** United State of America. McGraw-Hills.

Http : // www.crystran.co.uk/keldata.htm .

Richard J. Lewis , St . **Condensed Chemical Dictionary.** Published by Van Nostrand Reinhold Publishing. New York .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การหาค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KCl (กรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	30.5	5.0009	14.0	90	35.72
2	30.5	5.0018	13.6	90	36.78
3	31.5	5.0006	13.5	90	37.04
4	31.5	5.0006	13.6	90	37.04
เฉลี่ย	-	5.0010	13.7	90	36.65
1	40.0	5.0016	15.0	20	33.34
2		5.0024	15.0	20	33.35
3		5.0003	15.0	20	33.34
4		5.0019	15.0	20	33.35
5		5.0022	15.0	20	33.35
เฉลี่ย	-	5.0017	15.0	20	33.35
1	50.0	5.0024	15.0	15	33.35
2		5.0018	15.0	15	33.34
3		5.0018	15.0	15	33.34
4		5.0006	15.0	15	33.34
5		5.0021	15.0	15	33.35
เฉลี่ย	-	5.0017	15.0	15	33.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KCl (กรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	60.0	5.0044	13.0	15	38.50
2		5.0075	13.0	15	38.52
3		5.0039	13.0	15	38.50
4		5.0064	13.0	15	38.51
5		5.0072	13.0	15	38.52
เฉลี่ย	-	5.0059	13.0	15	38.51
1	70.0	5.0022	13.0	10	38.48
2		5.0011	13.0	10	38.47
3		5.0016	13.0	10	38.47
4		5.0013	13.0	10	38.47
5		5.0009	13.0	10	38.47
เฉลี่ย	-	5.0014	13.0	10	38.47
1	80.0	5.0010	12.0	20	41.68
2		5.0015	12.0	20	41.68
3		5.0003	12.0	20	41.67
4		5.0020	12.0	20	41.68
5		5.0010	12.0	20	41.68
เฉลี่ย	-	5.0010	12.0	20	41.68
1	90.0	5.0012	12.0	15	41.68
2		5.0022	12.0	15	41.69
3		5.0027	12.0	15	41.69
4		5.0015	12.0	15	41.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์ในเมทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KCl (กรัม)	ปริมาตรเมทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
5		5.0019	12.0	15	41.68
เฉลี่ย	-	5.0019	12.0	15	41.68
1	30.0	0.0173	3.9	90	0.44
2	30.0	0.0105	3.5	90	0.26
3	30.0	0.0149	3.9	90	0.38
4	31.0	0.0121	3.0	90	0.40
เฉลี่ย	-	0.0137	3.7	90	0.37
1	40.0	0.0506	14.0	25	0.36
2		0.0512	14.0	25	0.37
3		0.0521	14.0	25	0.37
เฉลี่ย	-	0.0513	14.0	25	0.37
1	50.0	0.0540	13.0	20	0.42
2		0.0531	13.0	20	0.41
3		0.0538	13.0	20	0.41
เฉลี่ย	-	0.0536	13.0	20	0.41
1	60.0	0.0530	12.0	20	0.44
2		0.0523	12.0	20	0.44
3		0.0521	12.0	20	0.43
เฉลี่ย	-	0.0525	12.0	20	0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์ในเอทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KCl (กรัม)	ปริมาตรเอทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	70.0	0.0508	10.0	15	0.51
2		0.0519	10.0	15	0.52
3		0.0523	10.0	15	0.52
เฉลี่ย	-	0.5170	10.0	15	0.52
1	30.0	0.0103	13.5	90	0.08
2	30.0	0.0107	13.2	90	0.08
3	30.0	0.0107	13.2	90	0.08
4	31.0	0.0120	13.5	90	0.09
5	31.0	0.0110	13.0	90	0.09
เฉลี่ย	-	0.0109	13.3	90	0.08
1	40.0	0.0137	11.0	20	0.12
2		0.0142	11.0	20	0.13
3		0.0135	11.0	20	0.12
เฉลี่ย	-	0.0138	11.0	20	0.12
1	50.0	0.0112	10.0	15	0.11
2		0.0123	10.0	15	0.12
3		0.0118	10.0	15	0.12
เฉลี่ย	-	0.0118	10.0	15	0.12
1	60.0	0.0109	9.0	15	0.12
2		0.0113	9.0	15	0.13
3		0.0125	9.0	15	0.14
เฉลี่ย	-	0.0116	9.0	15	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	70.0	0.0137	8.0	10	0.17
2		0.0129	8.0	10	0.16
3		0.0115	8.0	10	0.14
เฉลี่ย	-	0.0127	8.0	10	0.16
1	31	8.0352	7.2	42	111.60
2	31	8.0161	7.0	42	114.52
3	32	8.0144	6.8	42	117.86
4	32	8.0105	6.5	42	123.24
5	32	8.0089	7.1	42	112.80
เฉลี่ย		8.01702	6.9	42	116.00
1	40	15.0007	10	20	150
2		15.0019	10.0	20	150.02
3		15.0018	10.0	20	150.02
เฉลี่ย	-	15.0015	10.0	20	150.01
1	50.0	15.0019	10.0	15	150.02
2		15.0022	10.0	15	150.02
3		15.0021	10.0	15	150.02
เฉลี่ย	-	15.0021	10.0	15	150.02
1	60.0	15.0018	9.0	20	150.02
2		15.0012	9.0	20	150.01
3		15.0016	9.0	20	150.02
เฉลี่ย	-	15.0015	9.0	20	150.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	70.0	15.0036	9.0	15	166.71
2		15.0019	9.0	15	166.69
3		15.0024	9.0	15	166.69
เฉลี่ย	-	15.0026	9.0	15	166.70
1	80.0	15.0051	7.0	20	214.36
2		15.0039	7.0	20	241.34
3		15.0021	7.0	20	241.32
เฉลี่ย	-	15.0037	7.0	20	214.34
1	90.0	15.0051	7.0	15	214.36
2		15.0029	7.0	15	214.33
3		15.0026	7.0	15	214.32
เฉลี่ย	-	15.0035	7.0	15	214.34

ตารางที่ 1.5 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรเมทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	32.5	1.0085	4.9	42	20.58
2	31.0	1.0022	6.9	42	14.52
3	30.0	1.0020	4.9	42	20.45
4	30.0	1.0051	5.0	42	20.10
เฉลี่ย	-	1.0045	5.4	42	18.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ I.5 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเมทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรเมทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	40.0	0.5085	15.0	11	3.39
2		0.5045	15.0	11	3.37
3		0.5090	15.0	11	3.39
เฉลี่ย	-	0.5073	15.0	11	3.38
1	50.0	1.0135	20.0	24	5.07
2		1.0145	20.0	24	5.07
3		1.0132	20.0	24	5.07
เฉลี่ย	-	1.0137	20.0	24	5.07
1	60.0	0.5070	20.0	17	2.54
2		0.5044	20.0	17	2.52
3		0.5067	20.0	17	2.53
เฉลี่ย	-	0.5063	20.0	17	2.53
1	70.0	0.5083	10.0	6	5.08
2		0.5080	10.0	6	5.08
3		0.5077	10.0	6	5.08
เฉลี่ย	-	0.5080	10.0	6	5.08
1	80.0	0.5077	10.0	6	5.08
2		0.5040	10.0	6	5.04
3		0.5067	10.0	6	5.07
เฉลี่ย	-	0.5061	10.0	6	5.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.6 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเอทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรเอทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	30.0	1.0029	16.9	42	5.93
2	30.0	1.0038	17.0	42	5.91
3	31.0	1.0041	16.7	42	6.01
เฉลี่ย	-	1.0036	16.9	42	5.95
1	40.0	0.5067	10.0	11	5.07
2		0.5055	10.0	11	5.06
3		0.5077	10.0	11	5.08
เฉลี่ย	-	0.5066	10.0	11	5.07
1	50.0	1.0008	15.0	17	6.67
2		1.0010	15.0	17	6.67
3		1.0014	15.0	17	6.68
เฉลี่ย	-	1.0011	15.0	17	6.67
1	60.0	0.5046	15.0	13	3.36
2		0.5044	15.0	13	3.36
3		0.5050	15.0	13	3.37
เฉลี่ย	-	0.5047	15.0	13	3.36
1	70.0	0.5083	10.0	6	5.08
2		0.5080	10.0	6	5.08
3		0.5077	10.0	6	5.08
เฉลี่ย		0.5080	10.0	6	5.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.6 แสดงค่าการละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในเอทานอลที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	KF (กรัม)	ปริมาตรเอทานอล (มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ค่าการละลายของ KCl (กรัม / 100มิลลิลิตร)
1	80.0	0.5059	10.0	6	5.06
2		0.5040	10.0	6	5.04
3		0.5067	10.0	6	5.07
เฉลี่ย	-	0.5055	10.0	6	5.06

<u>หมายเหตุ</u>

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ไม่ละลายในไอโซโพรพานอล ทุกอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทั้งเมทานอลและเมทานอลระเหยหมด จึงทำให้หาค่าการละลายอิ่มตัวในเมทานอลและเอทานอลไม่ได้

2 เนื่องจากค่าการละลายของ KCl ต่ำกว่า KF จึงทำให้ใช้เวลานานในการละลายในเมทานอลและเอทานอลทำให้ตัวทำละลายระเหยก่อนถึงจุดอิ่มตัว จึงหาค่าการละลายอิ่มตัวที่ 80 องศาเซลเซียสไม่ได้

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

<u>หาเปอร์เซ็นต์การละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์</u>

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ที่อุณหภูมิห้อง โพแทสเซียมคลอไรด์ จำนวน 5.0009 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 14 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น 14 มิลลิลิตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่ 5.000975 กรัม

ถ้าน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่ (5.000975*100)/14

= 35.72 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หาเปอร์เซ็นต์การละลายของโพแทสเซียมฟลูออไรด์</u>

จากข้อมูลในตารางที่ 2 ที่อุณหภูมิห้อง โพแทสเซียมฟลูออไรด์ จำนวน 8.0105 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 6.5 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น 6.5 มิลลิลิตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่ 8.0105 กรัม

ถ้าน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่ (8.0105 *100)/6.5

= 123.24 กรัม

<u>หมายเหตุ</u>

ที่อุณหภูมิ 40 , 50 , 60 , 70 และ 90 องศาเซลเซียส และตัวทำละลายอื่นๆ คำนวณเช่นกัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

2. การศึกษาวัฏภาคของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักรวมของขวดวัดความถ่วงจำเพาะ (ขวดถพ.)กับ สารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว สารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว และตัวทำละลาย

ครั้งที่	ขวด ถพ. (กรัม)	ขวดถพ.+น้ำกลั่น (กรัม)	ขวดถพ.+KCl (กรัม)	ขวดถพ.+KF (กรัม)	ขวดถพ.+เมทานอล (กรัม)	ขวดถพ.+เอทานอล (กรัม)	ขวดถพ.+ไอโซโพรพานอล (กรัม)
1	7.2908	17.7090	19.6792	21.4540	15.4889	15.6619	15.4364
2	7.2912	17.7176	19.6787	21.4531	15.4875	15.6649	15.4366
3	7.2918	17.7135	19.6789	21.4533	15.4860	15.6626	15.4361
4	7.2901	17.7094	19.6781	21.4544	15.4852	15.6631	15.4343
5	7.2914	17.7098	19.6790	21.4540	15.4862	15.6626	15.4366

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว สารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว และตัวทำละลาย

ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)					
	น้ำกลั่น	KCl	KF	เมทานอล	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล
1	10.4182	12.3884	14.1632	8.1981	8.3711	8.1456
2	10.4264	12.3875	14.1619	8.1963	8.3737	8.1454
3	10.4217	12.3871	14.1615	8.1942	8.3708	8.1443
4	10.4193	12.388	14.1643	8.1951	8.373	8.1442
5	10.4184	12.3876	14.1626	8.1948	8.3712	8.1452
เฉลี่ย	10.4208	12.3877	14.1627	8.1957	8.372	8.1449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (25 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.32	0.32	0.32	0.32
10.0	0.1	0.56	0.52	0.52	0.53
10.0	0.2	1.80	1.84	1.84	1.83
10.0	0.5	4.04	4.04	4.00	4.03
9.0	1.0	6.12	6.10	6.12	6.11
8.0	2.0	9.00	9.00	9.02	9.01
6.0	4.0	13.20	13.60	13.60	13.47
5.0	5.0	21.80	21.60	21.80	21.73
3.0	7.0	25.00	26.00	25.60	25.53
1.0	9.0	28.80	29.20	28.80	28.93

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (25 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.40	0.40	0.40	0.40
10.0	0.1	1.08	1.16	1.12	1.12
10.0	0.2	1.24	1.21	1.28	1.25
10.0	0.5	1.56	1.60	1.40	1.52
9.0	1.0	1.68	1.72	1.72	1.71
8.0	2.0	1.96	2.08	2.00	2.01
6.0	4.0	2.20	2.20	2.20	2.20
5.0	5.0	2.28	2.28	2.32	2.29
3.0	7.0	2.40	2.36	2.44	2.40
1.0	9.0	2.64	2.52	2.58	2.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (30 : 10) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.26	0.28	0.26	0.27
10.0	0.1	1.60	1.40	1.40	1.47
10.0	0.2	6.34	6.32	6.39	6.35
10.0	0.5	10.70	10.80	10.80	10.77
9.0	1.0	11.60	11.40	11.20	11.40
8.0	2.0	18.20	18.60	18.20	18.33
6.0	4.0	19.80	20.00	20.20	20.00
5.0	5.0	33.20	36.60	36.00	35.27
3.0	7.0	40.20	40.00	39.80	40.00
1.0	9.0	-	-	-	-

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (30 : 10) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.5	0.12	0.12	0.12	0.12
9.0	1.0	0.20	0.20	0.20	0.20
8.0	2.0	0.24	0.24	0.24	0.24
6.0	4.0	0.32	0.32	0.32	0.32
5.0	5.0	0.39	0.39	0.39	0.39
3.0	7.0	0.44	0.40	0.44	0.43
1.0	9.0	0.72	0.76	0.72	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (35 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.96	0.96	0.98	0.97
10.0	0.1	1.54	1.52	1.80	1.62
10.0	0.2	1.88	1.86	1.86	1.87
10.0	0.5	2.00	2.08	2.08	2.05
9.0	1.0	2.24	2.24	2.12	2.20
8.0	2.0	2.64	2.68	1.76	2.36
6.0	4.0	3.56	3.96	3.76	3.76
5.0	5.0	4.08	4.08	4.08	4.08
3.0	7.0	4.46	4.64	4.66	4.59
1.0	9.0	7.16	7.20	7.16	7.17

ตารางที่ 2.8 แสดงปริมาตรของเมทานอล : น้ำ (35 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เมทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.12	0.16	0.12	0.13
10.0	0.1	0.28	0.20	0.24	0.24
10.0	0.2	0.32	0.32	0.32	0.32
10.0	0.5	0.40	0.44	0.44	0.42
9.0	1.0	0.74	0.76	0.74	0.75
8.0	2.0	0.80	0.84	0.84	0.82
6.0	4.0	0.96	0.96	0.96	0.96
5.0	5.0	1.32	1.24	1.32	1.29
3.0	7.0	7.32	7.34	7.32	7.33
1.0	9.0	10.88	10.94	10.90	10.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (30 : 10) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.40	0.40	0.40	0.40
10.0	0.1	1.44	1.43	1.43	1.43
10.0	0.2	1.52	1.52	1.50	1.51
10.0	0.5	3.40	3.20	3.20	3.26
9.0	1.0	6.00	6.00	6.00	6.00
8.0	2.0	18.04	18.02	18.04	18.03
6.0	4.0	20.80	20.80	20.80	20.80
5.0	5.0	23.40	23.80	23.80	23.20
3.0	7.0	28.00	26.00	26.00	26.00
1.0	9.0	33.40	33.20	33.20	33.40

ตารางที่ 2.10 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (30 : 10) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น (เอทานอล : น้ำ = 30 : 10)

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.30	0.30	0.30	0.30
10.0	0.1	0.40	0.40	0.40	0.40
10.0	0.2	0.50	0.50	0.50	0.50
10.0	0.5	0.50	0.60	0.60	0.60
9.0	1.0	0.70	0.66	0.70	0.68
8.0	2.0	0.68	0.88	0.76	0.77
6.0	4.0	3.58	3.20	3.90	3.56
5.0	5.0	6.00	6.00	4.20	5.40
3.0	7.0	13.20	14.20	13.40	13.60
1.0	9.0	20.80	21.00	21.80	21.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (25 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.60	0.44	0.56	0.53
10.0	0.1	0.68	0.68	0.70	0.69
10.0	0.2	1.42	1.28	1.48	1.39
10.0	0.5	1.60	1.72	1.60	1.64
9.0	1.0	1.80	1.82	1.80	1.81
8.0	2.0	2.16	1.96	2.08	2.06
6.0	4.0	2.32	2.24	2.30	2.28
5.0	5.0	3.00	3.12	3.06	3.06
3.0	7.0	9.20	9.34	9.20	9.25
1.0	9.0	12.56	12.66	12.60	12.06

ตารางที่ 2.12 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (25 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.2	0.20	0.24	0.20	0.21
10.0	0.5	0.28	0.32	0.36	0.32
9.0	1.0	0.40	0.40	0.40	0.40
8.0	2.0	0.84	0.82	0.82	0.83
6.0	4.0	1.64	1.60	1.62	1.62
5.0	5.0	3.08	3.06	3.08	3.07
3.0	7.0	7.44	7.44	7.46	7.45
1.0	9.0	9.40	9.42	9.40	9.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (35 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	2.44	2.44	2.48	2.45
10.0	0.1	2.94	2.96	2.96	2.95
10.0	0.2	3.40	3.38	3.36	3.38
10.0	0.5	4.20	3.88	3.90	3.99
9.0	1.0	5.32	5.34	5.34	5.33
8.0	2.0	6.38	6.30	6.34	6.34
6.0	4.0	6.46	6.44	6.46	6.45
5.0	5.0	6.64	6.60	6.64	6.63
3.0	7.0	6.84	6.84	6.80	6.83
1.0	9.0	23.70	23.70	23.66	23.69

ตารางที่ 2.14 แสดงปริมาตรของเอทานอล : น้ำ (35 : 5) ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	เอทานอล			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.24	0.24	0.24	0.24
10.0	0.1	0.24	0.24	0.28	0.25
10.0	0.2	1.00	0.94	1.00	0.97
10.0	0.5	1.44	1.40	1.40	1.41
9.0	1.0	1.52	1.72	1.64	1.62
8.0	2.0	1.66	1.64	1.64	1.65
6.0	4.0	2.00	1.96	2.00	1.98
5.0	5.0	2.08	2.12	2.08	2.09
3.0	7.0	2.40	2.21	2.40	2.34
1.0	9.0	5.12	5.12	5.12	5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (30 : 10)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.16	0.12	0.12	0.13
10.0	0.1	0.32	0.32	0.32	0.32
10.0	0.2	0.70	0.52	0.52	0.58
10.0	0.5	1.02	0.98	1.04	1.01
9.0	1.0	1.54	1.56	1.52	1.54
8.0	2.0	1.62	1.58	1.58	1.59
6.0	4.0	1.68	1.64	1.64	1.65
5.0	5.0	1.70	1.76	1.74	1.73
3.0	7.0	2.14	2.12	2.14	2.13
1.0	9.0	2.20	2.20	2.20	2.2

ตารางที่ 2.16 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (30 : 10)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.11	0.10	0.10	0.1
10.0	0.1	0.23	0.22	0.21	0.22
10.0	0.2	0.31	0.32	0.31	0.31
10.0	0.5	0.42	0.42	0.42	0.42
9.0	1.0	0.74	0.74	0.74	0.74
8.0	2.0	0.86	0.86	0.86	0.86
6.0	4.0	1.05	1.05	1.04	1.05
5.0	5.0	1.14	1.12	1.13	1.13
3.0	7.0	1.88	1.88	1.88	1.88
1.0	9.0	2.20	2.00	2.00	2.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.17 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (25 : 5)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.02	0.02	0.02	0.02
10.0	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.2	0.16	0.16	0.16	0.16
10.0	0.5	0.60	0.60	0.54	0.57
9.0	1.0	0.98	0.98	1.02	1.00
8.0	2.0	1.48	1.48	1.50	1.49
6.0	4.0	1.60	1.60	1.80	1.67
5.0	5.0	1.90	1.90	1.80	1.87
3.0	7.0	2.10	2.10	2.20	2.17
1.0	9.0	3.20	3.20	3.20	3.20

ตารางที่ 2.18 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (25 : 5)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF (มิลลิลิตร)	น้ำ (มิลลิลิตร)	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
		1	2	3	
10.0	0.0	0.11	0.10	0.10	0.10
10.0	0.1	0.12	0.10	0.12	0.11
10.0	0.2	0.13	0.16	0.14	0.14
10.0	0.5	0.40	0.40	0.40	0.40
9.0	1.0	0.49	0.50	0.50	0.50
8.0	2.0	0.86	0.85	0.86	0.86
6.0	4.0	0.91	0.92	0.91	0.91
5.0	5.0	1.01	0.98	1.02	1.00
3.0	7.0	1.34	1.30	1.30	1.31
1.0	9.0	4.60	4.60	4.60	4.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.19 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (35 : 5)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KCl	น้ำ	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
(มิลลิลิตร)	(มิลลิลิตร)	1	2	3	
10.0	0.0	0.08	0.06	0.04	0.06
10.0	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12
10.0	0.2	0.19	0.19	0.16	0.18
10.0	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50
9.0	1.0	0.70	0.68	0.62	0.67
8.0	2.0	1.40	1.00	1.20	1.20
6.0	4.0	1.89	1.88	1.90	1.89
5.0	5.0	2.00	2.10	2.00	2.03
3.0	7.0	2.26	2.38	2.28	2.31
1.0	9.0	4.60	4.60	4.70	4.63

ตารางที่ 2.20 แสดงปริมาตรของไอโซโพรพานอล : น้ำ (35 : 5)ที่เติมลงในสารละลายเกลือโพแทสเซียมฟลูออไรด์จนเกิดการแยกชั้น

KF	น้ำ	ไอโซโพรพานอล(มิลลิลิตร)			เฉลี่ย
(มิลลิลิตร)	(มิลลิลิตร)	1	2	3	
10.0	0.0	0.06	0.06	0.06	0.06
10.0	0.1	0.11	0.11	0.11	0.11
10.0	0.2	0.13	0.14	0.13	0.13
10.0	0.5	0.22	0.23	0.22	0.22
9.0	1.0	0.28	0.28	0.29	0.28
8.0	2.0	0.64	0.64	0.66	0.65
6.0	4.0	1.20	1.20	1.30	1.23
5.0	5.0	1.32	1.33	1.34	1.33
3.0	7.0	1.75	1.75	1.76	1.75
1.0	9.0	2.45	2.45	2.44	2.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาวัฏภาคของสารละลาย

2.1 <u>หาน้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว สารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว และตัวทำละลายต่าง ๆ</u>

ครั้งที่ 1

2.1.1 น้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว = 19.6792 - 7.2908

= 12.3884 กรัม

2.1.2 น้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์อิ่มตัว = 21.4540 – 7.2908

= 14.1632 กรัม

2.1.3 น้ำหนักของน้ำกลั่น = 17.7090 – 7.2908

= 10.4182 กรัม

2.1.4 น้ำหนักของเมทานอล = 15.4889 – 7.2908

= 8.1981 กรัม

2.1.5 น้ำหนักของเอทานอล = 15.6619 - 7.2908

= 8.3711 กรัม

2.1.6 น้ำหนักของไอโซโพรพานอล = 15.4364 –7.2908

= 8.1456 กรัม

2.2 <u>หามวลของโพแทสเซียมคลอไรด์</u>

2.2.1 หาปริมาตรของขวดวัดความถ่วงจำเพาะ

จาก น้ำหนักของน้ำกลั่น (m) = 10.4208 กรัม

ความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่ 30 องศาเซลเซียส (ρ) = 0.9957 กรัมต่อมิลลิลิตร

$v = m/\rho$

$= 10.4208/0.9957$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 10.4658

ดังนั้นปริมาตรของขวดวัดความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 10.4658 มิลลิลิตร

2.2.1 หาความหนาแน่นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์

จาก น้ำหนักของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (m) = 12.3877 กรัม

ρ = m / v

= 12.3877/10.4658

= 1.1836

ดังนั้นความหนาแน่นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัวเท่ากับ 1.1836 กรัมต่อมิลลิลิตร

2.2.3 หามวลของโพแทสเซียมคลอไรด์และมวลของน้ำในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว

จาก ค่าละลายของโพแทสเซียมคลอไรด์ = 36.645 กรัม ในน้ำ100 มิลลิลิตร

จะได้ เศษส่วนโดยมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว = 36.645/136.645

m = ρ x v x ค่าการละลาย

= 1.1836 x 10 x (36.645/136.645)

= 3.1742

ดังนั้นมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์เท่ากับ 3.1742 กรัม

2.2.4 หามวลของน้ำในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว

m = 1.1836 x 10 x(100/136.645)

= 8.6620

ดังนั้นมวลของน้ำในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัวเท่ากับ 8.6620 กรัม

หมายเหตุ ปริมาตรโพแทสเซียมคลอไรด์อื่นๆ คำนวณเช่นเดียวกัน

2.3 หามวลของเมทานอลและมวลของน้ำในเมทานอล

2.3.1 หาความหนาแน่นของเมทานอล

จาก น้ำหนักของเมทานอล = 8.1957 กรัม

ρ = m/ v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 8.1957/10.4658

= 0.7831

ดังนั้นความหนาแน่นของเมทานอลเท่ากับ 0.7831 กรัม

2.3.2 หามวลของเมทานอล

เมทานอล : น้ำ = 30 : 10

ปริมาตรเมทานอล : น้ำ = 0.27 มิลลิลิตร

มวลของเมทานอล = ρ x v x (30/40)

= 0.7831 x 0.27 x (30 / 40)

= 0.1586 กรัม

ดังนั้นมวลของเมทานอลเท่ากับ 0.1586 กรัม

2.3.3 หามวลของน้ำในเมทานอล

มวลของน้ำในเมทานอล = ρ x v x (10/40)

= 0.7831 x 0.27 x (10/40)

= 0.0529

ดังนั้นมวลของน้ำในเมทานอลเท่ากับ 0.0529 กรัม

<u>หมายเหตุ</u> เมทานอล : น้ำ = 25 : 5 และ 35 : 5 คำนวณเช่นเดียวกัน

2.4 <u>หามวลของน้ำทั้งหมด</u>

2.4.1 หามวลของน้ำ

จาก ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส = 0.9957 กรัมต่อมิลลิลิตร

m = 0.9957 x 0

= 0

ดังนั้นมวลของน้ำเท่ากับ 0 กรัม

<u>หมายเหตุ</u> ปริมาตรน้ำอื่นๆ คำนวณเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 หามวลของน้ำรวม

มวลของน้ำรวม = มวลของน้ำ + มวลของน้ำในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ + มวลของน้ำในเมทานอล

= 0 + 8.6620 + 0.0529

= 8.7149

ดังนั้นมวลของน้ำรวมเท่ากับ 8.7149 กรัม

2.5 หามวลรวมทั้งหมด

มวลรวมทั้งหมด = มวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ + มวลของเมทานอล(30 : 10) + มวลของน้ำรวม

= 3.1742 + 0.1586+ 8.7149

ดังนั้นมวลรวมทั้งหมดเท่ากับ 12.0477 กรัม

2.6 หาเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

2.6.1 % โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์ = (3.1742/12.0477) x100

= 26.4 %

ดังนั้น % โดยน้ำหนักของโพแทสเซียมคลอไรด์เท่ากับ 26.4 %

2.6.2 % โดยน้ำหนักของเมทานอล = (0.1586/12.0477)x100

= 1.3

ดังนั้น % โดยน้ำหนักของเมทานอลเท่ากับ 1.3 %

2.6.3 % โดยน้ำหนักของน้ำ = (8.714 /12.0477)x100

= 72.3

ดังนั้น % โดยน้ำหนักของน้ำเท่ากับ 72.3 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.21 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.1586	8.6521	-	0.0672	8.7193	12.0621
10	0.1	3.1843	0.8633	8.6521	0.0996	0.3659	9.1175	13.1651
10	0.2	3.1843	3.7291	8.6521	0.1991	1.5806	10.4318	17.3453
10	0.5	3.1843	6.3190	8.6521	0.4978	2.6784	11.8283	21.3315
9	1	2.8659	6.6498	7.7869	0.9957	2.8377	11.6202	21.1359
8	2	2.5474	10.7646	6.9216	1.9914	4.5629	13.4759	26.7880
6	4	1.9106	11.7453	5.1912	3.9827	4.9784	14.1523	27.8082
5	5	1.5922	20.7069	4.3260	4.9784	8.7769	18.0813	40.3804
3	7	0.9553	23.4906	2.5956	6.9697	9.9568	19.5221	43.9680
1	9	0.3184	0.0000	0.8652	8.9611	0.0000	0.0000	0.0000

ตารางที่ 2.22 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.2088	8.6521	-	0.0531	8.7052	8.9140
10	0.1	3.1843	0.3458	8.6521	0.0996	0.0880	8.8396	9.2854
10	0.2	3.1843	1.1940	8.6521	0.1991	0.3037	9.1549	10.5489
10	0.5	3.1843	2.6296	8.6521	0.4978	0.6688	9.8187	12.9483
9	1	2.8659	3.9869	7.7869	0.9957	1.0139	9.7965	14.7833
8	2	2.5474	5.8792	6.9216	1.9914	1.4952	10.4082	18.2873
6	4	1.9106	8.7894	5.1912	3.9827	2.2353	11.4092	24.1986
5	5	1.5922	14.1792	4.3260	4.9784	3.6060	12.9104	32.0896
3	7	0.9553	16.6587	2.5956	6.9697	4.2366	13.8020	37.4607
1	9	0.3184	18.8773	0.8652	8.9611	4.8008	14.6271	42.5044

ตารางที่ 2.23 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.6646	8.6521	-	0.1207	8.7728	12.6217
10	0.1	3.1843	1.1099	8.6521	0.0996	0.2016	8.9533	13.2475
10	0.2	3.1843	1.2744	8.6521	0.1991	0.2315	9.0827	13.5414
10	0.5	3.1843	1.4045	8.6521	0.4978	0.2551	9.4050	13.9939
9	1	2.8659	1.5073	7.7869	0.9957	0.2738	9.0563	13.4295
8	2	2.5474	1.8430	6.9216	1.9914	0.3348	9.2478	13.6383
6	4	1.9106	2.5761	5.1912	3.9827	0.4680	9.6419	14.1286
5	5	1.5922	2.7954	4.3260	4.9784	0.5078	9.8122	14.1997
3	7	0.9553	3.1791	2.5956	6.9697	0.5775	10.1429	14.2772
1	9	0.3184	4.9125	0.8652	8.9611	0.8924	10.7187	15.9496

ตารางที่ 2.24 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.0705	6.7515	-	0.0299	6.7814	13.6326
10	0.1	6.7808	0.0705	6.7515	0.0996	0.0299	6.8809	13.7322
10	0.2	6.7808	0.0705	6.7515	0.1991	0.0299	6.9805	13.8318
10	0.5	6.7808	0.0705	6.7515	0.4978	0.0299	7.2792	14.1305
9	1	6.1027	0.1175	6.0763	0.9957	0.0498	7.1218	13.3420
8	2	5.4246	0.1409	5.4012	1.9914	0.0597	7.4523	13.0179
6	4	4.0685	0.1879	4.0509	3.9827	0.0797	8.1133	12.3697
5	5	3.3904	0.2290	3.3757	4.9784	0.0971	8.4512	12.0706
3	7	2.0342	0.2525	2.0254	6.9697	0.1070	9.1022	11.3890
1	9	0.6781	0.4287	0.6751	8.9611	0.1817	9.8180	10.9247

ตารางที่ 2.25 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.2610	6.7515	-	0.0664	6.8179	13.8597
10	0.1	6.7808	0.7308	6.7515	0.0996	0.1859	7.0369	14.5485
10	0.2	6.7808	0.8156	6.7515	0.1991	0.2074	7.1581	14.7545
10	0.5	6.7808	0.9918	6.7515	0.4978	0.2522	7.5016	15.2742
9	1	6.1027	1.1158	6.0763	0.9957	0.2838	7.3558	14.5743
8	2	5.4246	1.3116	5.4012	1.9914	0.3336	7.7261	14.4623
6	4	4.0685	1.4355	4.0509	3.9827	0.3651	8.3987	13.9027
5	5	3.3904	1.4943	3.3757	4.9784	0.3800	8.7342	13.6188
3	7	2.0342	1.5660	2.0254	6.9697	0.3983	9.3935	12.9937
1	9	0.6781	1.6835	0.6751	8.9611	0.4281	10.0644	12.4260

ตารางที่ 2.26 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เมทานอล (เมทานอล : น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเมทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.0891	6.7515	-	0.0162	6.7677	13.6375
10	0.1	6.7808	0.1644	6.7515	0.0996	0.0299	6.8809	13.8262
10	0.2	6.7808	0.2192	6.7515	0.1991	0.0398	6.9905	13.9905
10	0.5	6.7808	0.2878	6.7515	0.4978	0.0523	7.3016	14.3702
9	1	6.1027	0.5139	6.0763	0.9957	0.0933	7.1654	13.7819
8	2	5.4246	0.5618	5.4012	1.9914	0.1021	7.4946	13.4811
6	4	4.0685	0.6577	4.0509	3.9827	0.1195	8.1531	12.8793
5	5	3.3904	0.8838	3.3757	4.9784	0.1606	8.5147	12.7889
3	7	2.0342	5.0221	2.0254	6.9697	0.9123	9.9075	16.9638
1	9	0.6781	7.4680	0.6751	8.9611	1.3566	10.9929	19.1390

ตารางที่ 2.27 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.2400	8.6521	-	0.0996	8.7516	12.1759
10	0.1	3.1843	0.8579	8.6521	0.0996	0.3560	9.1076	13.1498
10	0.2	3.1843	0.9059	8.6521	0.1991	0.3759	9.2271	13.3172
10	0.5	3.1843	1.9557	8.6521	0.4978	0.8115	9.9614	15.1014
9	1	2.8659	3.5994	7.7869	0.9957	1.4935	10.2760	16.7414
8	2	2.5474	10.8163	6.9216	1.9914	4.4880	13.4010	26.7648
6	4	1.9106	12.4781	5.1912	3.9827	5.1775	14.3515	28.7401
5	5	1.5922	14.0978	4.3260	4.9784	5.8496	15.1540	30.8440
3	7	0.9553	15.9995	2.5956	6.9697	6.6387	16.2040	33.1588
1	9	0.3184	19.9949	0.8652	8.9611	8.2965	18.1228	38.4361

ตารางที่ 2.28 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	1.7147	8.6521	-	0.3049	8.9570	13.8560
10	0.1	3.1843	2.0647	8.6521	0.0996	0.3672	9.1188	14.3678
10	0.2	3.1843	2.3656	8.6521	0.1991	0.4207	9.2719	14.8218
10	0.5	3.1843	2.7926	8.6521	0.4978	0.4966	9.6465	15.6234
9	1	2.8659	3.7304	7.7869	0.9957	0.6634	9.4459	16.0422
8	2	2.5474	4.4373	6.9216	1.9914	0.7891	9.7021	16.6868
6	4	1.9106	4.5143	5.1912	3.9827	0.8028	9.9767	16.4016
5	5	1.5922	4.6403	4.3260	4.9784	0.8252	10.1296	16.3620
3	7	0.9553	4.7803	2.5956	6.9697	0.8501	10.4154	16.1510
1	9	0.3184	16.5804	0.8652	8.9611	2.9485	12.7748	29.6736

ตารางที่ 2.29 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.3533	8.6521	-	0.0880	8.7400	12.2776
10	0.1	3.1843	0.4599	8.6521	0.0996	0.1145	8.8661	12.5104
10	0.2	3.1843	0.9265	8.6521	0.1991	0.2307	9.0819	13.1927
10	0.5	3.1843	1.0932	8.6521	0.4978	0.2722	9.4221	13.6995
9	1	2.8659	1.2065	7.7869	0.9957	0.3004	9.0829	13.1553
8	2	2.5474	1.3731	6.9216	1.9914	0.3418	9.2549	13.1754
6	4	1.9106	1.5198	5.1912	3.9827	0.3784	9.5523	12.9827
5	5	1.5922	2.0397	4.3260	4.9784	0.5078	9.8122	13.4441
3	7	0.9553	6.1657	2.5956	6.9697	1.5350	11.1004	18.2214
1	9	0.3184	8.0387	0.8652	8.9611	2.0013	11.8276	20.1848

ตารางที่ 2.30 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.1799	6.7515	-	0.0747	6.8262	13.7869
10	0.1	6.7808	0.2400	6.7515	0.0996	0.0996	6.9506	13.9714
10	0.2	6.7808	0.3000	6.7515	0.1991	0.1245	7.0751	14.1558
10	0.5	6.7808	0.3599	6.7515	0.4978	0.1494	7.3987	14.5394
9	1	6.1027	0.4079	6.0763	0.9957	0.1693	7.2413	13.7519
8	2	5.4246	0.4619	5.4012	1.9914	0.1917	7.5842	13.4708
6	4	4.0685	2.1357	4.0509	3.9827	0.8862	8.9198	15.1239
5	5	3.3904	3.2395	3.3757	4.9784	1.3442	9.6983	16.3282
3	7	2.0342	8.1587	2.0254	6.9697	3.3853	12.3805	22.5735
1	9	0.6781	12.7180	0.6751	8.9611	5.2771	14.9133	28.3094

ตารางที่ 2.38 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล(กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.1430	6.7515	-	0.0204	6.7719	13.6957
10	0.1	6.7808	0.1566	6.7515	0.0996	0.0224	6.8734	13.8109
10	0.2	6.7808	0.1907	6.7515	0.1991	0.0272	6.9779	13.9493
10	0.5	6.7808	0.5448	6.7515	0.4978	0.0778	7.3272	14.6528
9	1	6.1027	0.6742	6.0763	0.9957	0.0963	7.1683	13.9452
8	2	5.4246	1.1645	5.4012	1.9914	0.1664	7.5589	14.1481
6	4	4.0685	1.2462	4.0509	3.9827	0.1780	8.2116	13.5263
5	5	3.3904	1.3620	3.3757	4.9784	0.1946	8.5487	13.3011
3	7	2.0342	1.7842	2.0254	6.9697	0.2549	9.2501	13.0685
1	9	0.6781	6.2652	0.6751	8.9611	0.8950	10.5313	17.4746

ตารางที่ 2.37 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล(กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.1362	6.7515	-	0.0272	6.7787	13.6957
10	0.1	6.7808	0.1492	6.7515	0.0996	0.0298	6.8809	13.8109
10	0.2	6.7808	0.1816	6.7515	0.1991	0.0363	6.9869	13.9493
10	0.5	6.7808	0.5189	6.7515	0.4978	0.1038	7.3531	14.6528
9	1	6.1027	0.6421	6.0763	0.9957	0.1284	7.2004	13.9452
8	2	5.4246	1.1091	5.4012	1.9914	0.2218	7.6144	14.1481
6	4	4.0685	1.1869	4.0509	3.9827	0.2374	8.2710	13.5263
5	5	3.3904	1.2971	3.3757	4.9784	0.2594	8.6136	13.3011
3	7	2.0342	1.6993	2.0254	6.9697	0.3399	9.3350	13.0685
1	9	0.6781	5.9669	0.6751	8.9611	1.1934	10.8296	17.4746

ตารางที่ 2.36 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.1226	6.7515	-	0.0409	6.7924	13.6957
10	0.1	6.7808	0.1343	6.7515	0.0996	0.0448	6.8958	13.8109
10	0.2	6.7808	0.1634	6.7515	0.1991	0.0545	7.0051	13.9493
10	0.5	6.7808	0.4670	6.7515	0.4978	0.1557	7.4050	14.6528
9	1	6.1027	0.5779	6.0763	0.9957	0.1926	7.2646	13.9452
8	2	5.4246	0.9982	5.4012	1.9914	0.3327	7.7253	14.1481
6	4	4.0685	1.0682	4.0509	3.9827	0.3561	8.3897	13.5263
5	5	3.3904	1.1674	3.3757	4.9784	0.3891	8.7433	13.3011
3	7	2.0342	1.5293	2.0254	6.9697	0.5098	9.5050	13.0685
1	9	0.6781	5.3702	0.6751	8.9611	1.7901	11.4263	17.4746

ตารางที่ 2.35 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.1430	8.6521	-	0.0204	8.6725	11.9998
10	0.1	3.1843	0.1566	8.6521	0.0996	0.0224	8.7740	12.1149
10	0.2	3.1843	0.1907	8.6521	0.1991	0.0272	8.8784	12.2534
10	0.5	3.1843	0.5448	8.6521	0.4978	0.0778	9.2277	12.9568
9	1	2.8659	0.6742	7.7869	0.9957	0.0963	8.8788	12.4189
8	2	2.5474	1.1645	6.9216	1.9914	0.1664	9.0794	12.7913
6	4	1.9106	1.2462	5.1912	3.9827	0.1780	9.3520	12.5088
5	5	1.5922	1.3620	4.3260	4.9784	0.1946	9.4990	12.4531
3	7	0.9553	1.7842	2.5956	6.9697	0.2549	9.8203	12.5598
1	9	0.3184	6.2652	0.8652	8.9611	0.8950	10.7213	17.3050

ตารางที่ 2.34 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.1362	8.6521	-	0.0272	8.6793	11.9998
10	0.1	3.1843	0.1492	8.6521	0.0996	0.0298	8.7815	12.1149
10	0.2	3.1843	0.1816	8.6521	0.1991	0.0363	8.8875	12.2534
10	0.5	3.1843	0.5189	8.6521	0.4978	0.1038	9.2537	12.9568
9	1	2.8659	0.6421	7.7869	0.9957	0.1284	8.9109	12.4189
8	2	2.5474	1.1091	6.9216	1.9914	0.2218	9.1348	12.7913
6	4	1.9106	1.1869	5.1912	3.9827	0.2374	9.4113	12.5088
5	5	1.5922	1.2971	4.3260	4.9784	0.2594	9.5638	12.4531
3	7	0.9553	1.6993	2.5956	6.9697	0.3399	9.9052	12.5598
1	9	0.3184	5.9669	0.8652	8.9611	1.1934	11.0197	17.3050

ตารางที่ 2.33 แสดงมวลของโพแทสเซียมคลอไรด์ น้ำ ไอโซโพรพานอล (ไอโซโพรพานอล: น้ำ = 30 :10) และมวลรวม

KCl (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KCl (กรัม)	มวลไอโซโพร-พานอล (กรัม)	มวลน้ำในKCl (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในไอโซ-โพรพานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	3.1843	0.1226	8.6521	-	0.0409	8.6929	11.9998
10	0.1	3.1843	0.1343	8.6521	0.0996	0.0448	8.7964	12.1149
10	0.2	3.1843	0.1634	8.6521	0.1991	0.0545	8.9057	12.2534
10	0.5	3.1843	0.4670	8.6521	0.4978	0.1557	9.3056	12.9568
9	1	2.8659	0.5779	7.7869	0.9957	0.1926	8.9752	12.4189
8	2	2.5474	0.9982	6.9216	1.9914	0.3327	9.2457	12.7913
6	4	1.9106	1.0682	5.1912	3.9827	0.3561	9.5300	12.5088
5	5	1.5922	1.1674	4.3260	4.9784	0.3891	9.6936	12.4531
3	7	0.9553	1.5293	2.5956	6.9697	0.5098	10.0751	12.5598
1	9	0.3184	5.3702	0.8652	8.9611	1.7901	11.6164	17.3050

ตารางที่ 2.32 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 35 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.1680	6.7515	-	0.0299	6.7814	13.7301
10	0.1	6.7808	0.1750	6.7515	0.0996	0.0311	6.8822	13.8379
10	0.2	6.7808	0.6789	6.7515	0.1991	0.1207	7.0714	14.5310
10	0.5	6.7808	0.9868	6.7515	0.4978	0.1755	7.4248	15.1925
9	1	6.1027	1.1338	6.0763	0.9957	0.2016	7.2736	14.5102
8	2	5.4246	1.1548	5.4012	1.9914	0.2054	7.5979	14.1774
6	4	4.0685	1.3858	4.0509	3.9827	0.2464	8.2800	13.7343
5	5	3.3904	1.4628	3.3757	4.9784	0.2601	8.6143	13.4674
3	7	2.0342	1.6377	2.0254	6.9697	0.2912	9.2864	12.9584
1	9	0.6781	3.5834	0.6751	8.9611	0.6372	10.2735	14.5350

ตารางที่ 2.31 แสดงมวลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ น้ำ เอทานอล (เอทานอล : น้ำ = 25 :5) และมวลรวม

KF (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	มวล KF (กรัม)	มวลเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำในKF (กรัม)	มวลน้ำกลั่น (กรัม)	มวลน้ำในเอทานอล (กรัม)	มวลน้ำรวม (กรัม)	มวลทั้งหมด (กรัม)
10	0	6.7808	0.0800	6.7515	-	0.0199	6.7714	13.6322
10	0.1	6.7808	0.0800	6.7515	0.0996	0.0199	6.8710	13.7318
10	0.2	6.7808	0.1400	6.7515	0.1991	0.0348	6.9855	13.9063
10	0.5	6.7808	0.2133	6.7515	0.4978	0.0531	7.3024	14.2965
9	1	6.1027	0.2666	6.0763	0.9957	0.0664	7.1384	13.5077
8	2	5.4246	0.5532	5.4012	1.9914	0.1377	7.5303	13.5082
6	4	4.0685	1.0798	4.0509	3.9827	0.2688	8.3024	13.4508
5	5	3.3904	2.0463	3.3757	4.9784	0.5095	8.8636	14.3003
3	7	2.0342	4.9659	2.0254	6.9697	1.2363	10.2315	17.2316
1	9	0.6781	6.2724	0.6751	8.9611	1.5616	11.1978	18.1482

ภาคผนวก ค

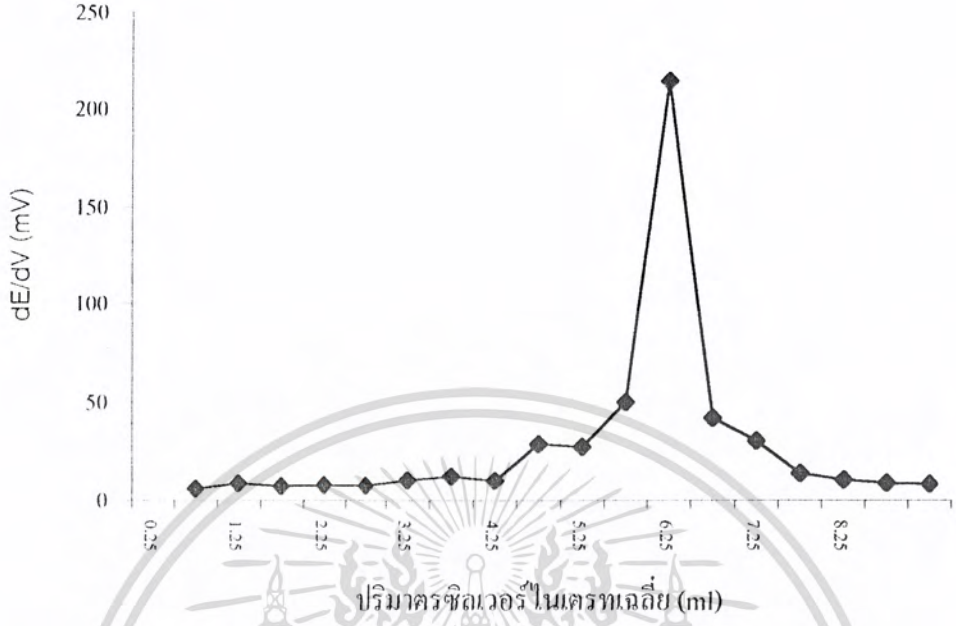
3. การแยกของผสมโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ อัตราส่วน 1 : 1

3.1 การวิเคราะห์หาคลอไรด์

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก I ครั้งที่1 (สาร 0.1101 กรัมในน้ำ 50 มิลลิลิตร)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	118.0	-	-	-	-
0.5	120.9	2.9	0.5	5.8	0.25
1.0	125.2	4.3	0.5	8.6	0.75
1.5	128.8	3.6	0.5	7.2	1.25
2.0	132.6	3.8	0.5	7.6	1.75
2.5	136.3	3.7	0.5	7.4	2.25
3.0	141.4	5.1	0.5	10.2	2.75
3.5	147.5	6.1	0.5	12.2	3.25
4.0	152.5	5.0	0.5	10	3.75
4.5	166.8	14.3	0.5	28.6	4.25
5.0	180.5	13.7	0.5	27.4	4.75
5.5	205.4	24.9	0.5	49.8	5.25
6.0	312.6	107.2	0.5	214.4	5.75
6.5	333.5	20.9	0.5	41.8	6.25
7.0	348.6	15.1	0.5	30.2	6.75
7.5	355.5	6.9	0.5	13.8	7.25
8.0	360.8	5.3	0.5	10.6	7.75
8.5	365.2	4.4	0.5	8.8	8.25
9.0	369.4	4.2	0.5	8.4	8.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) ของผลึก I (ครั้งที่ 1)

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก I ครั้งที่ 2

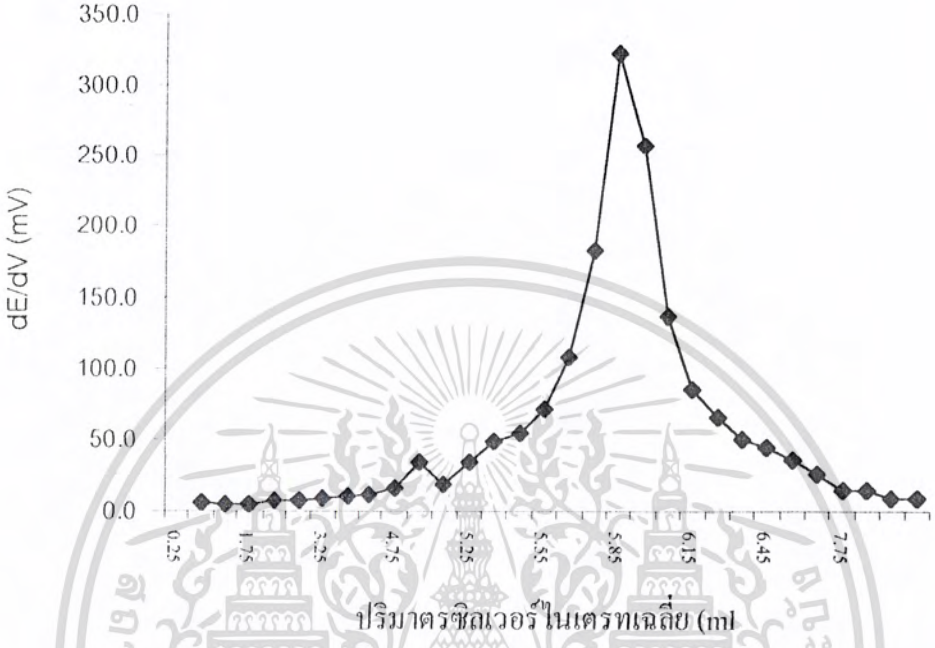
ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	122.0	-	-	-	-
0.5	125.0	3.0	0.5	6.0	0.25
1.0	126.8	1.8	0.5	3.6	0.75
1.5	129.0	2.2	0.5	4.4	1.25
2.0	132.3	3.3	0.5	6.6	1.75
2.5	135.8	3.5	0.5	7.0	2.25
3.0	139.8	4.0	0.5	8.0	2.75
3.5	144.7	4.9	0.5	9.8	3.25
4.0	150.3	5.6	0.5	11.2	3.75
4.5	158.1	7.8	0.5	15.6	4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก I ครั้งที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
5.0	175.2	17.1	0.5	34.2	4.75
5.1	177.0	1.8	0.1	18.0	5.05
5.2	180.4	3.4	0.1	34.0	5.15
5.3	185.2	4.8	0.1	48.0	5.25
5.4	190.7	5.5	0.1	55.0	5.35
5.5	197.9	7.2	0.1	72.0	5.45
5.6	208.7	10.8	0.1	108.0	5.55
5.7	227.0	18.3	0.1	183.0	5.65
5.8	259.3	32.3	0.1	323.0	5.75
5.9	285.0	25.7	0.1	257.0	5.85
6.0	298.7	13.7	0.1	137.0	5.95
6.1	307.2	8.5	0.1	85.0	6.05
6.2	313.8	6.6	0.1	66.0	6.15
6.3	318.8	5.0	0.1	50.0	6.25
6.4	323.2	4.4	0.1	44.0	6.35
6.5	326.7	3.5	0.1	35.0	6.45
7.0	339.7	13.0	0.5	26.0	6.75
7.5	347.2	7.5	0.5	15.0	7.25
8.0	354.2	7.0	0.5	14.0	7.75
8.5	358.8	4.6	0.5	9.2	8.25
9.0	362.9	4.1	0.5	8.2	8.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) ของผลึก I (ครั้งที่ 2)

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก II สาร 0.0468 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร

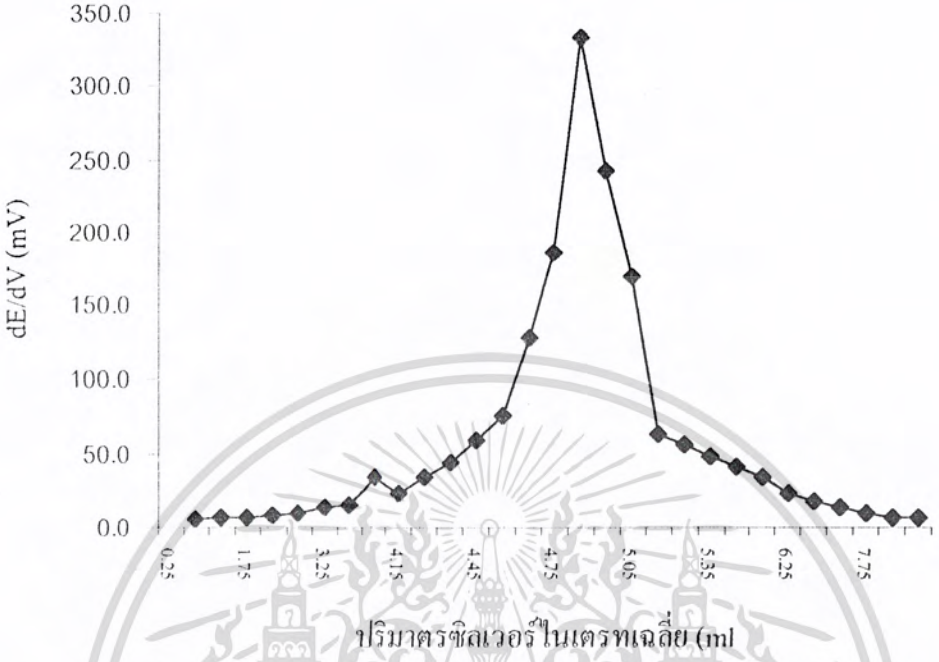
ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	125.8	-	-	-	-
0.5	128.4	2.6	0.5	5.2	0.25
1.0	131.7	3.3	0.5	6.6	0.75
1.5	134.9	3.2	0.5	6.4	1.25
2.0	139.2	4.3	0.5	8.6	1.75
2.5	143.8	4.6	0.5	9.2	2.25
3.0	150.4	6.6	0.5	13.2	2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก II สาร 0.0468 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร (ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
3.5	158.2	7.8	0.5	15.6	3.25
4.0	175.4	17.2	0.5	34.4	3.75
4.1	177.7	2.3	0.1	23.0	4.05
4.2	181.1	3.4	0.1	34.0	4.15
4.3	185.5	4.4	0.1	44.0	4.25
4.4	191.4	5.9	0.1	59.0	4.35
4.5	199.0	7.6	0.1	76.0	4.45
4.6	211.8	12.8	0.1	128.0	4.55
4.7	230.4	18.6	0.1	186.0	4.65
4.8	263.7	33.3	0.1	333.0	4.75
4.9	288.0	24.3	0.1	243.0	4.85
5.0	305.0	17.0	0.1	170.0	4.95
5.1	311.3	6.3	0.1	63.0	5.05
5.2	316.9	5.6	0.1	56.0	5.15
5.3	321.7	4.8	0.1	48.0	5.25
5.4	325.8	4.1	0.1	41.0	5.35
5.5	329.3	3.5	0.1	35.0	5.45
6.0	341.3	12.0	0.5	24.0	5.75
6.5	350.4	9.1	0.5	18.2	6.25
7.0	357.0	6.6	0.5	13.2	6.75
7.5	361.9	4.9	0.5	9.8	7.25
8.0	365.1	3.2	0.5	6.4	7.75
8.5	368.8	3.7	0.5	7.4	8.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) ของผลึก II

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในผลึก III สาร 0.8707 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร เจือจาง 2.5 ml เป็น 25 ml

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	117.0				
0.5	117.6	0.6	0.5	1.2	0.25
1.0	119.8	2.2	0.5	4.4	0.75
1.5	120.2	0.4	0.5	0.8	1.25
2.0	122.3	2.1	0.5	4.2	1.75
2.5	125.2	2.9	0.5	5.8	2.25
3.0	127.3	2.1	0.5	4.2	2.75
3.5	130.2	2.9	0.5	5.8	3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

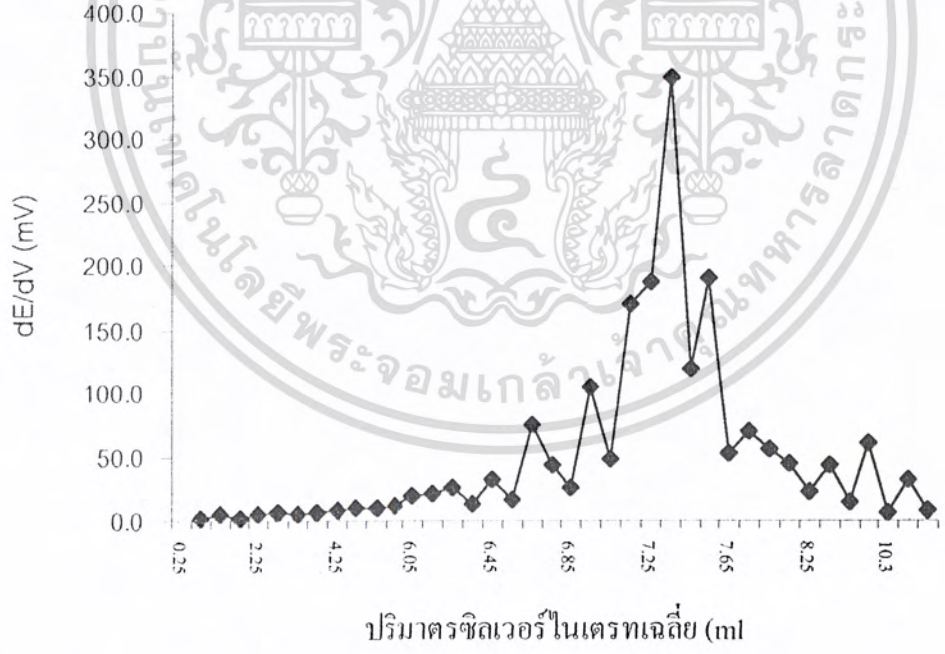
ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในสารล้างผลึก I สาร 0.8707 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร เจือจาง 2.5 ml เป็น 25 ml (ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
4.0	134.3	4.1	0.5	8.2	3.75
4.5	138.7	4.4	0.5	8.8	4.25
5.0	143.1	4.4	0.5	8.8	4.75
5.5	148.8	5.7	0.5	11.4	5.25
6.0	158.3	9.5	0.5	19.0	5.75
6.1	160.3	2.0	0.1	20.0	6.05
6.2	162.9	2.6	0.1	26.0	6.15
6.3	164.2	1.3	0.1	13.0	6.25
6.4	167.4	3.2	0.1	32.0	6.35
6.5	169.0	1.6	0.1	16.0	6.45
6.6	176.4	7.4	0.1	74.0	6.55
6.7	180.7	4.3	0.1	43.0	6.65
6.8	183.2	2.5	0.1	25.0	6.75
6.9	193.7	10.5	0.1	105.0	6.85
7.0	198.4	4.7	0.1	47.0	6.95
7.1	215.4	17.0	0.1	170.0	7.05
7.2	234.2	18.8	0.1	188.0	7.15
7.3	269.1	34.9	0.1	349.0	7.25
7.4	281.0	11.9	0.1	119.0	7.35
7.5	300.1	19.1	0.1	191.0	7.45
7.6	305.4	5.3	0.1	53.0	7.55
7.7	312.4	7.0	0.1	70.0	7.65
7.8	317.9	5.5	0.1	55.0	7.75
7.9	322.3	4.4	0.1	44.0	7.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในสารล้างผลึกI สาร 0.8707 กรัม ใน น้ำ 25 มิลลิลิตร เจือจาง 2.5 ml เป็น 25 ml (ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
8.0	324.6	2.3	0.1	23.0	7.95
8.5	339.4	21.5	0.5	43.0	8.25
9.0	346.7	7.3	0.5	14.6	8.75
9.5	354.8	30.2	0.5	60.4	9.25
10.0	358.2	3.4	0.5	6.8	9.75
10.5	362.2	15.5	0.5	31.0	10.25
11.0	366.1	3.9	0.5	7.8	10.75



รูปที่ 3. 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอรีไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) สารล้างผลึก I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในสารล้างผลึกผลึก II สาร 8.7733 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร เจือจาง 2.5 ml เป็น 25 ml

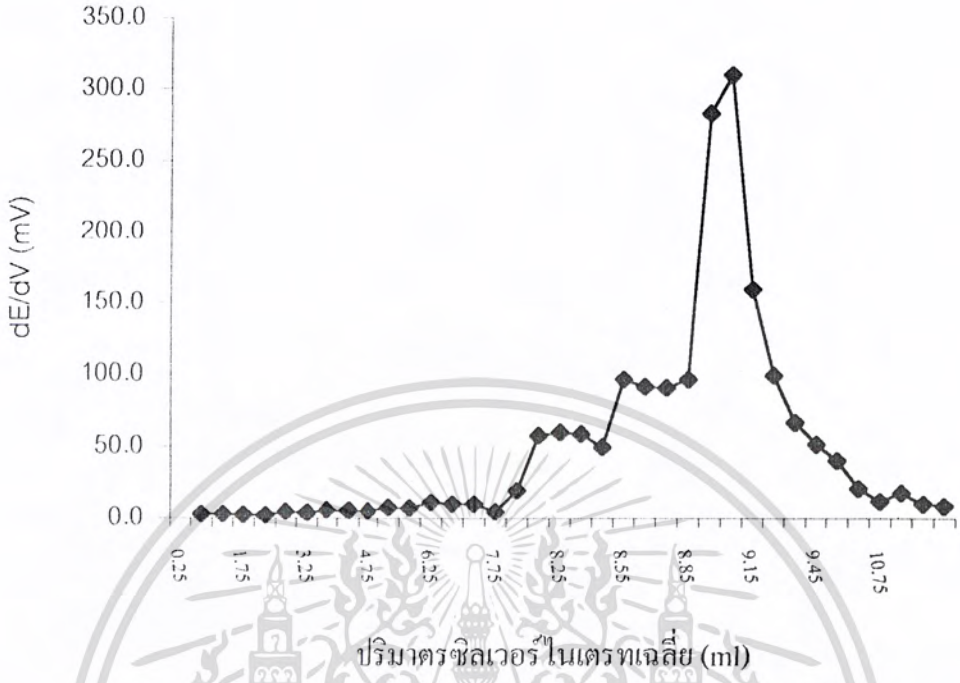
ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	106.5	-	-	-	-
0.5	108.0	1.5	0.5	3.0	0.25
1.0	109.4	1.4	0.5	2.8	0.75
1.5	110.6	1.2	0.5	2.4	1.25
2.0	111.7	1.1	0.5	2.2	1.75
2.5	114.1	2.4	0.5	4.8	2.25
3.0	116.1	2.0	0.5	4.0	2.75
3.5	119.1	3.0	0.5	6.0	3.25
4.0	121.8	2.7	0.5	5.4	3.75
4.5	124.3	2.5	0.5	5.0	4.25
5.0	128.1	3.8	0.5	7.6	4.75
5.5	131.8	3.7	0.5	7.4	5.25
6.0	137.5	5.7	0.5	11.4	5.75
6.5	142.6	5.1	0.5	10.2	6.25
7.0	147.7	5.1	0.5	10.2	6.75
7.5	150.0	2.3	0.5	4.6	7.25
8.0	159.8	9.8	0.5	19.6	7.75
8.1	165.6	5.8	0.1	58.0	8.05
8.2	171.6	6.0	0.1	60.0	8.15
8.3	177.5	5.9	0.1	59.0	8.25
8.4	182.5	5.0	0.1	50.0	8.35
8.5	192.2	9.7	0.1	97.0	8.45
8.6	201.4	9.2	0.1	92.0	8.55
8.7	210.5	9.1	0.1	91.0	8.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในสารล้างผลึกผลึก II (ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
8.8	220.2	9.7	0.1	97.0	8.75
8.9	248.6	28.4	0.1	284.0	8.85
9.0	279.7	31.1	0.1	311.0	8.95
9.1	295.7	16.0	0.1	160.0	9.05
9.2	305.7	10.0	0.1	100.0	9.15
9.3	312.4	6.7	0.1	67.0	9.25
9.4	317.6	5.2	0.1	52.0	9.35
9.5	321.7	4.1	0.1	41.0	9.45
10.0	332.3	10.6	0.5	21.2	9.75
10.5	338.3	6.0	0.5	12.0	10.25
11.0	347.2	8.9	0.5	17.8	10.75
11.5	352.3	5.1	0.5	10.2	11.25
12.0	356.7	4.4	0.5	8.8	11.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) ของสารล้างผลึก II

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในส่วนที่กรองจากผลึก II สาร 0.5993 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร ไทเทรตโดยใช้ $AgNO_3$ เจือจาง 2 เท่า เข้มข้น 0.025 M

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
0.0	84.7	-	-	-	-
0.5	91.4	6.7	0.5	13.4	0.25
1.0	94.3	2.9	0.5	5.8	0.75
1.5	95.8	1.5	0.5	3.0	1.25
2.0	97.0	1.2	0.5	2.4	1.75
2.5	98.2	1.2	0.5	2.4	2.25
3.0	99.0	0.8	0.5	1.6	2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในส่วนที่กรองจากผลึก II สาร 0.5993 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร ไทเทรตโดยใช้ $AgNO_3$ เจือจาง 2 เท่า เข้มข้น 0.025 M(ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
3.5	99.9	0.9	0.5	1.8	3.25
4.0	101.0	1.1	0.5	2.2	3.75
4.5	101.7	0.7	0.5	1.4	4.25
5.0	102.7	1.0	0.5	2.0	4.75
5.5	103.3	0.6	0.5	1.2	5.25
6.0	104.2	0.9	0.5	1.8	5.75
6.5	104.8	0.6	0.5	1.2	6.25
7.0	105.6	0.8	0.5	1.6	6.75
7.5	107.7	2.1	0.5	4.2	7.25
8.5	109.2	1.5	1.0	1.5	8.00
10.5	113.0	3.8	2.0	1.9	9.50
12.5	117.7	4.7	2.0	2.4	11.50
14.5	128.8	11.1	2.0	5.6	13.50
16.5	137.5	8.7	2.0	4.3	15.50
19.5	159.6	22.1	3.0	7.4	18.00
21.5	194.8	35.2	2.0	17.6	20.50
22.0	219.7	24.9	0.5	49.8	21.75
22.1	231.2	11.5	0.1	115.0	22.05
22.2	252.4	21.2	0.1	212.0	22.15
22.3	268.7	16.3	0.1	163.0	22.25
22.4	277.2	8.5	0.1	85.0	22.35
22.5	284.1	6.9	0.1	69.0	22.45
22.6	290.5	6.4	0.1	64.0	22.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์หาคลอไรด์ในส่วนที่กรองจากผลึก II สาร 0.5993 กรัม ในน้ำ 25 มิลลิลิตร ไทเทรตโดยใช้ $AgNO_3$ เจือจาง 2 เท่า เข้มข้น 0.025 M(ต่อ)

ปริมาตร $AgNo_3$ (ml)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	dE	dV	dE/dV	$V_{average}$
22.7	293.4	2.9	0.1	29.0	22.65
22.8	298.3	4.9	0.1	49.0	22.75
22.9	302.4	4.1	0.1	41.0	22.85
23.0	304.2	1.8	0.1	18.0	22.95
23.2	310.7	6.5	0.2	32.5	23.10
23.4	315.8	5.1	0.2	25.5	23.30
23.6	320.1	4.3	0.2	21.5	23.50
23.8	322.9	2.8	0.2	14.0	23.70
24.0	326.1	3.2	0.2	16.0	23.90

รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทเฉลี่ย (ml) กับ dE/dV (mV) ของส่วนที่กรองจากผลึก II

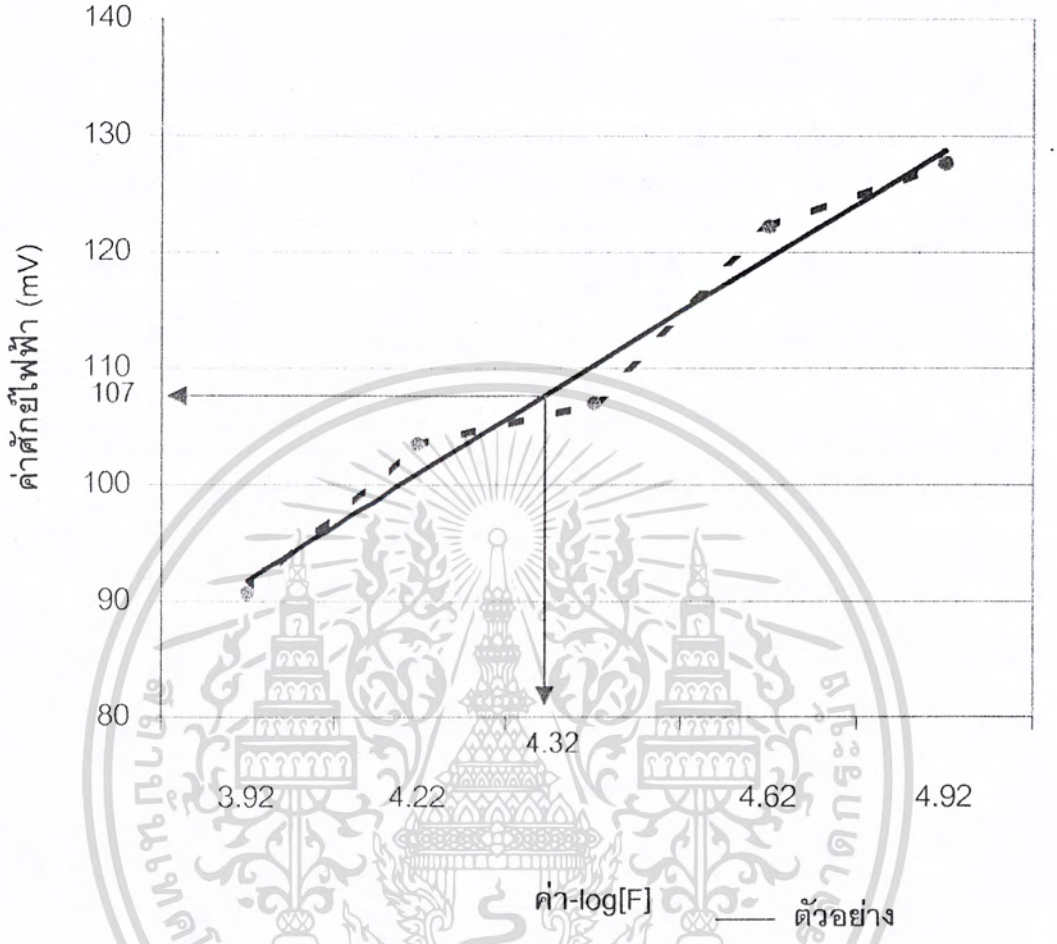
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์

ตารางที่ 3.7 แสดงการเตรียมผลึกที่ได้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์

สาร	น้ำหนักสาร (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	เจือจางสารละลาย
ผลึก I	0.1005	50	1
สารล้างผลึก I	0.8707	25	200
ผลึก II	0.2289	50	100
สารล้างผลึก II	8.7733	50	6250
ส่วนที่กรองจากผลึก II	0.5993	25	200
สาร	ค่าศักย์ไฟฟ้า (mV)	ค่า -Log[F] (M)	[F] (M)
ผลึก I	107.0	4.32	4.78×10^{-5}
สารล้างผลึก I	93.6	3.99	1.02×10^{-4}
ผลึก II	132.6	4.94	1.15×10^{-5}
สารล้างผลึก II	117.4	4.57	2.69×10^{-5}
ส่วนที่กรองจากผลึก II	114.4	4.5	6.32×10^{-5}
สาร	[F] (M)	เจือจางสารละลาย	[F] (M)
ผลึก I	4.78×10^{-5}	1	4.78×10^{-5}
สารล้างผลึก I	1.15×10^{-3}	200	0.0204
ผลึก II	1.02×10^{-4}	100	1.15×10^{-3}
สารล้างผลึก II	2.69×10^{-5}	6250	1.6813
ส่วนที่กรองจากผลึก II	6.32×10^{-3}	200	6.32×10^{-3}
สาร	น้ำหนักสาร (กรัม)	%KF ใน สารผลึก	% Recovery
ผลึก I	0.00014	0.14	0.002
สารล้างผลึก I	0.02960	3.40	0.592
ผลึก II	0.0003	0.13	0.006
สารล้างผลึก II	4.8758	55.58	97.500
ส่วนที่กรองจากผลึก II	0.0092	1.54	0.184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงกราฟมาตรฐานฟลูออไรด์ และยกตัวอย่างการหาค่า $-\log[F^-]$ ของผลึก I

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำนวณหาปริมาณคลอไรด์และฟลูออไรด์

3.1 <u>การคำนวณหาปริมาณคลอไรด์</u>

3.1.1 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของซิลเวอร์ไนเทรต

จาก น้ำหนักของซิลเวอร์ไนเทรต = 4.2496 กรัม

ปรับปริมาตร = 500 มิลลิลิตร

น้ำหนักโมเลกุลของซิลเวอร์ไนเทรต = 169.87

จะได้ M_{AgNO3} = (4.2496 x 1000)/(169.87 x 500)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 0.05 M

ดังนั้นความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเทรตเท่ากับ 0.05 M

3.1.2 หาปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์

จาก น้ำหนักของผลึก = 0.8707 กรัม

ชั่งผลึกมา 0.8707 กรัม ละลายในน้ำ 25 มิลลิลิตร

จากนั้นนำมาเจือจาง 10 เท่า (นำมา 2.5 มิลลิลิตร นำมาปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร)

ที่จุดยุติมีปริมาตรของ $AgNO_3$ 7.25 มิลลิลิตร

- หาความเข้มข้นของคลอไรด์

จาก $M_1V_1 = M_1V_1$

$M_1 \times 10 = 0.05 \times 7.25$

$M_1 = 0.03625$

ทำการเจือจาง 10 เท่า จะได้

$M = 0.03625 \times 10$

$= 0.3625$

ดังนั้น ความเข้มข้นของคลอไรด์ เท่ากับ 0.3625 M

- หาปริมาณของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.3625 M

จาก มวลโมเลกุลของโพแทสเซียมคลอไรด์ = 74.5

$M = (g/MW) \times (1000/V)$

$0.3625 = (g/74.5) \times (1000 \times 25)$

$g = 0.6752$

ดังนั้น ปริมาณของโพแทสเซียมคลอไรด์เท่ากับ 0.6752 กรัม

3.1.3 หาเปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมคลอไรด์

สารล้างผลึก I จำนวน 0.8707 กรัม มีปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.6752 กรัม

ถ้าสารล้างผลึก I จำนวน 100 กรัม มีปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ $\frac{0.6752 \times 100}{0.8707}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 77.55 %

ดังนั้น โพแทสเซียมคลอไรด์ที่แยกออกมามีความบริสุทธิ์ คิดเป็น 77.55 %

3.1.4 หา % การได้กลับคืนมา (% Recovery)

ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์เริ่มต้น 5 กรัมอยู่ในสารล้างผลึก I 0.8707 กรัม

ถ้าปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์เริ่มต้น 100กรัมอยู่ในสารล้างผลึก I $\frac{0.8707 \times 100}{5}$

= 17.414 %

ดังนั้น % การได้กลับคืนมาเท่ากับ17.414 %

3.2 การคำนวณหาปริมาณโฟลูออไรด์

3.2.1 หาปริมาณของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในสารละลาย

จาก น้ำหนักของผลึก = 0.8707 กรัม

ชั่งผลึกมา 0.8707 กรัม ละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร

จากนั้นนำมาเจือจาง 200 เท่า

ค่าศักย์ไฟฟ้า = 93.6 mV

ค่า -log[F^-] = 3.99

- หาความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในสารล้างผลึก I

$-\log[F^-] = 3.99$

$[F^-] = 1.02 \times 10^{-4}$

ดังนั้นความเข้มข้นของฟลูออไรด์เท่ากับ 1.02×10^{-4} M

- หาปริมาณโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.02×10^{-4} M

จาก มวลโมเลกุลของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ = 58

$M = (g / MW) \times (1000 / V)$

$1.02 \times 10^{-4} = (g / 58) \times (1000 / 25)$

$= 0.0296$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ปริมาณโพแทสเซียมฟลูออไรด์เท่ากับ 0.0296 กรัม

3.2.2 หาเปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่แยกออกมาอยู่ในสารล้างผลึก I

สารล้างผลึก I จำนวน 0.8707 กรัม มีปริมาณโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 0.0296 กรัม

สารล้างผลึก I จำนวน 100 กรัม มีปริมาณโพแทสเซียมฟลูออไรด์ $\frac{0.0296 \times 100}{0.8707}$

= 3.40 %

ดังนั้น โพแทสเซียมฟลูออไรด์ที่แยกออกมาอยู่ในสารละลายI คิดเป็น 3.40 %

3.2.3 หาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมา (% Recovery)

โพแทสเซียมฟลูออไรด์เริ่มต้น 5 กรัม อยู่ในสารล้างผลึก I 0.0296 กรัม

ถ้าปริมาณโพแทสเซียมฟลูออไรด์เริ่มต้น 100 กรัม อยู่ในสารล้างผลึก I $\frac{0.0296 \times 100}{5}$

= 0.592 %

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมาเท่ากับ 0.592 %

<u>หมายเหตุ</u>

ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมฟลูออไรด์ในส่วนอื่น ๆ ที่เหลือคำนวณเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้