

การศึกษาเชิงคุณภาพและปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์

โดยรังสี เอ็กซ์และ เคมีวิเคราะห์



นายกิตติ อมรจรัสสิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

000120

A QUALITATIVE AND QUANTITATIVE STUDY OF INORGANIC  
FERTILIZERS BY X-RAYS AND CHEMICAL ANALYSES

Mr. Kitti Amornjarusiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

1979


หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาเชิงคุณภาพและปริมาณของปัจจัยอินทรีย์โดยรังสีเอ็กซ์ และเคมี  
วิเคราะห์

โดย : นายกิตติ อมรจาวลิตร์

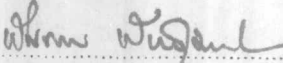
ภาควิชา : เคมี

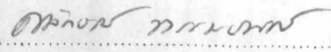
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา ภาชนะ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

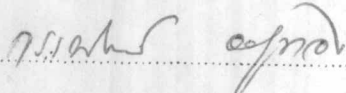
  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประติษฐ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรวรรณ พันธุนาวิน)

  
กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศัลักษณ์ ทรรพนิพนธ์)

  
กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา ภาชนะ)

  
กรรมการ  
(ดร.กรรณิการ์ อยู่ทอง)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาเชิงคุณภาพและปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์โดยวิธีรังสีเอกซ์และเคมีวิเคราะห์

ชื่อนิสิต :: นายกิตติ อมรจารุสิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา ภาวะนันท์

ภาควิชา : เคมี

ปีการศึกษา : 2522



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพและปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์บางชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ระบุไว้เป็นไนโตรเจนทั้งหมด (N), ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ ( $P_2O_5$ ) และโพแทสเซียมออกไซด์ ( $K_2O$ ) ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันโดยน้ำหนัก การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของปุ๋ยซึ่งบดให้เป็นผงทำได้โดยการเปรียบเทียบแพทเทิร์นของปุ๋ยเหล่านี้ ซึ่งถูกบันทึกเป็นภาพถ่ายด้วยกล้องกีเนียร์-เฮกซ์และดิฟแฟร็กโทแกรมจากดิฟแฟร็กโทมิเตอร์กับแพทเทิร์นของสารมาตรฐานที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตปุ๋ยหรือเป็นองค์ประกอบในปุ๋ยผสม จากการทดลองพบว่า การวิเคราะห์ให้ผลได้ดีและแม่นยำในกรณีที่ปุ๋ยผสมนั้นไม่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ในกรณีที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะอย่างยิ่งอยู่ร่วมกับแอมโมเนียมไนเตรตจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ระหว่างโพแทสเซียมอออน และแอมโมเนียมอออน ซึ่งจะเห็นได้จาก ค่าระยะระหว่างระนาบ (d) ที่เปลี่ยนแปลงของดิฟแฟร็กเทคไลน์ในแพทเทิร์นนั้น ๆ เป็นผลทำให้การวิเคราะห์ยุ่งยาก

การศึกษาเชิงปริมาณของปุ๋ยผสมทำได้โดยการวิเคราะห์ปุ๋ยเหล่านี้ด้วยเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์จากเอ็กซ์เรย์สเปคโตรมิเตอร์ PW 1410/20 AHP เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีของธาตุต่าง ๆ ได้แก่ P, K, Ca, Mg, S และ Cl การวิเคราะห์ทางเคมีในการศึกษานี้เป็นแบบทั่ว ๆ ไป โดยใช้วิธีไตเตรชัน (N, Cl), สเปกโตรโฟโตเมตริ (P, Ca, Mg), เฟลมโฟโตเมตริ (K) และการตกตะกอน (S) ซึ่งใช้เวลามาก การวิเคราะห์ด้วยเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์นั้น ต้องนำปุ๋ยมาวิเคราะห์ตามสภาพที่เป็นอยู่ และปุ๋ยที่เจือจางด้วยอลูมินาโดยใช้ตัวอย่างปุ๋ย 10 เปอร์เซ็นต์



และอลูมินา 90 เปอร์เซ็นต์ การหาความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ไม่สามารถคำนวณจากราฟมาตรฐานได้ เนื่องจากในขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลมาตรฐาน จึงคำนวณหาปริมาณธาตุต่าง ๆ จากสมการรีเกรสชัน ซึ่งคำนวณได้จากค่าเคาน์ต้อรินาที กับผลการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องคำนวณ HP 9815 A จากการทดลองไม่สามารถตรวจสอบลงไปถึงธาตุ N ได้เนื่องจากไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับธาตุเบา จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีพบว่า ให้ผลใกล้เคียงกันกับปริมาณที่ระบุไว้ และพบว่าการเจือจางปุ๋ยด้วยอลูมินาให้ผลในการวิเคราะห์ดี และยังเพิ่มความรวดเร็วในการวัดค่าเคาน์ต้อรินาที สำหรับธาตุ P, K และ S ตรวจพบว่ามีค่าสูงกว่าที่วิเคราะห์ทางเคมีเล็กน้อย.

Thesis Title : A Qualitative and Quantitative Study of Inorganic  
Fertilizers by X-rays and Chemical Analyses

Name : Mr. Kitti Amornjarusiri

Thesis Advisor: Assistant Professor Phathana Phavanantha, Ph.D.

Academic Year : 1979


#### ABSTRACT

The qualitative and quantitative study of inorganic fertilizers containing various proportions of nitrogen, phosphorus and potassium has been carried out. X-ray powder diffraction patterns of the selected fertilizers available for general consumers, and the pure chemicals constituting them as single species or mixed in commonly stipulated proportions were recorded as both Guinier-Hägg photographs and diffractograms using an XDC-700 camera and a Philips PW 1050 diffractometer. The patterns obtained were used as references for quick matching and easy identification of the recorded samples.

The procedure is highly effective for the qualitative analysis of the constituent compounds in fertilizers containing nitrogen and phosphorus. It is less effective with the presence of potash and ammonium mixture in the fertilizers, where replacement reaction between  $K^+$  and  $NH_4^+$  is liable to occur, thus effecting the diffraction patterns.

The quantitative analysis of samples for the basic macro-and micro-nutrient elements - N, P, K, Mg, Ca, Cl and S was carried out

by standard chemical laboratory procedures of titration, spectrophotometry, flame photometry and gravimetry. The analysis was done in conjunction with X-ray fluorescence technique using a Philips X-ray spectrometer PW 1410/20 AHP, which was not equipped for measuring the N content however, and the six other elemental contents were determined from compressed pellets of fertilizers, undiluted and diluted to 10 % by weight with alumina. Concentrations were provided by regression equations tabulated from chemical analysis results using the HP 9815A calculator procedure. All results obtained from the X-ray fluorescence are in fair agreement with those obtained from chemical method. It was found that the dilution technique increased the sensitivities of the element examined in fertilizers (except the P and S) and the contents of P, K and S from X-ray fluorescence analysis are slightly higher than the chemical analyses. Perhaps a more accurate result could be expected if the contents of these elements were calculated directly from the X-ray spectrometric calibration curves of standard commercial fertilizers, which could not be obtained during this study period.

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	จ
รายการตารางประกอบ .....	ฉ
รายการรูปประกอบ .....	ช
	
บทที่	
1 บทนำ .....	1
2 เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชันและ เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ .....	6
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรังสีเอ็กซ์ .....	6
2.2 เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชันของผลึกผง .....	9
2.3 เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี .....	23
3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปุ๋ย .....	33
3.1 ความรู้เบื้องต้น .....	33
3.2 ปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน .....	34
3.3 ปุ๋ยฟอสฟอรัส .....	36
3.4 ปุ๋ยโพแทสเซียม .....	42
3.5 ปุ๋ยผสม .....	43
3.6 อุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ยในประเทศไทย .....	44
4 การทดลอง .....	46
4.1 การหาปริมาณธาตุอาหารพืชโดยวิธีทางเคมี .....	46
4.1.1 การหาปริมาณไนโตรเจน .....	46
4.1.2 การหาปริมาณฟอสฟอรัส .....	47
4.1.3 การหาปริมาณโพแทสเซียม .....	49
4.1.4 การหาปริมาณกำมะถันทั้งหมด .....	51





สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ .....	103
6.1 การวิเคราะห์ทางคุณภาพของปุ๋ยผสมโดยวิธีเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน และ ดิฟแฟรกทอเมตรี .....	103
6.2 การวิเคราะห์ทางปริมาณของปุ๋ยผสมโดยวิธี XRFS .....	110
บรรณานุกรม .....	114
ภาคผนวกที่	
1 ดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นผลึกผงของตัวอย่างปุ๋ย .....	117
2 เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัมและวิธีการคำนวณหาปริมาณ ธาตุต่าง ๆ โดยวิธีค่ากำลังสองน้อยที่สุด .....	139
ประวัติผู้เขียน .....	147

กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา ภวะนันท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุม  
วิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ ดร.กรรณิการ์ อยู่ทอง และ  
มร.เจ.เอฟ.ออสบอร์น นักวิทยาศาสตร์กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่ได้ช่วยเหลือและให้  
ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการรังสีเอ็กซ์ และขอขอบพระคุณ คุณเรวดี ตีมาก นักวิทยาศาสตร์  
กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความร่วมมือในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี

สุดท้ายนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ที่ให้ใช้ห้องปฏิบัติการรังสีเอ็กซ์ และขอขอบคุณโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษา.



## รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลึกที่ใช้รีเคราะห์สำหรับเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ .....	29
3.1	ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช .....	33
3.2	วัตถุดิบที่เป็นแหล่งแร่โพแทสเซียม .....	42
4.1	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยผสม 6 ตัวอย่าง ซึ่งนำไปรีเคราะห์ด้วยเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ .....	62
4.2	สถานะในการจัดเครื่องเอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์ .....	68
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของธาตุโพสฟอรัส .....	74
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าที่อ่านได้กับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม .....	74
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียม .....	75
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามิลลิโวลต์ (mV) กับปริมาณของ $\text{AgNO}_3$ 0.1004 M ในการไตเตรตหาคลอรินทั้งหมดของตัวอย่างปุ๋ยเกรด 10-16-9 .....	75
5.5	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ครั้งของปุ๋ยผสมเกรดต่าง ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ .....	79
5.6	ข้อมูลการถ่ายภาพจากกล้องกีเนียร์-เฮกซ์ XDC-700 ของปุ๋ยผสมเกรด 18-22-0 .....	87
5.7	ข้อมูลจากดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นของดิฟแฟรกโทมิเตอร์ของปุ๋ยผสมเกรด 18-22-0 .....	88
5.8	การเปรียบเทียบค่า d ของปุ๋ยผสมเกรด 18-22-0 ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องกีเนียร์-เฮกซ์ XDC-700 (A) และดิฟแฟรกโทมิเตอร์ (B) กับ PDF .....	89



รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.9	ผลการวิเคราะห์ทางคุณภาพของปุ๋ยผสมเกรดต่าง ๆ โดยเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน และดิฟแฟรกทอเมตรี .....	90
5.10	รายละเอียดของปุ๋ยทั้ง 6 ตัวอย่างซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ด้วย XRFS .....	94
5.11	ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า cps ของปุ๋ยผสมที่ไม่เจือจางด้วยอลูมินา .....	95
5.12	ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า cps ของปุ๋ยผสมที่เจือจางด้วยอลูมินา 90 เปอร์เซ็นต์	97
5.13	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ของปุ๋ยผสมที่ไม่เจือจางด้วยอลูมินา .....	99
5.14	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ของปุ๋ยผสมที่เจือจางด้วยอลูมินา 90 เปอร์เซ็นต์ .....	101
6.1	แนวโน้มของการใช้วัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยผสมจากต่างประเทศและในประเทศ ....	109
6.2	การเปรียบเทียบ sensitivity โดยการวัดค่า cps ของปุ๋ยที่ไม่เจือจางด้วยอลูมินา (10% ธาตุ) และที่เจือจางด้วยอลูมินา (1%ธาตุ) .....	111
1.1A	แสดงค่า d, I/I <sub>1</sub> และ hkl ของสารมาตรฐานซึ่งใช้ในการผลิตปุ๋ยหรือเป็นองค์ประกอบในปุ๋ยผสมจาก JCPDS .....	117
2.1A	ธาตุต่าง ๆ ที่สามารถแสดงให้เห็นในการซแกนมุม 2θ ตั้งแต่ 5 - 60° ของเอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์ PW 1410/20 AHP .....	139

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์แบบต่อเนื่องของทังสเตนที่ศักดาไฟฟ้าต่าง ๆ .....	7
2.2	สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์เฉพาะธาตุของโมลิบดีนัม .....	7
2.3	การแสดงระดับพลังงานและการเกิดสเปกตรัมรังสีเอ็กซ์เฉพาะธาตุ .....	8
2.4	การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์โดยผลึก .....	9
2.5	รูปแบบที่แสดงหลักการของกิเนียร์ .....	12
2.6	การเลี้ยวเบนค่ามุม $2\theta$ ของลำแสงรังสีเอ็กซ์ เนื่องจากโมนโครเมเตอร์ .....	13
2.7	รูปแบบของฟิล์มที่ได้จากกล้องกิเนียร์-เฮก์ .....	13
2.8	แผนผังของไกเกอร์-แคนเตอร์ดิฟแฟรกทอมีเตอร์ .....	14
2.9	ดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นของควอทซ์ ในช่วงมุม $2\theta = 0 - 70^\circ$ โดยชแกน ด้วยความเร็ว $2^\circ 2\theta/\text{นาที}$ .....	15
2.10	หลักการโฟกัสตามแบบของซีมันน์-โบฮ์ลิน .....	17
2.11	การโฟกัสตามแบบของซีมันน์-โบฮ์ลินเมื่อนำมาใช้ในเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกทอ- มีเตอร์ .....	17
2.12	การจัดตำแหน่งของซิลินในดิฟแฟรกทอมีเตอร์ .....	18
2.13	การจัดการวางตัวของส่วนประกอบในไกเกอร์ดิฟแฟรกทอมีเตอร์ .....	18
2.14	บัตร JCPDS ของโซเดียมคลอไรด์ .....	20
2.15	เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ .....	26
2.16	ฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัมของเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้โมกา (002) เป็น ผลึกที่ใช้วิเคราะห์ .....	27
2.17	เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ชนิดกระจายความยาวคลื่น .....	28
3.1	แผนภาพแสดงการผลิตปูนซีเมนต์หรือไฮดรเจนจากแอมโมเนีย .....	35
3.2	แผนภาพแสดงการผลิตปุ๋ยฟอสเฟตที่สำคัญจากหินฟอสเฟต .....	38
4.1	กล้องผลึกผงกิเนียร์-เฮก์ XDC-700 และการจัดเครื่องมือ .....	56
4.2	ส่วนประกอบของเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกทอมีเตอร์ .....	57

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3	ไดอะแกรมสำหรับติดตั้ง เครื่อง เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกทอมีเตอร์ ..... 58
4.4	ที่บรรจุตัวอย่างของกล้องกิเนียร์-เฮกท์ (1) และดิฟแฟรกทอมีเตอร์ (2) ..... 60
4.5	ส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ด้วยเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ ..... 63
4.6	ไดอะแกรมสำหรับติดตั้งของ เครื่อง เอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์ ..... 63
4.7	การจัดส่วนประกอบต่าง ๆ ในเอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์ PW 1410/20 ..... 65
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของธาตุ ฟอสฟอรัส ..... 76
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าที่อ่านได้กับความเข้มข้นของธาตุ โพแทสเซียม ..... 76
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของแมกนีเซียม..... 77
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของแคลเซียม ..... 77
5.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า mV กับปริมาตรของ AgNO <sub>3</sub> ในการ วิเคราะห์หาคอลรีนทั้งหมดของปุ๋ยสูตร 10-16-9 โดยวิธีโพเทนชิโอ - เมตริกไทเตรชัน ..... 78
5.6	ภาพถ่ายของปุ๋ยผสมเกรด 18-22-0 ด้วยกล้องกิเนียร์-เฮกท์ XDC-700 ..... 85
5.7	ดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นของปุ๋ยผสมเกรด 18-22-0 ซึ่งชแกนจากดิฟแฟรก ทอมีเตอร์ ..... 86
6.1	ดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นของปุ๋ยผสมเกรด 26-14-0 (A) เป็นตัวอย่างปุ๋ยโดย ตรง (B) เป็นตัวอย่างปุ๋ยซึ่งอบที่อุณหภูมิ 65° C, 1 ชั่วโมง ..... 105
6.2	ดิฟแฟรกชันแพทเทิร์นของปุ๋ยผสมเกรด 16-16-16 (A) เป็นตัวอย่างปุ๋ย โดยตรง (B) เป็นตัวอย่างปุ๋ยที่ผสมขึ้นเองจากสารมาตรฐาน NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> และ KCl ..... 106

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
1.1A - 1.2A	ภาพถ่ายผลึกผงของสารมาตรฐาน 8 ตัวอย่างจากกล้อง กิเนียร์-เฮกก์ .....	119-120
1.3A - 1.4A	ภาพถ่ายผลึกผงของตัวอย่างปุย 9 ตัวอย่าง จากกล้อง กิเนียร์-เฮกก์ .....	121-122
1.5A - 1.8A	ดิฟแฟรคโทแกรมของสารมาตรฐาน 11 ตัวอย่างจากเอ็กซ์เรย์- ดิฟแฟรคโทมิเตอร์ .....	124-127
1.9A - 1.19A	ดิฟแฟรคโทแกรมของตัวอย่างปุย 32 ตัวอย่าง จากเอ็กซ์เรย์- ดิฟแฟรคโทมิเตอร์ .....	128-138
2.1A - 2.6A	เป็นฟลูออเรสเซนซ์แพทเทิร์นของตัวอย่างปุย 6 ตัวอย่าง ขแกน จากมุม $2\theta = 5 - 60^\circ$ โดยมี TLAP เป็นผลึกที่ใช้วิเคราะห์ ...	141-143
2.7A	ตัวอย่างการคำนวณค่า E(ความลาด), D(จุดตัด), $\gamma^2$ (relation coefficient) และความเข้มข้นของธาตุ P โดยวิธีค่ากำลังสองน้อยที่สุด .....	146