รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.diw.go.th/diw_web/htm [30 เมษายน 2549]

จุมพล เลิศชูวงศา. 2546. SCCC's Industrial Waste Disposal Services. ใน ธุรกิจการจัดการของเสียและพลังงานควรปรับตัวอย่างไร. กรุงเทพมหานคร: แสงสว่างการพิมพ์.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด (ซีแพค).

ธีระพล ติรวศิน. 2546. ทางเลือกของการกำจัดกากอุตสาหกรรมด้วยมาตรฐานสากล. ใน ธุรกิจการจัดการของเสียและพลังงานควรปรับตัวอย่างไร. กรุงเทพมหานคร: แสงสว่างการพิมพ์.

วินิต ช่อวิเชียร. 2544. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิริยา เทวนุกูล. 2546. การใช้ตะกรันดีบุกเป็นวัสดุแทนที่ซีเมนต์บางส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักสนธิสัญญาและยุทธศาสตร์. (ม.ป.ป.). อนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้ามแดนของของเสียอันตรายและการกำจัด[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.diw.go.th/treaty/basel.htm[29 มิถุนายน 2548]

ภาษาอังกฤษ

Achternbosch, M., Brautigam, K. R., Hartlieb, N., Kupsch, C., Richers, U., and Stemmermann, P. (2003). Heavy Metals in Cement and Concrete Resulting from the Co-incineration of Wastes in Cement Kilns with Regard to the Legitimacy of Waste Utilization. ITAS-Project.

Akihiko, Y., and Takashi, Y. (1996). Study of utilization of copper slag as fine aggregate for concrete. [Online]. Available from: www.google.com [2005, June 12]

Al-Jabri, K.S., Taha, R.A., Al-Hashmi, A., and Al-Harthy, A.S. (2005). Effect of copper slag and cement by-pass dust addition on mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials. 13: 43-51.

Andrade, F. R. D., Maringolo, V., and Kihara, Y. (2003). Incorporation of V, Zn and Pb into the Crystalline Phases of Portland Clinker. Cement and Concrete Research. 33: 63-71.

Arjunan, P., Silsbee, M. R., and Roy, D. (1999). Sulfoaluminate-belite Cement from Low-calcium Fly Ash and Sulfur-rich and other Industrial By-products. Cement and Concrete Research. 29: 1305-1311.

Bishop, M., Bott, S.G., and Barron, A.R. (2003). A New Mechanism for Cement Hydration Inhibition: Solid-State Chemistry of Calcium Nitrilotris (methylene) triphosphonate. Chemistry of Material. 15: 3074-3088.

Caponero, J., and Tenorio, J. A. S. (2000). Laboratory testing of the use of phosphate-coating sludge in cement clinker. Resources, Conservation and Recycling. 29: 169-179.

Collins, RJ., and Cielieski, SK. (1994). Recycling and use of waste materials and by products in high way construction. Transportation Research Record. . [Online]. Available from: www.google.com [2005, June 12]

Dalton, J. L., Gardner, K. H., Seager, T. P., Weimer, M. L., Spear, J. C. M., and Magee, B. J. (2004). Properties of Portland cement made from contaminated sediments. Resources, Conservation and Recycling. 41(3): 227-241.

Douglas, E., and Mainwaring, PR. (1985). Hydration and pozzolanic activity of nonferrous slags. Am Ceramic Soc Bull. 64:700-706.

Emery, JJ. (1986). Manitoba slags, deposits, characterization, modifications, potential utilization. Geotechnical Engineering Limited. [Online]. Available from: www.google.com [2005, June 19]

Environmental Toxicology International, Inc. (ETI). (1992). All Fired Up Burning Hazardous Waste in Cement Kilns. ETI, Seattle, WA.

Espinosa, D. C. R., and Tenorio, J. A. S. (2000). Laboratory Study of Galvanic Sludge's Influence on the Clinkerization Process. Resources, Conservation and Recycling. 31: 71-82.

Gorai, B., Jana, R.K.,and Premchand (2003). Characteristics and utilisation of copper slag: a review. Resources Conservation and Recycling.39: 299-313.

Li, X. D.; Zhang, Y. M.; Poon, C. S.; and Lo, I. M. C. (2001). Study of Zinc in Cementitious Material Stabilised/Solidified Wastes by Sequential Chemical Extraction and Microstructural Analysis. Chemical Speciation and Bioavailability 13(1) : 1-7.

Li, X. D.; Poon, C. S.; Sun, H.; Lo, I. M. C.; and Kirk, D. W. (2001). Heavy Metal Speciation and Leaching Behaviors in Cement based Solidified/Stabilized Waste Materials. Journal of Hazardous Materials. 82 : 215-230.

Manz, M., and Castro, L.J. (1997). The environmental Hazard caused by smelter slag from the Sta. Maria de la Paz mining district in Maxico. Environmental Pollution. 98(1): 7-13.

Mobasher, B.M., Devaguptapu, R., and Arino, A.M. (1996). Effect of Copper slag on the Hydration of blended Cementitious Mixtures. : 1677-1686.

Mokrzycki, E., and Bochenczyk, A. U. (2003). Alternative Fuels for the Cement Industry. Applied Energy. 74: 95-100.

Mollah, M.Y.A., Yu Weng, Y., Schennach, R.,and Cocke, D.L. (2000). A Fourier transform infrared spectroscopic investigation of the early hydration of Portland cement and the influence of sodium lignosulfonate. Cement and Concrete Research. 30: 267-273.

Monshi, A., and Asgarani, M.K. (1999). Producing Portland Cement from Iron and Steel Slags and Limestone. Cement and Concrete Research. 29: 1373-1377.

Murat, M., and Sorrention, F. (1996).Effect of large addition of Cd, Pb, Cr, Zn to cement raw meal on the composition and the properties of the clinker and the cement. Cement and Concrete Research. 26: 377-385.

Nakamoto, K. (1986). Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. Marquette University.

Ract, P. G., Espinosa, D. C. R., and Tenorio, J. A. S. (2003). Determination of Cu and Ni Incorporation Ratios in Portland cement Clinker. Waste Management.23: 281-285.

Sakai, S., and Hiraoka, M. (2000). Municiple solid waste incinertor resdue recycling by themal processes. Waste Management 20(2): 249-258.

Shen, H., and Forssberg, E. (2003). An Overview of ecovery of Metals from Slags. Waste Management. 23: 933–949.

Shi, C., and Qian, J. (2000). High performance cementing materials from industrial slags: a review. Resources Conservation and Recycling. 29: 195–207.

Shih, P. H., Chang, J. E., and Chiang, L. C. (2003). Replacement of Raw Mix in Cement Production with Municipal Solid Waste Incineration Ash. Cement and Concrete Research. 33: 1831-1836.

Siam City Cement Public Company Limited. Environmental Care. Environmental Initiatives [Online]. Available from: http://www.siamcitycement.com [2005, June 12]

Singh, M., Upadhayay, S. N., and Prasad, P. M. (1996). Preparation of Special Cements from Red Mud. Waste Management. 16(8): 665-670.

Singh, M. And Garg. (2000). Making anhydrite cement from waste gysum. Cement and Concrete Research. 30: 571 -577.

Spence, R. D. (1993). Chemistry and Microstructure of Solidified Waste Forms. ACS National Meeting. New York City.

Sprung, S. (1985). Technological Problem in Pyroprocessing Cement Clinker: Cause and Solution. Dusseldorf.

Sprung, S., and Rechenberg, W. (1994). The reaction of lead and zinc in the burning of cement clinker. Cement and Concrete Research. 33: 63 -71.

Stegemann, J. A., and Buenfeld, N. R. (2003). Prediction of Unconfined Compressive Strength of Cement Paste Containing Industrial Wastes. Waste Management 23: 321-332.

Stephan, D., Maleki, H., Knofel, D., Eber, B.,and Hardtl, R. (1999). Influence of Cr, Ni, and Zn on the properties of pure clinker phases Part I. C_3S. Cement and Concrete Research. 29: 545-552.

Stutzman, P. (2004). Scanning electron microscopy imaging of hydraulic cement microstructure. Cement and Concrete Composites. 26: 957-966.

Tessler, A., Campbell, P.G.C., and Bisson, M. (1979). Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry. 51(7): 844-851.

Tixier, R., Devaguptapu, R., and Mobasher, B. (1996) The Effect of Copper slag on the Hydration and Mechanical Properties of Cementitious Mixtuers. Cement and Concrete Research. 27(10): 1569-1580.

Tsivilis, S.,and Kakali, G. (1997). A study on the grindability of Portland cement clinker containing transition metal oxides. Cement and Concrete Research. 27(5): 673-678.

Trevor, L. H., Claire, M. M., Timothy, G. J. J., Sarah, E. P., Phillip, F., and Christopher, H. (1995). Determining Cement Composition By Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Advn Cem Bas Mat. B134: 197-201.

Trezza, M. A., and Scian, A. N. (2000). Burning Wastes as an Industrial Resource: Their Effect on Portland cement clinker. Cement and Concrete Research 30: 137-144.

U.S. Environmental Protection Agency. Method 3052: Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices. SW-846 Manual [Online]. Available from: http://www.epa.gov[2005, June 12]

Wan, X., Wang, W., Ye, T., Guo, Y.,and Gao, X. (2006). A study on the chemical and mineralogical characterization of MSWI fly ash using a sequential extraction procedure. Journal of Hazardous Materials. B134: 197-201.

Xin, C., Jun, C., Lingchao, L., Futian, L.,and Bing, T. (2004). Study on the hydration of Ba-bearing calcium sulphoaluminate in the presence of gypsum. Cement and Concrete Research. 34: 2009-2013.

Zain, M.F.M., Islam, M.N., Radin, S.S., and Yap, S.G. (2004). Cement-based Solidification for the safe disposal of blasted copper slag. Cement and Concrete Composites. 26: 845–851.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลอง

ก.1 – วิธีการย่อยสลายด้วยเครื่องย่อยสลายไมโครเวฟ (Microwave digester) **ตามมาตรฐาน** US EPA Method 3052

ขั้นตอนการย่อยสลายด้วยเครื่องย่อยสลายด้วยไมโครเวฟ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างหนัก 0.5 กรัม แล้วใส่ลงในหลอดเวสเซล

2. นำมาเติมกรดไนตริกจำนวน 9 ± 0.1 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริกจำนวน 2 ± 2 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรฟลูโอริกจำนวน 3 ± 0.1 มิลลิลิตร

3. ปิดฝาหลอดเวสเซล แล้วนำเข้าเครื่องย่อยสลายสารด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการเพิ่มอุณหภูมิจาก 0 – 180 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5.5 นาที ช่วงที่ 2 คือช่วงอุณหภูมิคงที่ 180 องศาเซลเซียสใช้เวลา 9.5 นาที และช่วงสุดท้ายเป็นช่วงลดอุณหภูมิใช้เวลา 5-15 นาที

4. เมื่อครบกำหนด นำหลอดเวสเซลออกจากเครื่องทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดบอริกจำนวน 37 มิลลิลิตร

5. ปิดฝาหลอดเวสเซลแล้วนำเข้าเครื่องย่อยสลายสารด้วยไมโครเวฟ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการเพิ่มอุณหภูมิจาก 0 – 160 องศาเซลเซียสใช้เวลา 13 นาที ช่วงที่ 2 คือช่วงอุณหภูมิคงที่ 160 องศาเซลเซียสใช้เวลา 6 นาที และช่วงสุดท้ายเป็นช่วงลดอุณหภูมิใช้เวลา 5-15 นาที

6. เมื่อครบกำหนดนำหลอดเวสเซลออกจากเครื่องทิ้งไว้ให้เย็น ได้สารละลายใสนำไปทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโลหะหนัก

ก.2 - วิธีการทดสอบการชะละลาย (Waste Extraction Test) **ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.** 2548

สำหรับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีลักษณะเป็นของแข็งที่สามารถบดได้ จะต้องนำไปร่อน หรือไปบดเพื่อให้สามารถร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 2 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) ก่อนนำไปสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้ใช้สารละลายโซเดียมซิเตรท (sodium citrate) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ที่พีเอชเท่ากับ 5.0 ± 0.1 เตรียมโดยนำสารละลายกรดซิตริกในปริมาณที่เหมาะสมมาปรับพีเอชให้เป็น 5.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 นอร์มัล

2. สารละลายกรดซิตริก สามารถเตรียมได้โดยนำเอากรดซิตริกไปละลายในน้ำกลั่น (deionized water)

3. นำ 50 กรัมของตัวอย่างใส่ลงในภาชนะที่ทำจากแก้วหรือพลาสติกประเภทโพลีเอทธิลีน (ควรใช้ภาชนะที่ทำจากแก้วเมื่อต้องการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์อันตราย) ภาชนะที่ใช้ในการสกัด

ควรผ่านการล้าง (rinsed) อย่างต่อเนื่องด้วยสารละลายกรดไนตริก ซึ่งสามารถเตรียมได้จากการนำเอาสารละลายกรดไนตริกมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร)

4. เติม 500 มิลลิลิตรของน้ำสกัดลงในตัวอย่าง (กรณีที่เป็นของเสียระเหยง่ายนำของผสมไปไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน เป็นเวลา 15 นาที เพื่อไล่ออกซิเจนในน้ำสกัดออกไป และป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศละลายลงไปในตัวอย่าง) เมื่อเสร็จแล้วให้ทำการปิดฝาภาชนะอย่างรวดเร็ว และนำไปเขย่าโดยใช้ table shaker ซึ่งสามารถทำให้ของผสมอยู่ในสภาพถูกกวนผสมอยู่ตลอดเวลา (vigorously agitated suspension) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5. จากนั้นนำเอาของผสมไปกรอง หรืออาจไปปั่นด้วยแรงเหวี่ยง (centrifuged) แล้วมากรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (membrane filter) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.45 ไมครอน โดยใช้ thick-walled suction flask ที่สะอาด สำหรับของแข็งขนาดหยาบสามารถใช้ Pressure filtration แทน vacuum filtration ได้ สำหรับของแข็งขนาดละเอียดอาจต้องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบถึง 10,000 x G ก่อนนำไปกรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (membrane filter) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.45 ไมครอน

6. ควรปรับอุณหภูมิในระหว่างการสกัดให้อยู่ระหว่าง 20-40 องศาเซลเซียส

7. ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ (metal elements) เท่านั้น ให้ถ่ายสารละลายที่กรองได้จาก ข้อ 5. ลงในขวดโพลีเอทธิลีน และปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริกจนความเข้มข้นของกรดในสารละลายผสม (สารละลายที่กรองได้จากข้อ 5. ผสมกับกรดไนตริก) เป็นร้อยละ 5 โดยปริมาตร (ให้ปรับสภาพให้เป็นกรดทันทีหลังจากผ่านการกรอง)

8. นำเอาของเหลวที่ผ่านการกรองไปทำการวิเคราะห์หาค่าของสารนั้นด้วยเครื่อง inductively-Coupled Plasma (ICP)

ก.3 - วิธีการทดสอบการชะละลาย (Leaching Test) ตามมาตรฐาน Method 1311 ของ US EPA

วิธีนี้ออกแบบมาเพื่อหาการชะละลายของทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง และของเหลว ซึ่งเป็นการจำลองการย่อยสลายในหลุมฝังกลบ (Landfill) ซึ่งมีวิธีทดสอบดังต่อไปนี้

1. การเตรียมน้ำสกัด

<u>น้ำสกัดชนิดที่ 1</u> เติมกรดอะซิติคเข้มข้น 5.7 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีน้ำกลั่นอยู่ 500 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 64.3 มิลลิลิตร ทำการปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร ถ้าเตรียมถูกต้อง พีเอชจะมีค่าประมาณ 4.93 ± 0.05

น้ำสกัดชนิดที่ 2 เติมกรดอะซิติคเข้มข้น 5.7 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีน้ำกลั่นอยู่ 500 มิลลิลิตร ทำการปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร ถ้าเตรียมถูกต้องพีเอชจะมีค่าประมาณ 2.88±0.05

2. การเลือกน้ำสกัดให้เหมาะสมในกรณีปริมาณของแข็งในตัวอย่าง ≥ 0.5%

- แบ่งตัวอย่างที่เป็นของแข็งขนาด ≤ 1 มิลลิเมตร จำนวน 500 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 96.5 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา (Watchglass) นำไปกวนด้วยแมกเนติกสเตอร์เลอร์เป็นเวลา 5 นาที วัดและจดค่าพีเอช ถ้า พีเอช < 5.0 เลือกใช้น้ำสกัดชนิดที่ 1

- ถ้าพีเอช ≥ 5.0 เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 3.5 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา (Watchglass) นำไปให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และตรวจวัดค่าพีเอช ถ้าพีเอช< 5 เลือกใช้น้ำสกัดชนิดที่ 1 แต่ถ้าพีเอช > 5 เลือกใช้น้ำสกัดชนิดที่ 2

3. วิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. หากตัวอย่างเป็นของเหลวหรือมีของแข็ง (Dry solids) ปะปนในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ให้กรองตัวอย่างนั้นด้วยแผ่นกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน แล้วนำของเหลวที่ผ่านการกรองแล้วไปทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง ICP

2. หากตัวอย่างมีของแข็งปนอยู่ในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 0.5 ให้นำมาทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

2.1 นำตัวอย่างจำนวน 100 กรัม ใส่ลงในขวดโพลีโพพีลีน

2.2 เลือกน้ำสกัดที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทดสอบดังที่กล่าวไว้แล้วด้านบนเติมลงในขวด แล้วจึงปรับปริมาตรของของผสมให้อัตราส่วนปริมาตรของน้ำสกัดเป็น 20 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่าง

2.3 เขย่าบนเครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (Rotary Agitator) ที่มีอัตราการหมุน 30 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

2.4 กรองสารละลายจากการสกัด (Leachate) ด้วยแผ่นกรองใยแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน

2.5 นำของเหลวที่ผ่านการกรองแล้วมาทำการปรับค่าพีเอชให้น้อยกว่า 2 ด้วยกรดไตริกจากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

ก.4 - วิธีสกัดแยกสารประกอบตามแบบของ Tessier Champbell **และ** Bisson (1979) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 สำหรับพันธะโลหะที่เกิดการแลกเปลี่ยนได้ง่าย

การสกัดใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) โดยนำตัวอย่างที่บดเป็นผงหนัก 1 กรัมใส่ลงในหลอดพลาสติกเซนติฟิวส์ เติมแมกนีเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่มีพีเอช 7 จำนวน 8 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าแบบหมุนเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำของเหลวไปกรอง และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

ขั้นที่ 2 สำหรับโลหะที่มีพันธะคาร์บอเนต

การสกัดใช้โซเดียมอะซิเตต (NaOAc) โดยนำตัวอย่างที่เหลือจากขั้นที่ 1 มาสกัดด้วยโซเดียมอะซิเตต 1 โมลาร์ (ปรับพีเอชเป็น 5 ด้วยกรดอะซิติก) จำนวน 8 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าแบบหมุนเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำของเหลวไปกรอง และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

ขั้นที่ 3 สำหรับโลหะที่มีพันธะเหล็กและแมงกานีสออกไซด์

การสกัดใช้ไฮดรอกซีลามีน ไฮโดรคลอไรด์ (NH2.OH.HCl) โดยนำตัวอย่างที่เหลือจากขั้นที่ 2 มาสกัดด้วยไฮดรอกซีลามีนไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ในกรดอะซิติก (HOAc) 25% โดยปริมาตร จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 96 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำของเหลวไปกรอง และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

ขั้นที่ 4 สำหรับโลหะที่มีพันธะกับสารอินทรีย์และซัลไฟด์

การสกัดใช้แอมโมเนียมอะซิเตต (NH_4OAc) โดยนำตัวอย่างที่เหลือจากขั้นที่ 3 เติมกรดไนตริกเข้มข้น 0.02 โมลาร์ จำนวน 3 มิลลิลิตร และเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% (ปรับพีเอชเป็น 2 ด้วยกรดไนตริก) จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กวนเป็นครั้งคราว

เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% (ปรับพีเอชเป็น 2 ด้วยกรดไนตริก) จำนวน 3 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กวนเป็นครั้งคราว รอให้เย็น จากนั้นเติมแอมโมเนียมอะซิเตด ความเข้มข้น 3.2 โมลาร์ ในกรดไนตริก 20% โดยปริมาตร จำนวน 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาณให้เป็น 20 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องกวนเขย่าแบบหมุนเป็นเวลา 30 นาที นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำของเหลวไปกรอง และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

ขั้นที่ 5 สำหรับสิ่งที่เหลือตกค้าง

นำตัวอย่างที่เหลือจากขั้นที่ 4 ไปย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) และกรดไฮโดรเจนเปอร์คลอไรด์ ($HClO_4$) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเติมกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 5 นอร์มอล จำนวน 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาเจือจางด้วยกรดไนตริก 5% จำนวน 25 มิลลิลิตร

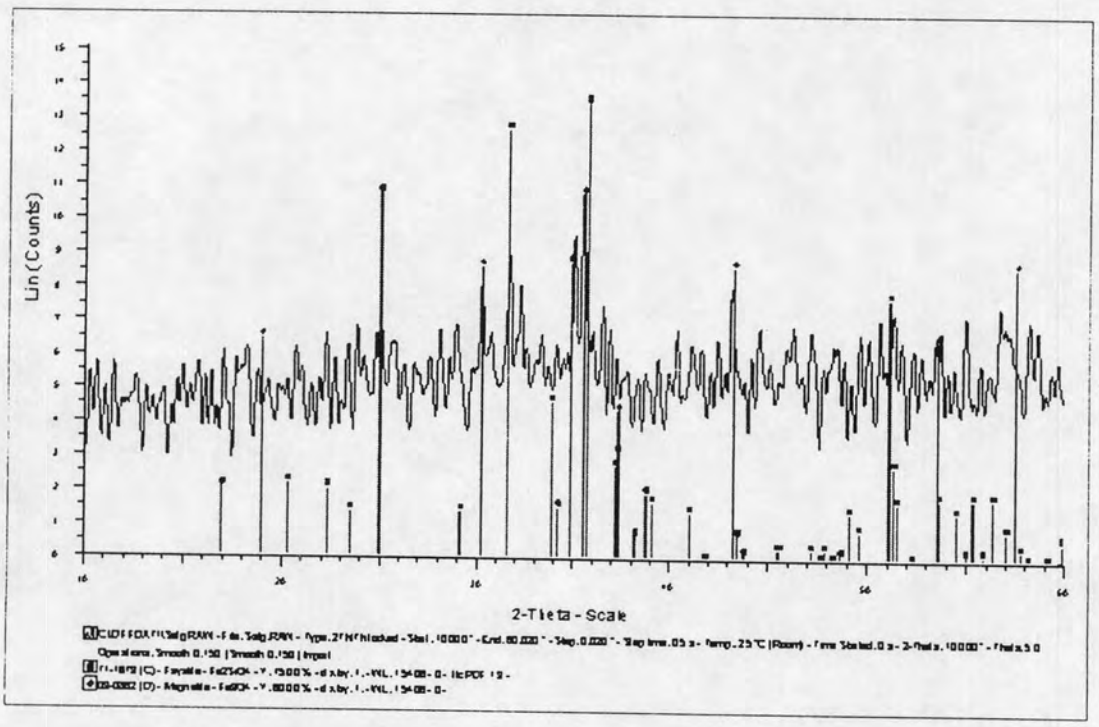
เมื่อสิ้นสุดการสกัดแยกทุกขั้นตอน นำน้ำที่ได้จากการสกัดแต่ละขั้นไปวัดค่า พีเอชและวิเคราะห์หาสารประกอบของโลหะหนัก ซึ่งสามารถระบุได้เนื่องจากสารประกอบโลหะหนักแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายได้ในน้ำสกัดที่ต่างชนิดกัน

ภาคผนวก ข

ผลการการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตะกรันทองแดง

ตารางที่ ข.1 ผลการกระจายขนาดอนุภาคของตะกรันทองแดงด้วยวิธีผ่านชุดตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)

ขนาดเบอร์ตะแกรง	ขนาดอนุภาค	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรง	D_{50}	D_{60}/D_{10}
4	4.75 มิลลิเมตร	100	1.98 มิลลิเมตร	2.25/0.72=3.125
8	2.36 มิลลิเมตร	67.85		
10	2.00 มิลลิเมตร	52.68		
30	600 ไมโครเมตร	3.72		
50	300 ไมโครเมตร	0.57		
100	150 ไมโครเมตร	0.43		
200	75 ไมโครเมตร	0.25		



รูปที่ ข.1 รูปแบบของสารประกอบหลักของตะกรันทองแดงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD

ตารางที่ ข.2 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในตะกรันทองแดง

ครั้งที่	ความเข้มข้นของโลหะหนักในตะกรันทองแดง (มก./กก.)																
	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ga	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	V	Zn
1	< 0.003	213.36	72.919	23.144	< 0.010	71.915	6756.4	< 0.040	<0.004	286.49	94.873	1616.4	< 0.102	1.521	< 0.247	18.12	9010.5
2	< 0.003	233.44	66.185	25.108	< 0.010	73.732	6998	< 0.040	<0.004	270.5	86.43	1454.9	< 0.102	2.289	< 0.247	22.634	9441.6
3	< 0.003	252.17	87.378	24.048	< 0.010	63.695	7195.4	< 0.040	<0.004	295.71	113.692	1657.7	< 0.102	2.863	< 0.247	24.457	9131
เฉลี่ย	< 0.003	212.99	75.494	24.1	< 0.010	69.781	6849.9	< 0.040	<0.004	284.23	81.665	1576.3	< 0.102	2.224	< 0.247	21.737	9127.7
SD.	0.000	15.848	8.842	0.803	0.000	4.367	179.518	0.000	0.000	10.413	11.395	87.540	0.000	0.550	0.000	2.664	181.631

ตารางที่ ข.3 ผลการชะละลายของโลหะหนักในตะกรันทองแดงตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2548

ครั้งที่	ค่าความเข้มข้นการชะละลายของโลหะหนักในตะกรันทองแดง (มก./ล.) ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548													
	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V	Zn
1	< 0.003	0.065	1.523	0.029	< 0.010	0.096	3.638	<0.004	2.103	0.769	< 0.102	< 0.247	4.113	5.822
2	< 0.003	0.081	2.085	0.043	< 0.010	0.067	2.622	<0.004	1.491	0.504	< 0.102	< 0.247	3.967	6.867
3	< 0.003	0.079	1.034	0.062	< 0.010	0.108	7.465	<0.004	1.117	0.910	< 0.102	< 0.247	4.079	4.938
เฉลี่ย	< 0.003	0.075	1.547	0.045	< 0.010	0.090	4.575	<0.004	1.570	0.728	< 0.102	< 0.247	4.053	5.876
SD.	0.000	0.007	0.430	0.014	0.000	0.017	2.085	0.000	0.406	0.168	0.000	0.000	0.063	0.788

ตารางที่ ข.4 ผลการชะละลายของโลหะหนักในตะกรันทองแดงตามมาตรฐาน TCLP ของ US EPA SW-846 Method 1311

ครั้งที่	ค่าความเข้มข้นการชะละลายของโลหะหนักในตะกรันทองแดง (มก./ล.) ตามมาตรฐาน TCLP													
	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V	Zn
1	< 0.003	0.097	2.201	0.071	< 0.010	0.249	7.505	<0.004	2.051	1.983	< 0.102	< 0.247	5.433	14.582
2	< 0.003	0.108	3.224	0.069	< 0.010	0.230	8.438	<0.004	3.055	1.365	< 0.102	< 0.247	5.515	13.146
3	< 0.003	0.082	2.392	0.077	< 0.010	0.430	10.243	<0.004	2.603	1.589	< 0.102	< 0.247	6.077	10.506
เฉลี่ย	< 0.003	0.096	2.606	0.072	< 0.010	0.303	8.729	<0.004	2.570	1.645	< 0.102	< 0.247	5.675	12.745
SD.	0.000	0.011	0.444	0.004	0.000	0.090	1.136	0.000	0.411	0.256	0.000	0.000	0.286	1.688

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ของปูนเม็ด

ตารางที่ ค.1 ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
0	22/11/48	1	15.051	< 0.009	13.904	40.231	< 0.004	10.652	11.531	< 0.247	15.671	77.054	< 0.003	20.618	4.042	< 0.040	45.066	< 0.102	25.851
		2	7.863	< 0.009	10.642	47.953	< 0.004	7.848	9.932	< 0.247	16.307	79.241	< 0.003	10.141	5.643	< 0.040	50.644	< 0.102	22.043
		3	11.883	< 0.009	17.861	41.735	< 0.004	9.094	10.323	< 0.247	16.091	66.543	< 0.003	19.531	3.074	< 0.040	29.551	< 0.102	27.916
		เฉลี่ย	11.599	< 0.009	14.136	43.306	< 0.004	9.198	10.595	< 0.247	16.023	74.279	< 0.003	16.763	4.253	< 0.040	41.754	< 0.102	25.270
		SD.	2.941	0.000	2.952	3.343	0.000	1.147	0.681	0.000	0.264	5.543	0.000	4.703	1.059	0.000	8.924	0.000	2.433
0	13/3/49	1	7.889	< 0.009	12.766	31.424	< 0.004	10.456	7.637	< 0.247	20.647	64.978	< 0.003	24.127	3.612	< 0.040	41.689	< 0.102	24.743
		2	10.988	< 0.009	10.979	39.151	< 0.004	13.430	8.546	< 0.247	22.767	69.119	< 0.003	19.785	2.034	< 0.040	38.644	< 0.102	20.536
		3	9.566	< 0.009	11.034	35.583	< 0.004	14.302	8.094	< 0.247	17.087	67.806	< 0.003	21.593	3.075	< 0.040	36.196	< 0.102	23.865
		เฉลี่ย	9.481	< 0.009	11.593	35.386	< 0.004	12.729	8.092	< 0.247	20.167	67.301	< 0.003	21.835	2.907	< 0.040	38.843	< 0.102	23.048
		SD.	1.267	0.000	0.830	3.158	0.000	1.647	0.371	0.000	2.344	1.727	0.000	1.781	0.655	0.000	2.247	0.000	1.812
1.8	26/9/48	1	14.564	< 0.009	17.935	82.891	< 0.004	20.933	12.658	< 0.247	29.921	170.762	< 0.003	39.636	7.506	< 0.040	79.012	< 0.102	36.013
		2	15.988	< 0.009	16.565	85.785	< 0.004	18.943	15.558	< 0.247	25.713	175.754	< 0.003	41.351	6.978	< 0.040	83.976	< 0.102	33.643
		3	18.963	< 0.009	14.061	88.787	< 0.004	16.443	13.085	< 0.247	33.859	172.333	< 0.003	43.954	5.157	< 0.040	82.466	< 0.102	37.771
		เฉลี่ย	16.505	< 0.009	16.187	85.821	< 0.004	18.773	13.767	< 0.247	29.831	172.950	< 0.003	41.647	6.547	< 0.040	81.818	< 0.102	35.809
		SD.	1.833	0.000	1.604	2.407	0.000	1.837	1.279	0.000	3.326	2.084	0.000	1.775	1.006	0.000	2.078	0.000	1.691
2.0	27/9/48	1	13.858	< 0.009	13.657	75.065	< 0.004	15.873	15.648	< 0.247	40.688	187.428	< 0.003	48.664	4.015	< 0.040	73.046	< 0.102	41.613
		2	15.453	< 0.009	20.766	84.765	< 0.004	13.383	10.584	< 0.247	31.460	211.864	< 0.003	34.755	6.678	< 0.040	75.167	< 0.102	38.554
		3	23.542	< 0.009	15.877	70.102	< 0.004	19.940	12.489	< 0.247	29.756	207.532	< 0.003	46.764	5.112	< 0.040	63.629	< 0.102	44.711
		เฉลี่ย	17.618	< 0.009	16.766	76.644	< 0.004	16.399	12.907	< 0.247	33.968	202.275	< 0.003	43.394	5.268	< 0.040	70.614	< 0.102	41.626
		SD.	4.240	0.000	2.970	6.089	0.000	2.702	2.088	0.000	4.802	10.646	0.000	6.158	1.093	0.000	5.015	0.000	2.514

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
2.2	25/9/48	1	16.765	< 0.009	14.869	62.674	< 0.004	17.830	12.578	< 0.247	28.776	221.905	< 0.003	39.098	7.878	< 0.040	65.647	< 0.102	45.013
		2	13.766	< 0.009	16.563	78.453	< 0.004	16.913	15.770	< 0.247	32.543	215.965	< 0.003	47.865	9.531	< 0.040	70.142	< 0.102	49.136
		3	23.564	< 0.009	20.756	70.121	< 0.004	27.813	11.543	< 0.247	35.647	200.418	< 0.003	50.754	4.676	< 0.040	66.777	< 0.102	42.654
		เฉลี่ย	18.032	< 0.009	17.396	70.416	< 0.004	20.852	13.297	< 0.247	32.322	212.763	< 0.003	45.906	7.362	< 0.040	67.522	< 0.102	45.601
		SD.	4.099	0.000	2.475	6.445	0.000	4.936	1.799	0.000	2.810	9.060	0.000	4.956	2.015	0.000	1.909	0.000	2.679
2.2	28/9/48	1	14.754	< 0.009	15.878	92.356	< 0.004	25.949	18.549	< 0.247	34.473	259.079	< 0.003	56.014	8.687	< 0.040	81.322	< 0.102	52.879
		2	19.645	< 0.009	19.676	88.787	< 0.004	19.945	21.538	< 0.247	25.447	239.776	< 0.003	61.543	5.117	< 0.040	72.672	< 0.102	60.786
		3	27.647	< 0.009	17.877	83.431	< 0.004	14.845	12.543	< 0.247	41.643	267.768	< 0.003	49.032	7.303	< 0.040	77.043	< 0.102	56.015
		เฉลี่ย	20.682	< 0.009	17.810	88.191	< 0.004	20.246	17.543	< 0.247	33.854	255.541	< 0.003	55.530	7.036	< 0.040	77.012	< 0.102	56.560
		SD.	5.314	0.000	1.551	3.668	0.000	4.538	3.740	0.000	6.627	11.698	0.000	5.119	1.470	0.000	3.531	0.000	3.251
2.6	17/9/48	1	11.647	< 0.009	18.675	110.755	< 0.004	21.875	24.477	< 0.247	34.657	301.888	< 0.003	48.766	3.765	< 0.040	113.554	< 0.102	73.771
		2	16.868	< 0.009	15.790	102.677	< 0.004	27.589	20.659	< 0.247	32.758	298.945	< 0.003	41.985	4.865	< 0.040	105.676	< 0.102	70.344
		3	13.987	< 0.009	23.755	92.685	< 0.004	22.556	17.543	< 0.247	24.771	291.573	< 0.003	53.659	7.611	< 0.040	95.327	< 0.102	77.879
		เฉลี่ย	14.167	< 0.009	19.406	102.039	< 0.004	24.007	20.893	< 0.247	30.729	297.468	< 0.003	47.822	5.414	< 0.040	104.852	< 0.102	73.998
		SD.	2.135	0.000	3.293	7.391	0.000	2.548	2.835	0.000	4.284	4.338	0.000	4.786	1.617	0.000	7.464	0.000	3.080
2.6	19/9/48	1	23.787	< 0.009	21.057	104.982	< 0.004	16.843	10.610	< 0.247	32.532	345.089	< 0.003	55.035	4.816	< 0.040	87.866	< 0.102	67.533
		2	17.564	< 0.009	20.887	89.843	< 0.004	19.882	12.654	< 0.247	44.532	321.765	< 0.003	47.647	8.758	< 0.040	91.646	< 0.102	71.754
		3	15.876	< 0.009	27.887	100.858	< 0.004	24.759	17.653	< 0.247	27.545	300.761	< 0.003	69.756	6.115	< 0.040	107.883	< 0.102	74.097
		เฉลี่ย	19.076	< 0.009	23.277	98.561	< 0.004	20.495	13.639	< 0.247	34.870	322.538	< 0.003	57.480	6.563	< 0.040	95.798	< 0.102	71.128
		SD.	3.402	0.000	3.261	6.390	0.000	3.261	2.959	0.000	7.129	18.105	0.000	9.190	1.640	0.000	8.683	0.000	2.716

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
2.6	20/9/48	1	18.875	< 0.009	17.648	135.769	< 0.004	17.374	18.775	< 0.247	39.992	288.763	< 0.003	53.766	7.977	< 0.040	103.761	< 0.102	80.432
		2	12.776	< 0.009	24.677	127.378	< 0.004	25.441	16.643	< 0.247	23.765	295.975	< 0.003	39.053	6.114	< 0.040	89.902	< 0.102	78.338
		3	21.458	< 0.009	13.987	121.855	< 0.004	14.017	22.547	< 0.247	31.678	313.643	< 0.003	49.655	4.909	< 0.040	99.482	< 0.102	69.752
		เฉลี่ย	17.703	< 0.009	18.770	128.334	< 0.004	18.944	19.322	< 0.247	31.811	299.460	< 0.003	47.491	6.333	< 0.040	97.715	< 0.102	76.174
		SD.	3.640	0.000	4.436	5.720	0.000	4.794	2.441	0.000	6.625	10.452	0.000	6.198	1.262	0.000	5.794	0.000	4.621
2.6	21/9/48	1	16.767	1.986	24.775	150.024	< 0.004	22.414	28.477	< 0.247	44.714	367.754	< 0.003	67.758	5.607	< 0.040	122.751	< 0.102	78.748
		2	27.545	1.797	20.768	145.586	< 0.004	31.784	26.544	< 0.247	32.656	348.006	< 0.003	51.676	4.536	< 0.040	123.551	< 0.102	79.647
		3	29.670	2.290	15.975	147.680	< 0.004	19.847	27.156	< 0.247	38.532	357.754	< 0.003	58.971	9.676	< 0.040	119.017	< 0.102	81.713
		เฉลี่ย	24.660	2.024	20.506	147.763	< 0.004	24.682	27.392	< 0.247	38.634	357.838	< 0.003	59.468	6.606	< 0.040	121.773	< 0.102	80.036
		SD.	5.649	0.203	3.597	1.813	0.000	5.130	0.807	0.000	4.923	8.062	0.000	6.575	2.214	0.000	1.976	0.000	1.241
2.6	23/9/48	1	19.766	< 0.009	19.785	133.813	< 0.004	17.385	19.456	< 0.247	30.825	288.714	< 0.003	61.676	9.787	< 0.040	104.723	< 0.102	75.525
		2	21.689	< 0.009	18.898	131.699	< 0.004	24.488	15.648	< 0.247	38.945	295.654	< 0.003	54.768	7.675	< 0.040	115.564	< 0.102	77.467
		3	25.553	< 0.009	20.687	144.879	< 0.004	16.750	23.657	< 0.247	35.970	303.475	< 0.003	45.470	4.531	< 0.040	113.562	< 0.102	63.854
		เฉลี่ย	22.336	< 0.009	19.790	136.797	< 0.004	19.541	19.587	< 0.247	35.247	295.948	< 0.003	53.971	7.331	< 0.040	111.283	< 0.102	72.282
		SD.	2.407	0.000	0.730	5.780	0.000	3.508	3.271	0.000	3.354	6.030	0.000	6.640	2.159	0.000	4.710	0.000	6.012
2.8	11/9/48	1	14.369	< 0.009	15.675	172.709	< 0.004	19.747	18.661	< 0.247	32.815	302.544	< 0.003	75.655	7.321	< 0.040	113.122	< 0.102	67.771
		2	19.438	< 0.009	19.868	156.787	< 0.004	17.849	14.658	< 0.247	29.075	299.712	< 0.003	60.675	11.755	< 0.040	118.441	< 0.102	78.956
		3	26.655	< 0.009	21.755	169.688	< 0.004	21.444	12.572	< 0.247	37.711	346.376	< 0.003	71.477	9.011	< 0.040	119.257	< 0.102	93.891
		เฉลี่ย	20.154	< 0.009	19.099	166.395	< 0.004	19.680	15.297	< 0.247	33.201	316.211	< 0.003	69.269	9.362	< 0.040	116.940	< 0.102	80.206
		SD.	5.041	0.000	2.541	6.905	0.000	1.468	2.527	0.000	3.536	21.362	0.000	6.312	1.827	0.000	2.720	0.000	10.700

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
2.8	12/9/48	1	18.453	< 0.009	12.668	136.870	< 0.004	29.349	15.678	< 0.247	25.861	317.675	< 0.003	71.664	11.785	< 0.040	110.014	< 0.102	67.853
		2	12.354	< 0.009	24.779	144.876	< 0.004	18.429	21.647	< 0.247	38.754	341.646	< 0.003	54.654	7.769	< 0.040	116.755	< 0.102	95.747
		3	23.097	< 0.009	20.877	142.532	< 0.004	21.413	19.753	< 0.247	31.734	369.549	< 0.003	62.457	9.116	< 0.040	117.532	< 0.102	87.174
		เฉลี่ย	17.968	< 0.009	19.441	141.426	< 0.004	23.064	19.026	< 0.247	32.116	342.957	< 0.003	62.925	9.557	< 0.040	114.767	< 0.102	83.591
		SD.	4.399	0.000	5.047	3.361	0.000	4.608	2.491	0.000	5.271	21.198	0.000	6.952	1.669	0.000	3.376	0.000	11.666
2.8	16/9/48	1	15.879	< 0.009	23.633	145.876	< 0.004	20.422	11.654	< 0.247	41.564	322.762	< 0.003	54.756	10.043	< 0.040	107.366	< 0.102	67.538
		2	25.639	< 0.009	17.776	167.756	< 0.004	26.234	16.896	< 0.247	37.333	295.467	< 0.003	59.546	8.852	< 0.040	110.644	< 0.102	59.754
		3	17.636	< 0.009	14.979	154.775	< 0.004	18.146	15.649	< 0.247	30.514	310.005	< 0.003	42.345	6.759	< 0.040	101.172	< 0.102	72.741
		เฉลี่ย	19.718	< 0.009	18.796	156.136	< 0.004	21.601	14.733	< 0.247	36.470	309.412	< 0.003	52.216	8.551	< 0.040	106.394	< 0.102	66.678
		SD.	4.248	0.000	3.606	8.984	0.000	3.406	2.236	0.000	4.552	11.151	0.000	7.248	1.357	0.000	3.927	0.000	5.337
2.8	18/9/48	1	16.749	< 0.009	13.675	129.977	< 0.004	19.532	14.548	< 0.247	31.711	356.643	< 0.003	46.759	9.766	< 0.040	108.658	< 0.102	77.515
		2	19.897	< 0.009	18.054	125.078	< 0.004	22.422	18.542	< 0.247	43.546	341.096	< 0.003	53.569	11.546	< 0.040	112.611	< 0.102	70.764
		3	20.786	< 0.009	22.077	131.435	< 0.004	24.526	20.502	< 0.247	32.654	333.654	< 0.003	77.644	13.758	< 0.040	105.983	< 0.102	90.016
		เฉลี่ย	19.144	< 0.009	17.935	128.830	< 0.004	22.160	17.864	< 0.247	35.970	343.798	< 0.003	59.324	11.690	< 0.040	109.084	< 0.102	79.431
		SD.	1.732	0.000	3.431	2.719	0.000	2.047	2.478	0.000	5.371	9.578	0.000	13.249	1.633	0.000	2.723	0.000	7.975
2.8	22/9/48	1	24.015	< 0.009	20.771	161.654	< 0.004	17.748	25.601	< 0.247	30.346	356.758	< 0.003	59.563	10.987	< 0.040	138.759	< 0.102	90.224
		2	23.416	< 0.009	18.769	158.642	< 0.004	13.766	21.255	< 0.247	32.679	373.562	< 0.003	45.787	14.565	< 0.040	120.146	< 0.102	81.077
		3	29.606	< 0.009	16.863	157.546	< 0.004	19.861	27.466	< 0.247	35.757	391.644	< 0.003	68.563	9.999	< 0.040	130.033	< 0.102	89.967
		เฉลี่ย	25.679	< 0.009	18.801	159.281	< 0.004	17.125	24.774	< 0.247	32.927	373.988	< 0.003	57.971	11.850	< 0.040	129.646	< 0.102	87.089
		SD.	2.787	0.000	1.596	1.737	0.000	2.527	2.602	0.000	2.216	14.245	0.000	9.366	1.961	0.000	7.604	0.000	4.253

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
3.0	9/9/48	1	22.169	< 0.009	27.685	177.545	< 0.004	25.478	24.765	< 0.247	35.861	369.841	< 0.003	75.464	7.754	< 0.040	163.758	< 0.102	88.435
		2	28.028	< 0.009	23.042	187.535	< 0.004	21.464	31.678	< 0.247	42.893	370.754	< 0.003	71.753	5.113	< 0.040	159.646	< 0.102	91.013
		3	31.584	< 0.009	19.541	186.935	< 0.004	16.758	22.582	< 0.247	30.564	399.534	< 0.003	61.676	10.099	< 0.040	155.126	< 0.102	97.434
		เฉลี่ย	27.260	< 0.009	23.423	184.005	< 0.004	21.233	26.342	< 0.247	36.440	380.043	< 0.003	69.631	7.655	< 0.040	159.510	< 0.102	92.294
		SD.	3.882	0.000	3.336	4.574	0.000	3.564	3.877	0.000	5.050	13.787	0.000	5.826	2.037	0.000	3.525	0.000	3.784
3.0	10/9/48	1	25.125	< 0.009	21.908	187.354	< 0.004	24.769	20.753	< 0.247	31.805	339.332	< 0.003	70.675	11.568	< 0.040	120.617	< 0.102	75.988
		2	19.349	< 0.009	25.761	168.760	< 0.004	21.888	25.601	< 0.247	27.761	354.865	< 0.003	67.746	10.564	< 0.040	131.026	< 0.102	87.434
		3	14.805	< 0.009	16.665	174.348	< 0.004	15.769	27.644	< 0.247	41.432	378.643	< 0.003	55.855	15.611	< 0.040	127.564	< 0.102	92.757
		เฉลี่ย	19.760	< 0.009	21.445	176.821	< 0.004	20.808	24.666	< 0.247	33.666	357.614	< 0.003	64.759	12.581	< 0.040	126.402	< 0.102	85.393
		SD.	4.223	0.000	3.728	7.790	0.000	3.753	2.890	0.000	5.734	16.166	0.000	6.408	2.181	0.000	4.328	0.000	6.997
3.0	13/9/48	1	18.091	< 0.009	32.789	165.756	< 0.004	21.647	23.751	< 0.247	35.869	321.078	< 0.003	49.965	11.654	< 0.040	135.776	< 0.102	95.097
		2	23.997	< 0.009	25.689	159.674	< 0.004	34.653	15.503	< 0.247	29.561	357.284	< 0.003	60.013	7.771	< 0.040	141.451	< 0.102	85.526
		3	25.654	< 0.009	19.868	189.877	< 0.004	17.267	14.542	< 0.247	21.785	387.761	< 0.003	51.901	5.901	< 0.040	137.841	< 0.102	76.913
		เฉลี่ย	22.581	< 0.009	26.115	171.769	< 0.004	24.522	17.932	< 0.247	29.072	355.374	< 0.003	53.960	8.442	< 0.040	138.356	< 0.102	85.845
		SD.	3.246	0.000	5.283	13.042	0.000	7.383	4.133	0.000	5.760	27.257	0.000	4.352	2.396	0.000	2.345	0.000	7.427
3.0	15/9/48	1	26.877	< 0.009	29.765	197.548	< 0.004	16.564	19.658	< 0.247	42.655	369.643	< 0.003	44.769	13.677	< 0.040	112.162	< 0.102	80.713
		2	21.726	< 0.009	24.674	167.879	< 0.004	21.765	23.658	< 0.247	31.679	349.654	< 0.003	56.014	10.113	< 0.040	110.033	< 0.102	77.410
		3	15.674	< 0.009	21.790	177.544	< 0.004	17.524	20.761	< 0.247	27.574	389.458	< 0.003	61.772	8.971	< 0.040	119.268	< 0.102	76.216
		เฉลี่ย	21.426	< 0.009	25.409	180.990	< 0.004	18.617	21.359	< 0.247	33.969	369.585	< 0.003	54.185	10.920	< 0.040	113.821	< 0.102	78.113
		SD.	4.579	0.000	3.297	12.355	0.000	2.260	1.687	0.000	6.366	16.250	0.000	7.061	2.004	0.000	3.948	0.000	1.902

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ครั้ง	ค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด (มก./กก.)																
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
3.2	14/9/48	1	30.073	< 0.009	35.860	203.875	< 0.004	29.478	25.865	< 0.247	41.459	417.654	< 0.003	63.692	9.551	< 0.040	171.467	< 0.102	87.454
		2	35.889	< 0.009	30.849	193.665	< 0.004	26.147	31.651	< 0.247	33.651	378.312	< 0.003	50.016	12.321	< 0.040	164.555	< 0.102	71.056
		3	24.856	< 0.009	27.868	214.564	< 0.004	19.875	27.644	< 0.247	43.645	391.023	< 0.003	71.561	7.885	< 0.040	165.914	< 0.102	89.037
		เฉลี่ย	30.273	< 0.009	31.526	204.035	< 0.004	25.167	28.387	< 0.247	39.585	395.663	< 0.003	61.756	9.919	< 0.040	167.312	< 0.102	82.515
		SD.	4.507	0.000	3.298	8.533	0.000	3.982	2.420	0.000	4.290	16.393	0.000	8.902	1.830	0.000	2.990	0.000	8.129

ตารางที่ ค.2 สรุปค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักในปูนเม็ด (มก./กก.)																
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
0	22/11/48	11.599	<0.009	14.136	43.306	<0.004	9.198	10.595	<0.247	16.023	74.279	<0.003	16.763	4.253	<0.040	41.754	<0.102	25.270
	13/3/49	9.481	<0.009	11.593	35.386	<0.004	12.729	8.092	<0.247	20.167	67.301	<0.003	21.835	2.907	<0.040	38.843	<0.102	23.048
	SD.	1.059	0.000	1.272	3.960	0.000	1.766	1.252	0.000	2.072	3.489	0.000	2.536	0.673	0.000	1.455	0.000	1.111
1.8	26/9/48	16.505	<0.009	16.187	85.821	<0.004	18.773	13.767	<0.247	29.831	172.95	<0.003	41.647	6.547	<0.040	81.818	<0.102	35.809
2.0	27/9/48	17.618	<0.009	16.766	76.644	<0.004	16.399	12.907	<0.247	33.968	202.275	<0.003	43.394	5.268	<0.040	70.614	<0.102	41.626
2.2	25/9/48	18.032	<0.009	17.396	70.416	<0.004	20.852	13.297	<0.247	32.322	212.763	<0.003	45.906	7.362	<0.040	67.522	<0.102	45.601
	28/9/48	20.682	<0.009	17.81	88.191	<0.004	20.246	17.543	<0.247	33.854	255.541	<0.003	55.53	7.036	<0.040	77.012	<0.102	56.56
	SD.	1.325	0.000	0.207	8.887	0.000	0.303	2.123	0.000	0.766	21.389	0.000	4.812	0.163	0.000	4.745	0.000	5.480
2.6	17/9/48	14.167	<0.009	19.406	102.039	<0.004	24.007	20.893	<0.247	30.729	297.468	<0.003	47.822	5.414	<0.040	104.852	<0.102	73.998
	19/9/48	19.076	<0.009	23.277	98.561	<0.004	20.495	13.639	<0.247	34.87	322.538	<0.003	57.48	6.563	<0.040	95.798	<0.102	71.128
	20/9/48	17.703	<0.009	18.77	128.334	<0.004	18.944	19.322	<0.247	31.811	299.46	<0.003	47.491	6.333	<0.040	97.715	<0.102	76.174
	21/9/48	24.66	2.024	20.506	147.763	<0.004	24.682	27.392	<0.247	38.634	337.505	<0.003	59.468	6.606	<0.040	121.773	<0.102	80.036
	23/9/48	22.336	<0.009	19.790	136.797	<0.004	19.541	19.587	<0.247	35.247	295.948	<0.003	53.971	7.331	<0.040	111.283	<0.102	72.282
	SD.	3.646	0.810	1.568	19.330	0.000	2.357	4.391	0.000	2.791	16.599	0.000	4.893	0.616	0.000	9.490	0.000	3.154

หมายเหตุ : วันที่ขีดเส้นใต้ คือ ตัวแทนของแต่ละอัตราส่วน

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) สรุปค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักในปูนเม็ด

อัตราส่วน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในปูนเม็ด (มก./กก.)																
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Ag	Ba	Co	Ga	Mn	Se	Sr
2.8	11/9/48	20.154	<0.009	19.099	136.395	<0.004	19.68	15.297	<0.247	33.201	316.211	<0.003	69.269	9.362	<0.040	116.94	<0.102	80.206
	12/9/48	17.968	<0.009	19.441	141.426	<0.004	23.064	19.026	<0.247	32.116	342.957	<0.003	62.925	9.557	<0.040	114.767	<0.102	83.591
	16/9/48	19.718	<0.009	18.796	156.136	<0.004	21.601	14.733	<0.247	36.47	309.412	<0.003	52.216	8.551	<0.040	106.394	<0.102	66.678
	18/9/48	19.144	<0.009	17.935	128.83	<0.004	22.16	17.864	<0.247	35.97	343.798	<0.003	59.324	11.69	<0.040	109.084	<0.102	79.431
	22/9/48	25.679	<0.009	18.801	159.281	<0.004	17.125	24.774	<0.247	32.927	373.988	<0.003	57.971	11.85	<0.040	129.646	<0.102	87.089
	SD.	2.676	0.000	0.499	11.615	0.000	2.114	3.588	0.000	1.745	22.990	0.000	5.640	1.325	0.000	8.084	0.000	6.916
3.0	9/9/48	27.26	<0.009	23.423	184.005	<0.004	21.233	26.342	<0.247	36.44	380.043	<0.003	69.631	7.655	<0.040	159.51	<0.102	92.294
	10/9/48	19.76	<0.009	21.445	176.821	<0.004	20.808	24.666	<0.247	33.666	357.614	<0.003	64.759	12.581	<0.040	126.402	<0.102	85.393
	13/9/48	22.581	<0.009	26.115	171.769	<0.004	24.522	17.932	<0.247	29.072	355.374	<0.003	53.96	8.442	<0.040	138.356	<0.102	85.845
	15/9/48	21.426	<0.009	25.409	180.99	<0.004	18.617	21.359	<0.247	33.969	369.585	<0.003	54.185	10.92	<0.040	113.821	<0.102	78.113
	SD.	8.410	0.000	9.579	66.839	0.000	7.901	8.124	0.000	12.839	137.352	0.000	22.819	3.853	0.000	52.769	0.000	31.717
3.2	14/9/48	30.273	<0.009	31.526	204.035	<0.004	25.167	28.387	<0.247	39.585	395.663	<0.003	61.756	9.919	<0.040	167.312	<0.102	82.515

หมายเหตุ : วันที่ขีดเส้นใต้ คือ ตัวแทนของแต่ละอัตราส่วน

ตารางที่ ค.3 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวอย่างปูนซีเมนต์ตามมาตรฐาน ASTM C204-05

ชื่อตัวอย่าง	เวลาที่ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดต่ำลงมา (วินาที)	พื้นที่ผิวจำเพาะของปูนซีเมนต์ (ตร.ซม. ต่อกรัม)
C0	53.695	3535
C18	51.977	3478
C20	49.935	3409
C22	53.331	3523
C24	51.203	3452
C26	52.456	3494
C28	50.552	3430
C30	53.270	3521
C32	50.229	3419

$$S = \frac{S_s \times \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}}$$

เมื่อ S = พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวอย่างปูนซีเมนต์ (ตร.ซม. ต่อกรัม)

S_S = พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวอย่างมาตรฐาน (เท่ากับ 3,200 ตร.ซม. ต่อกรัม)

T = เวลาที่ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดต่ำลงมา (วินาที)

T_S = เวลาที่ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดต่ำลงมาเมื่อทดสอบกับตัวอย่างมาตรฐาน (เท่ากับ 44 วินาที)

ตารางที่ ค.4 ค่าความถ่วงจำเพาะมาตรฐาน ASTM C188-95 และค่าสูญเสียน้ำหนัก (LOI) มาตรฐาน ASTM C114-05

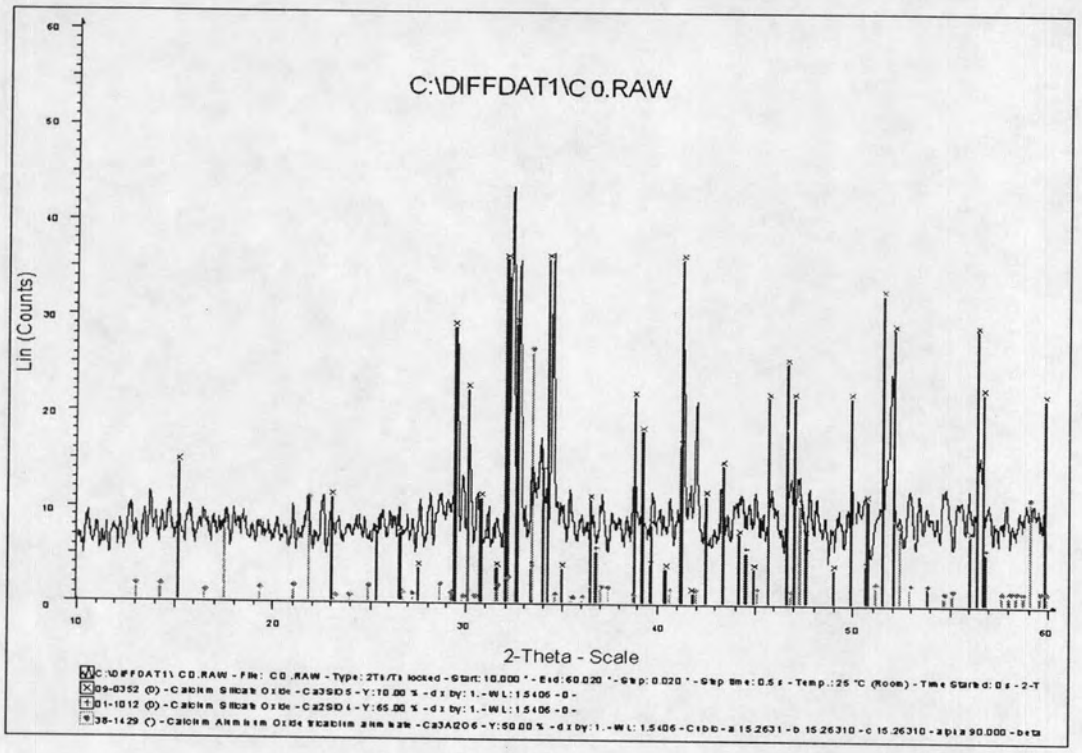
ชื่อตัวอย่าง	ความถ่วงจำเพาะ	LOI
C0	3.132	0.892
C18	3.151	0.986
C20	3.154	1.042
C22	3.147	1.291
C24	3.129	1.524
C26	3.161	0.963
C28	3.152	0.749
C30	3.147	1.138
C32	3.155	1.011

ตารางที่ ค.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปูนเม็ดด้วยเครื่อง XRF

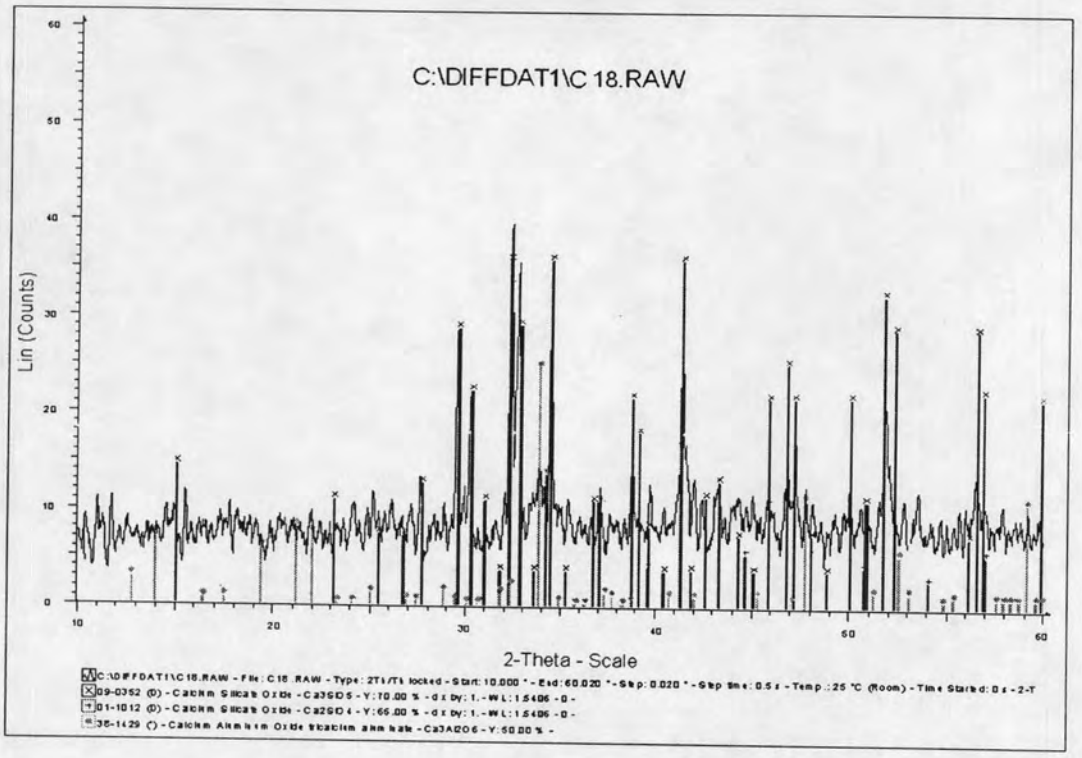
องค์ประกอบทางเคมี	ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)								
	C0	C18	C20	C22	C24	C26	C28	C30	C32
CaO	62.25	61.18	62.04	59.44	62.29	59.29	60.47	63.18	62.24
SiO2	22.35	21.58	20.26	23.48	22.12	23.35	22.54	20.06	20.39
Fe2O3	5.44	6.48	6.29	6.10	5.39	5.41	6.69	5.21	6.50
Al2O3	3.78	4.46	4.74	4.40	3.32	4.70	4.16	4.53	4.43
MgO	3.73	3.77	3.96	3.66	3.78	4.69	3.80	4.27	3.88
K2O	0.50	0.57	0.64	0.55	0.64	0.63	0.57	0.66	0.59
TiO2	0.30	0.19	0.25	0.26	0.24	0.26	0.28	0.29	0.26
Na2O	0.20	0.21	0.19	0.22	0.20	0.18	0.19	0.18	0.19
P2O5	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
SO3	0.05	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08
ZnO	68.292 มก./กก.	190.772 มก./กก.	198.583 มก./กก.	216.734 มก./กก.	227.619 มก./กก.	230.052 มก./กก.	356.516 มก./กก.	353.197 มก./กก.	388.26 มก./กก.
CuO	39.418 มก./กก.	76.292 มก./กก.	75.238 มก./กก.	93.410 มก./กก.	131.174 มก./กก.	118.537 มก./กก.	129.942 มก./กก.	190.421 มก./กก.	229.45 มก./กก.
MnO	31.632 มก./กก.	55.443 มก./กก.	73.923 มก./กก.	68.518 มก./กก.	81.421 มก./กก.	97.937 มก./กก.	115.052 มก./กก.	120.681 มก./กก.	129.829มก./กก.
SrO	27.068 มก./กก.	56.765 มก./กก.	71.182 มก./กก.	69.088 มก./กก.	68.216 มก./กก.	75.485 มก./กก.	73.689 มก./กก.	76.485 มก./กก.	75.212 มก./กก.
MoO3	25.780 มก./กก.	39.476 มก./กก.	42.518 มก./กก.	55.472 มก./กก.	58.061 มก./กก.	48.612 มก./กก.	70.361 มก./กก.	58.356 มก./กก.	67.441 มก./กก.
PbO	18.678 มก./กก.	26.117 มก./กก.	37.984 มก./กก.	45.404 มก./กก.	56.277 มก./กก.	39.921 มก./กก.	47.842 มก./กก.	62.553 มก./กก.	58.417 มก./กก.
LOI	0.892	0.986	1.042	1.291	1.524	0.963	0.749	1.138	1.011
Total(ร้อยละ)	99.583	99.633	99.614	99.629	99.702	99.681	99.693	99.758	99.732

ภาคผนวก ง

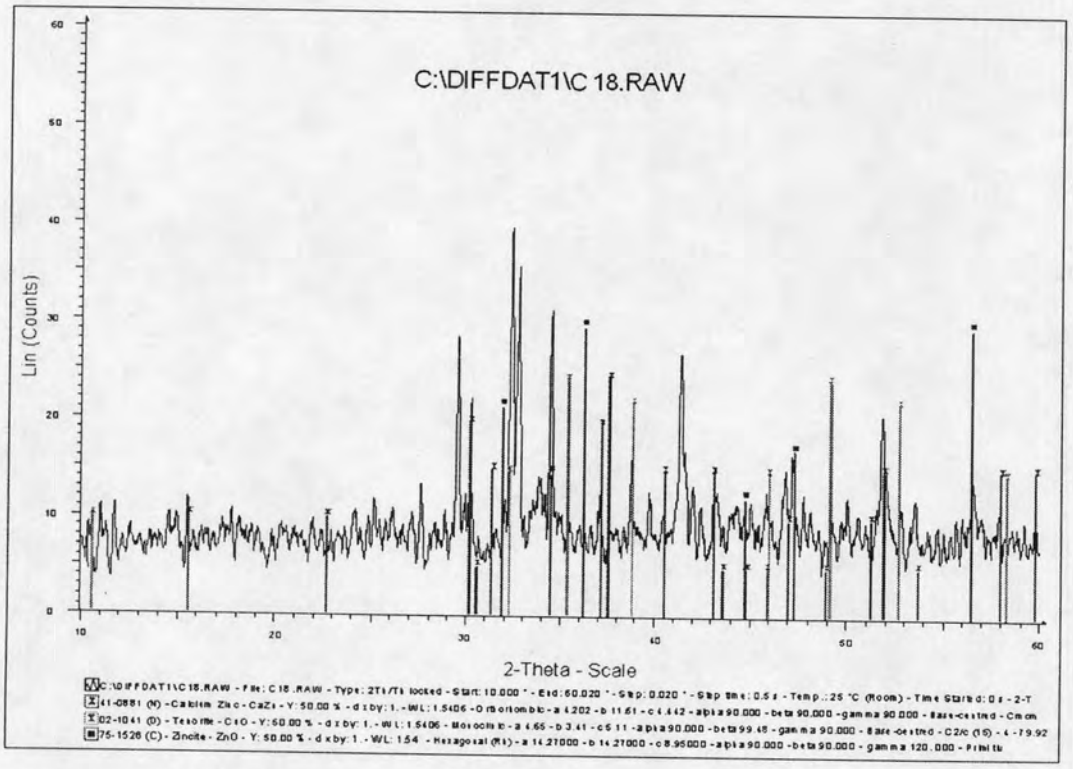
ผลการศึกษาสถานภาพของโลหะหนักในปูนเม็ด โดย XRD



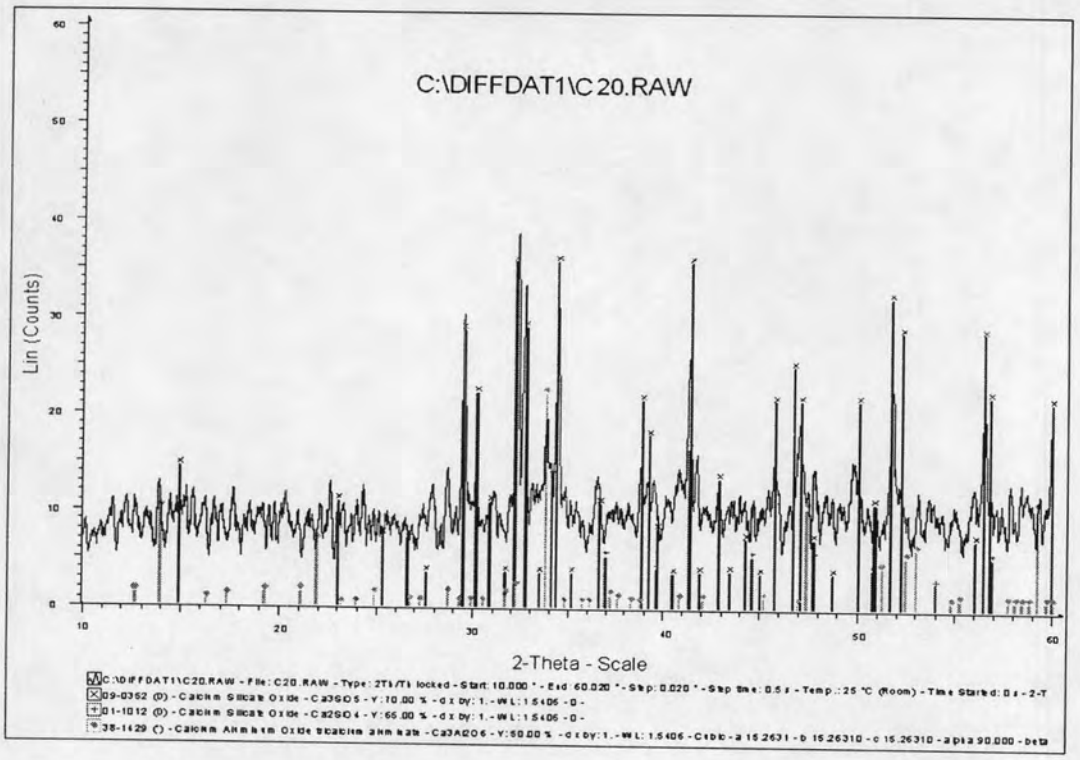
รูปที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C0



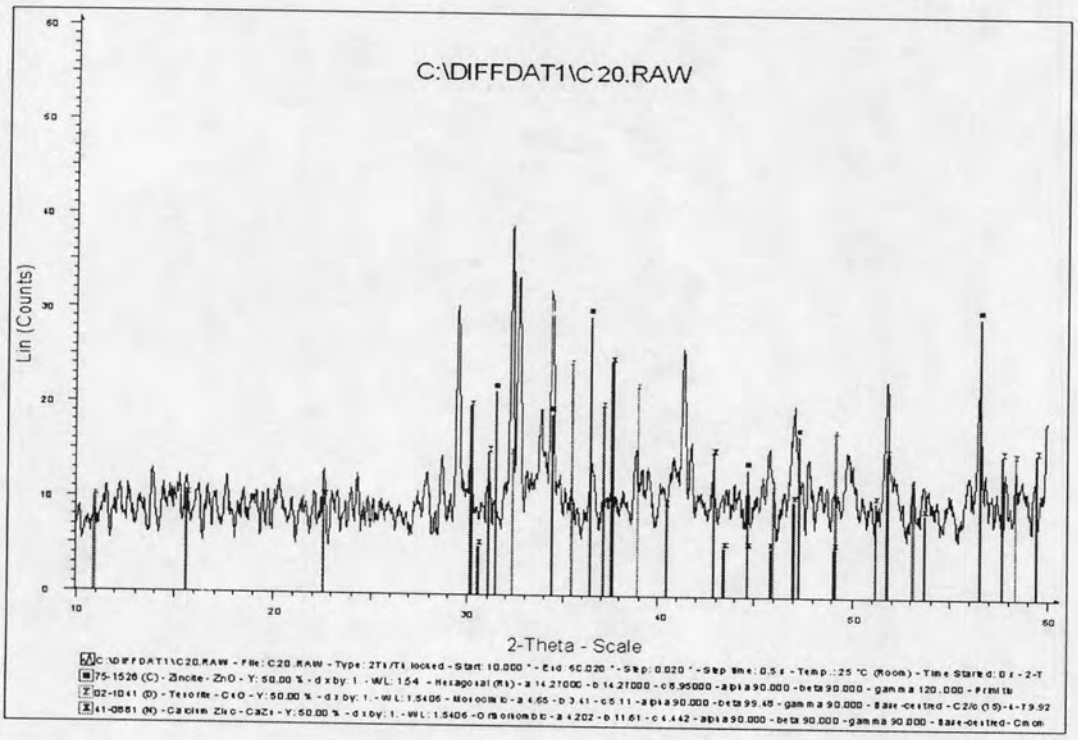
รูปที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C18



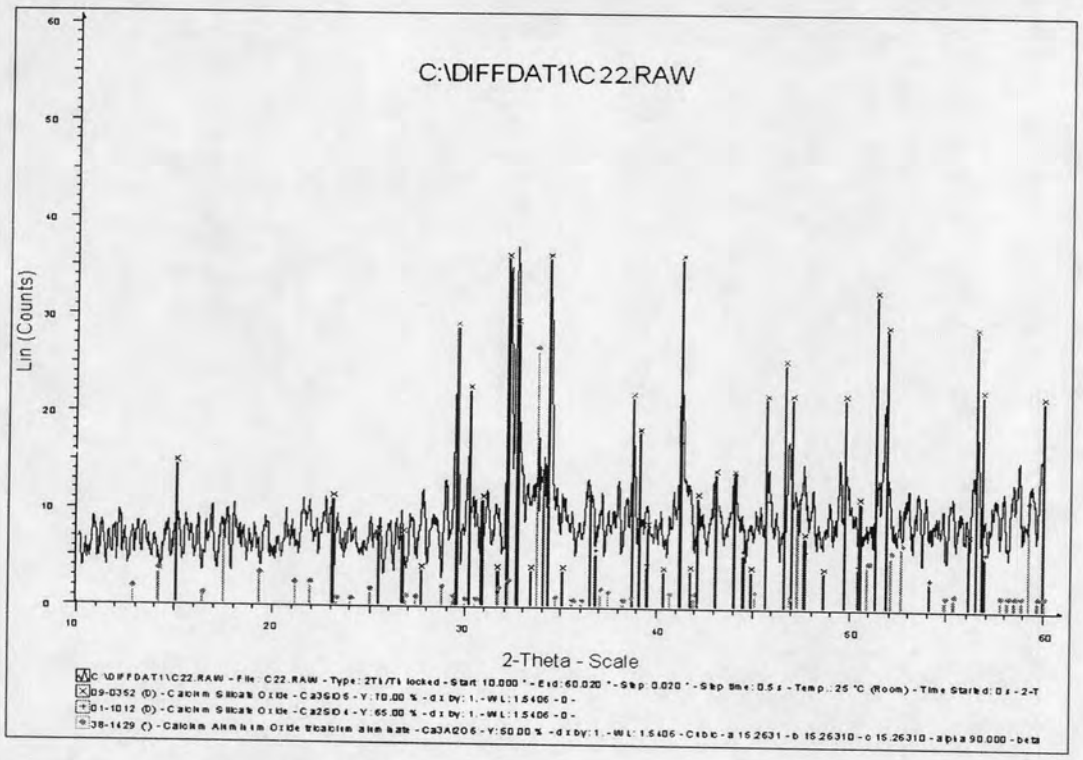
รูปที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C18



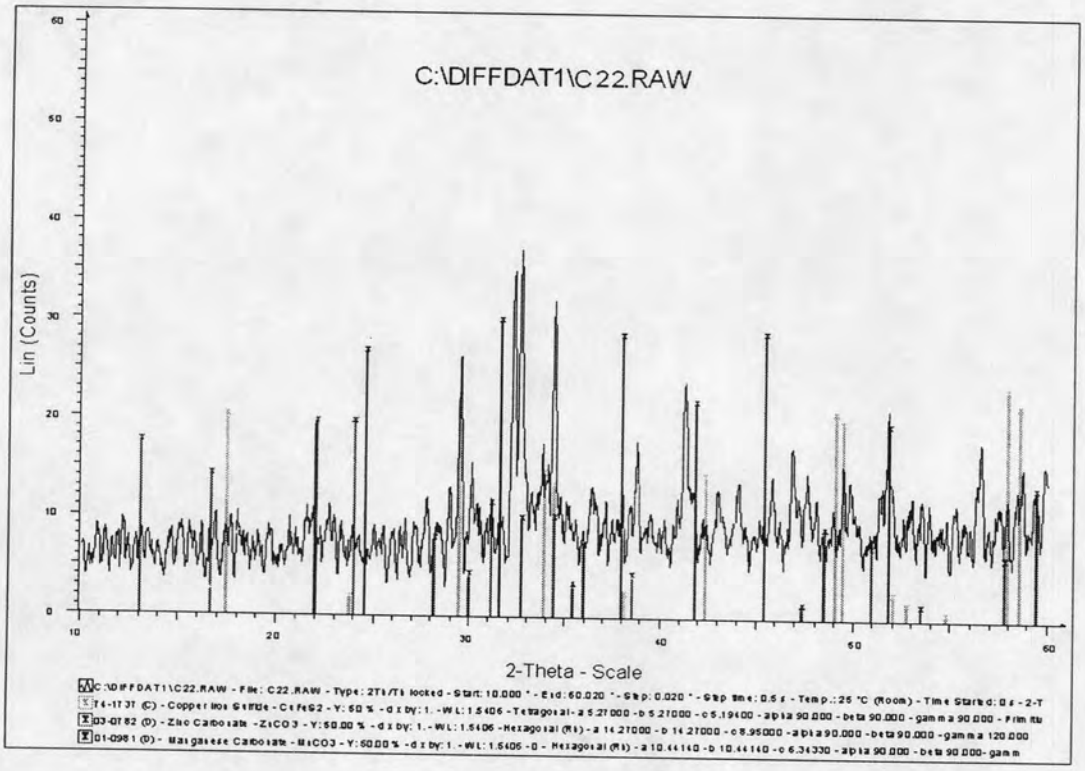
รูปที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C20



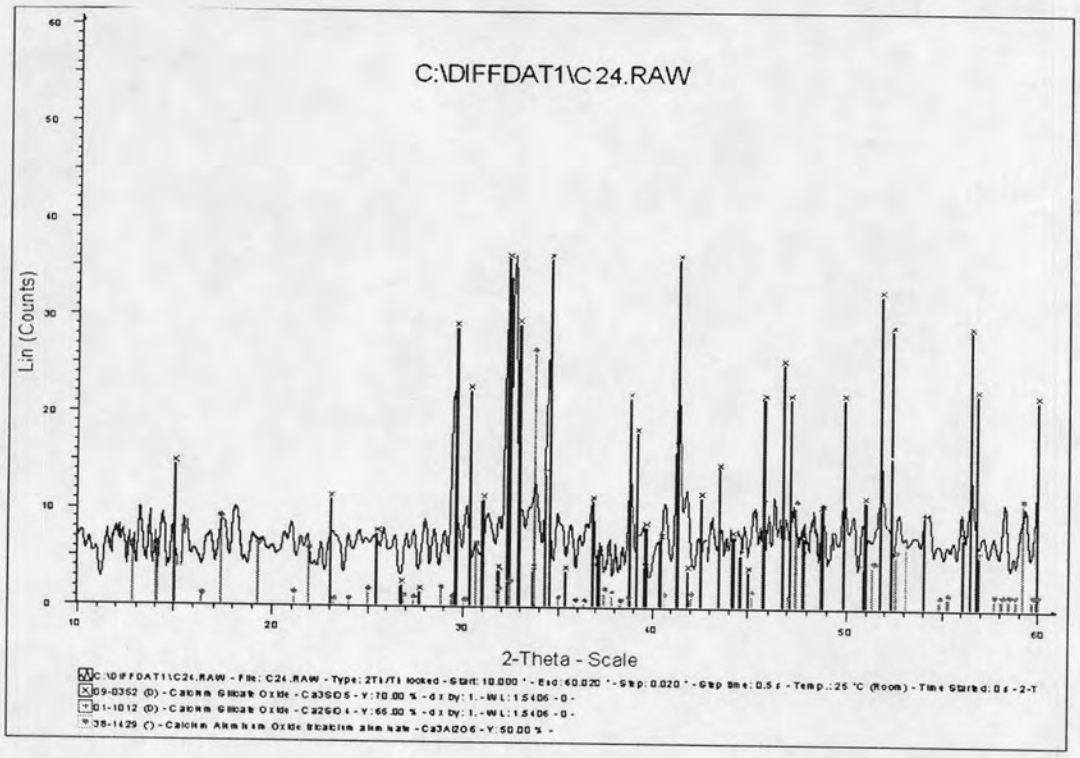
รูปที่ ง.5 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C20



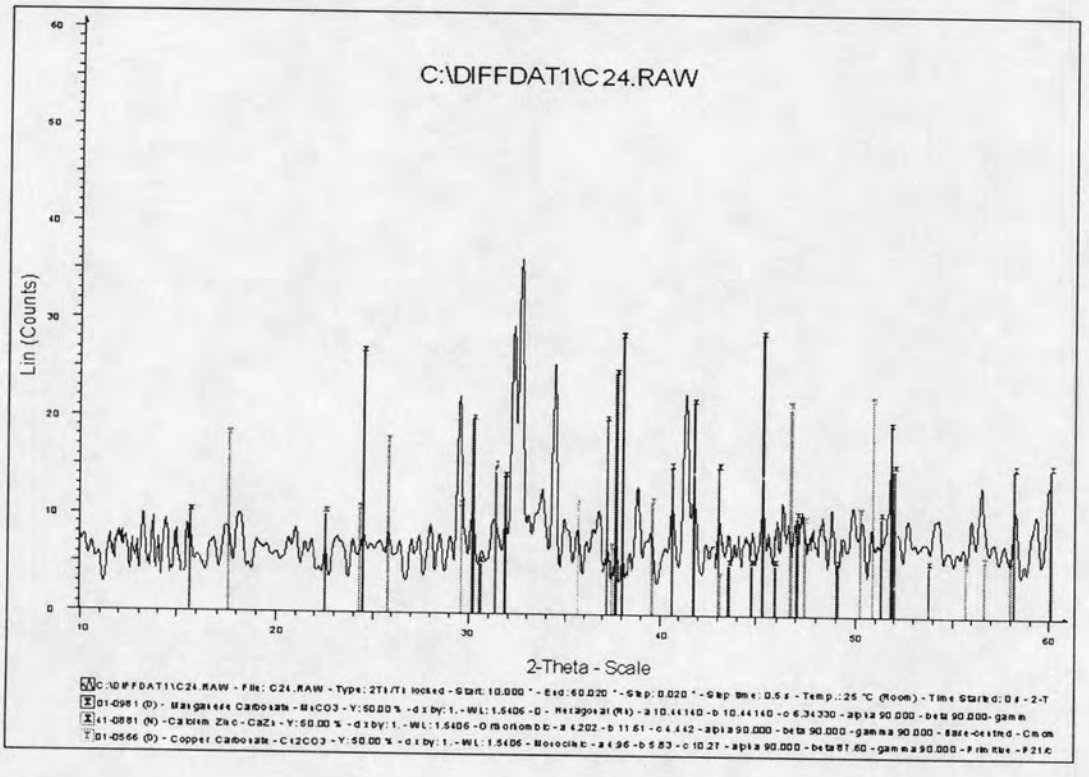
รูปที่ ง.6 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C22



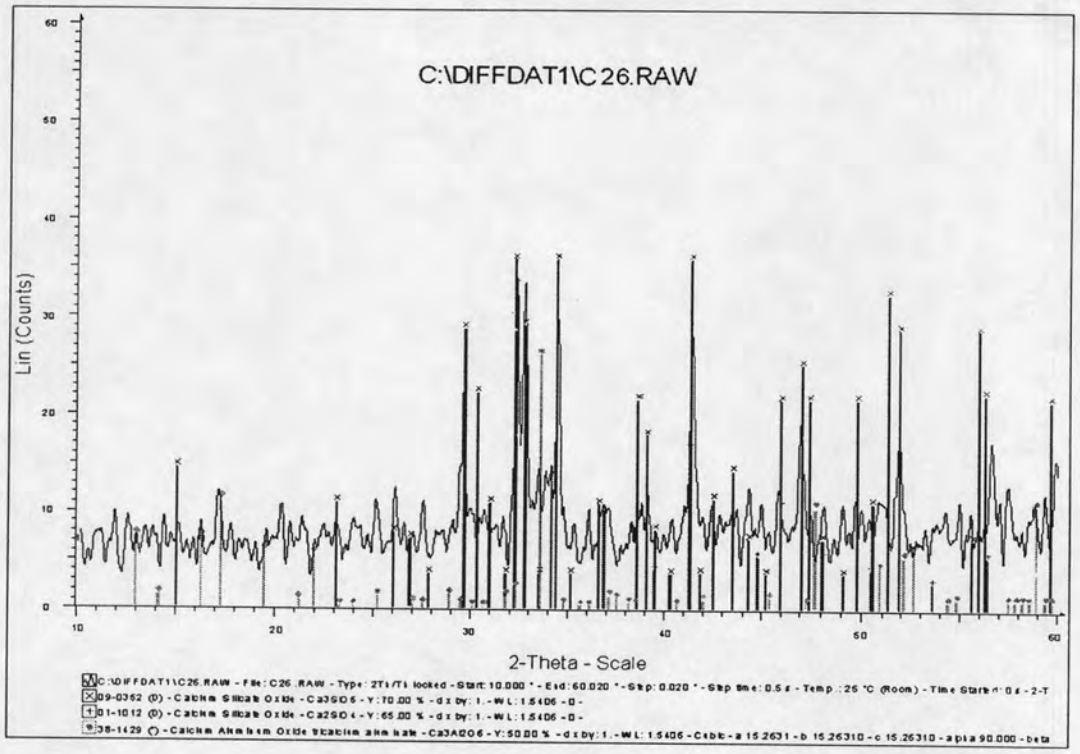
รูปที่ ง.7 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C22



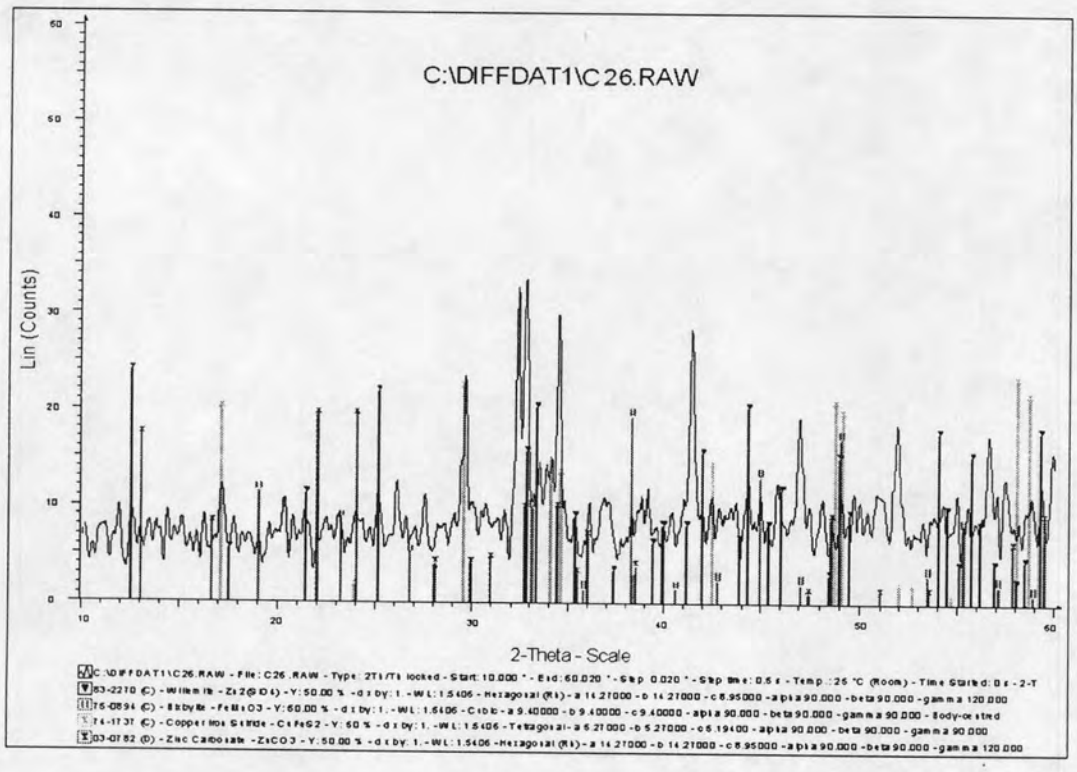
รูปที่ ง.8 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C24



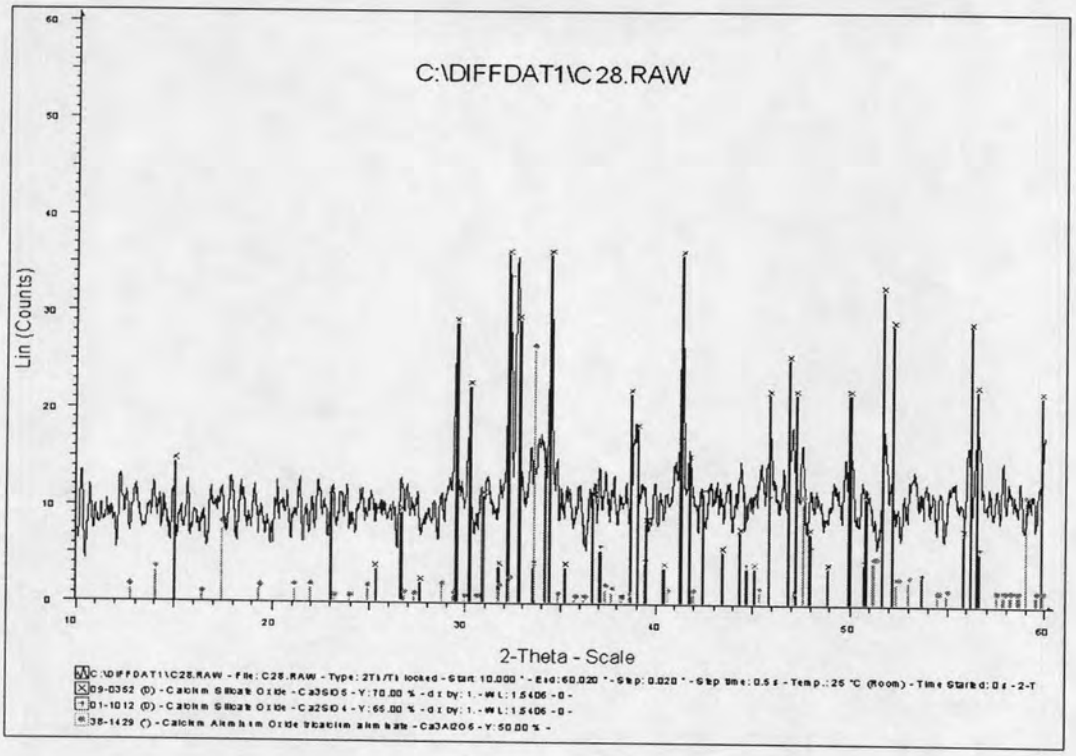
รูปที่ ง.9 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C24



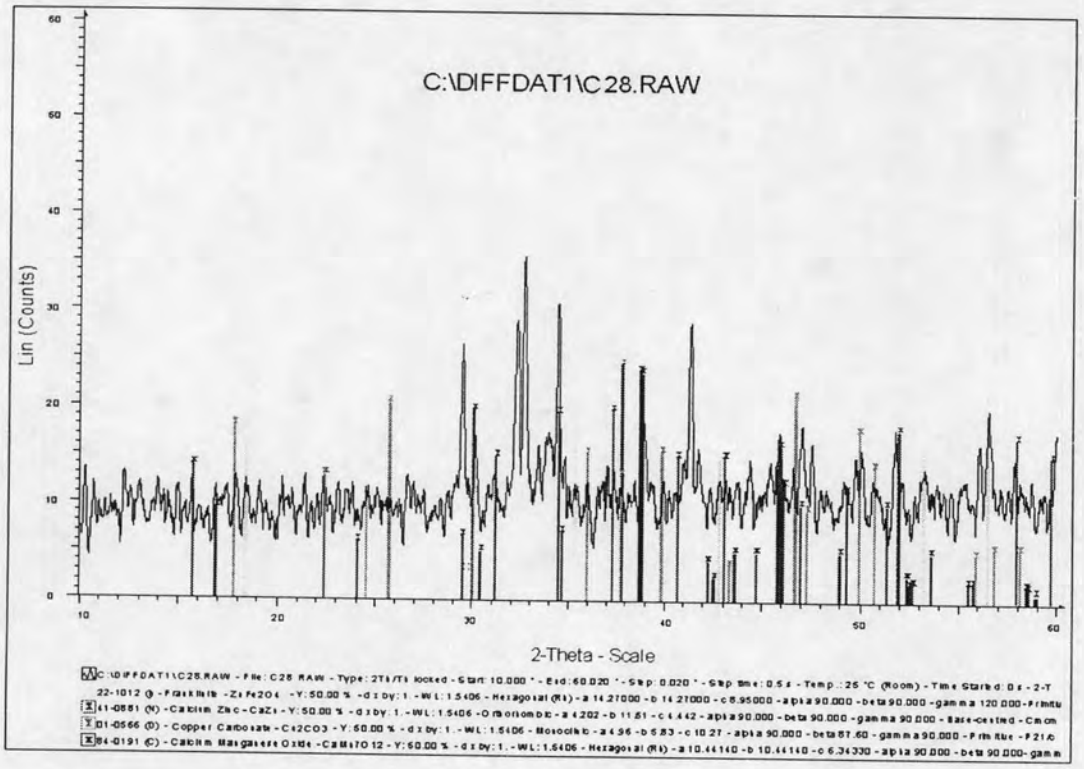
รูปที่ ง.10 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C26



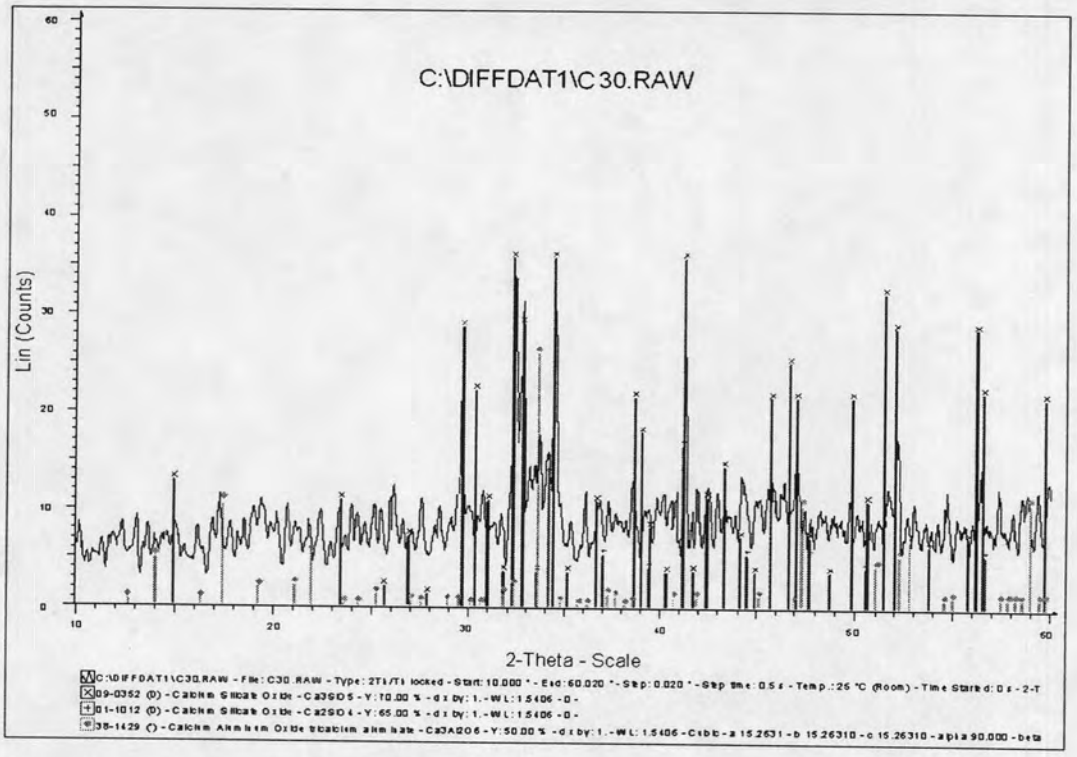
รูปที่ ง.11 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C26



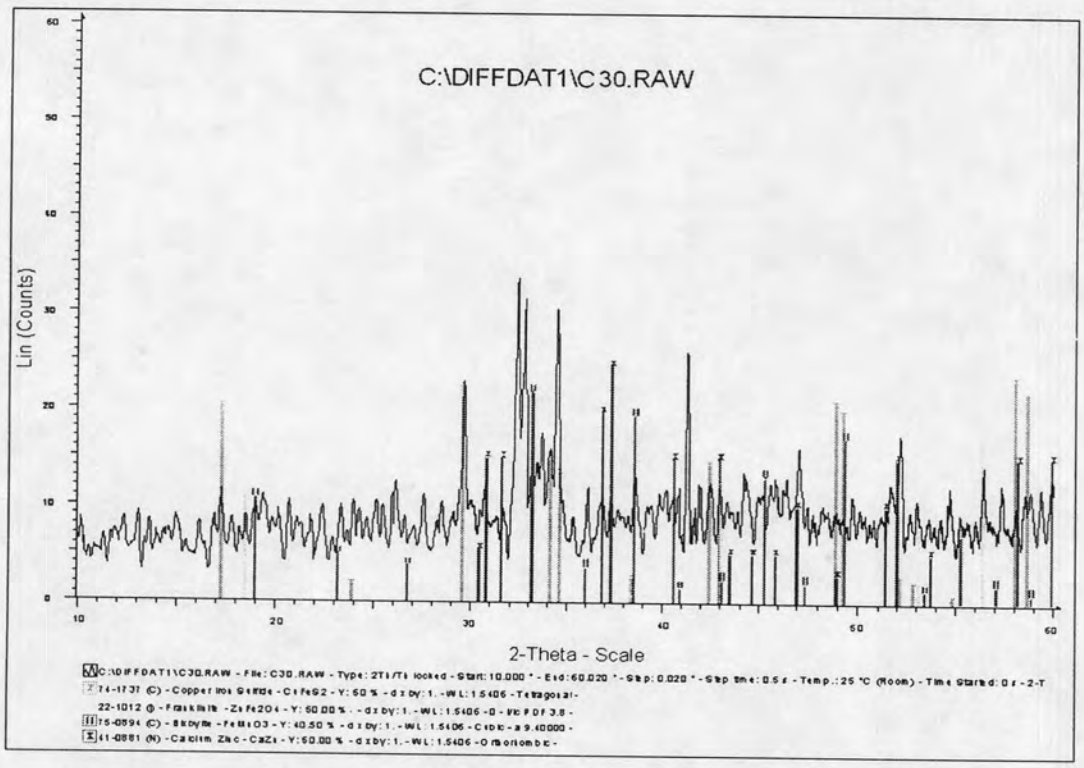
รูปที่ ง.12 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C28



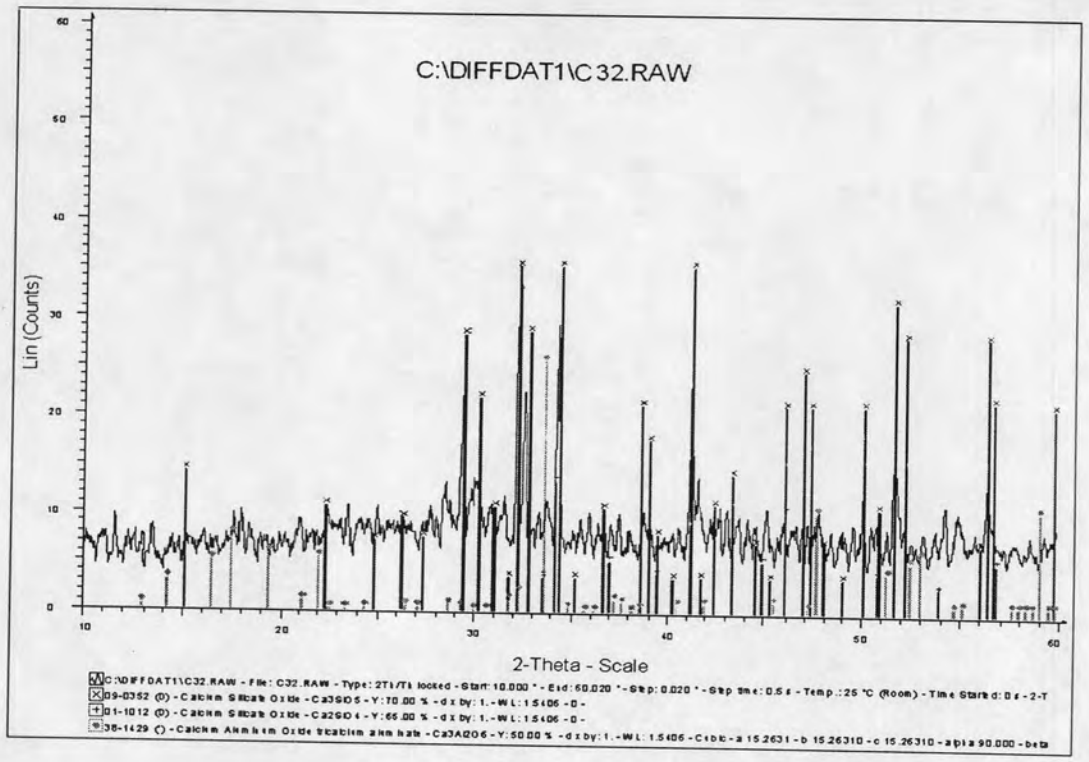
รูปที่ ง.13 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C28



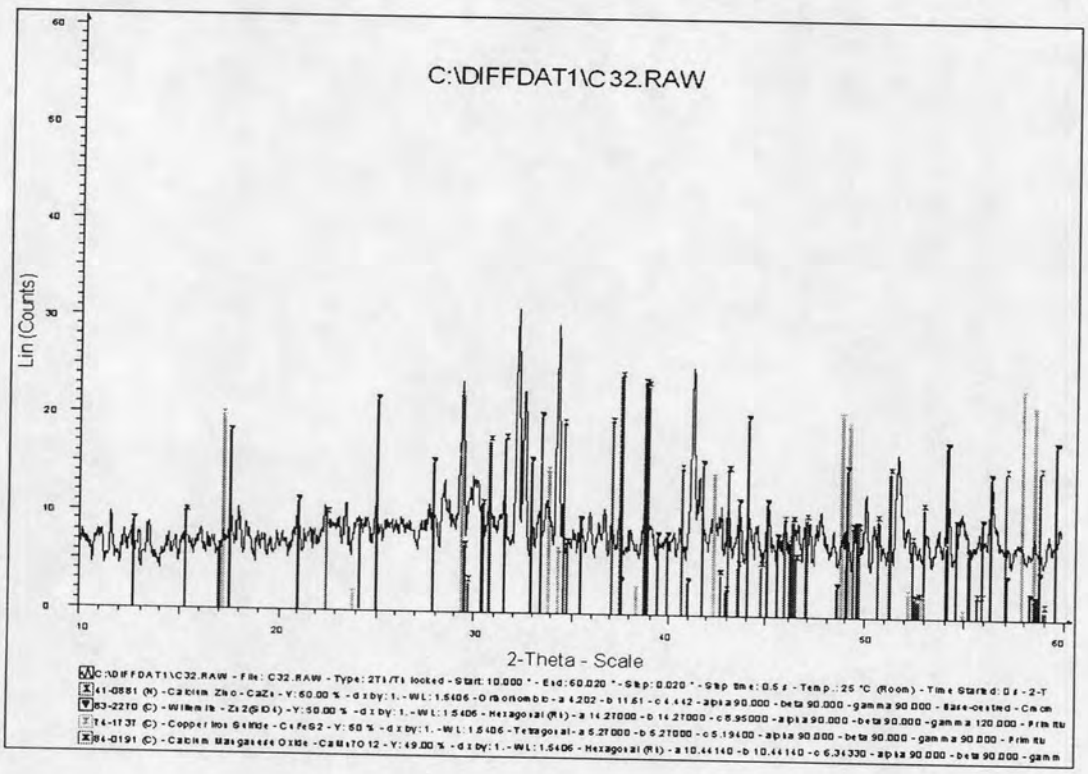
รูปที่ ง.14 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C30



รูปที่ ง.15 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C30



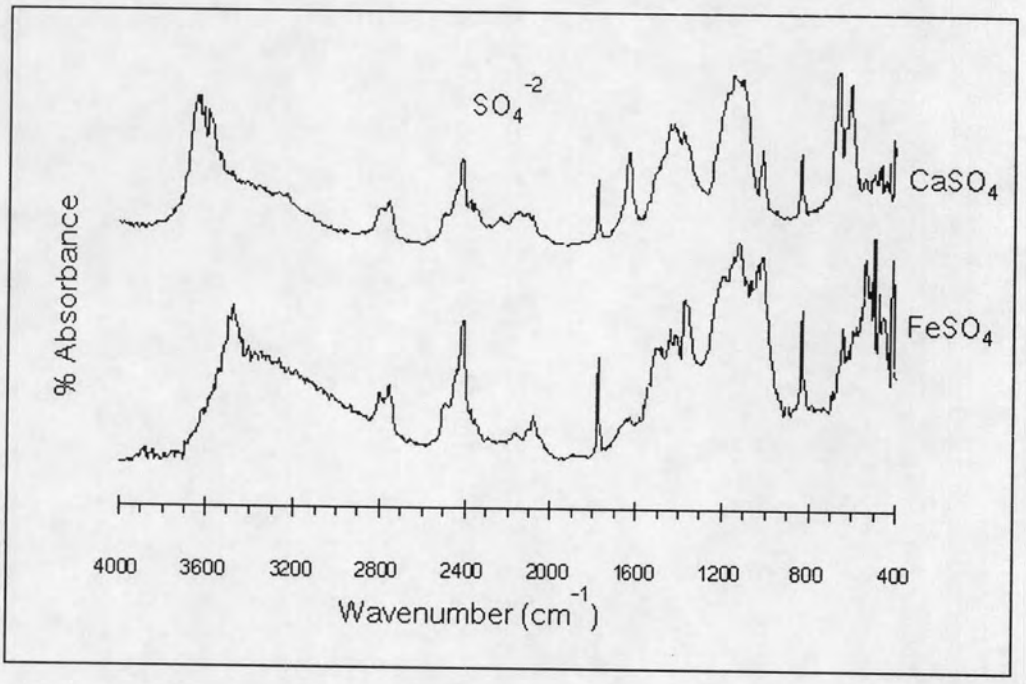
รูปที่ ง.16 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบหลักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C32



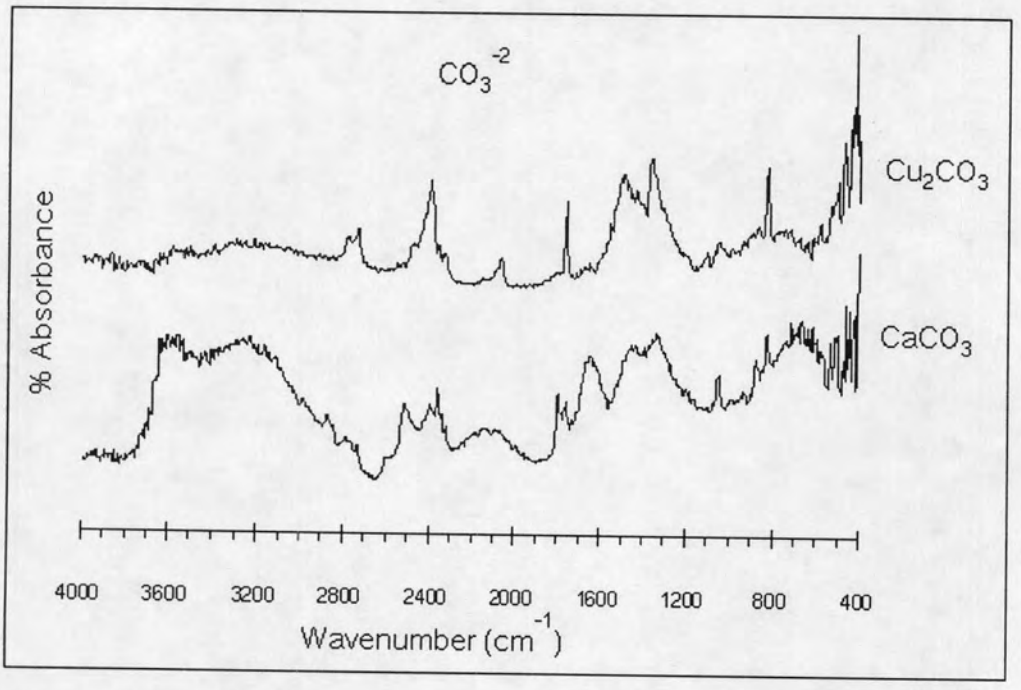
รูปที่ ง.17 ผลการวิเคราะห์ด้วย XRD แสดงสารประกอบโลหะหนักในปูนเม็ด ตัวอย่าง C32

ภาคผนวก จ

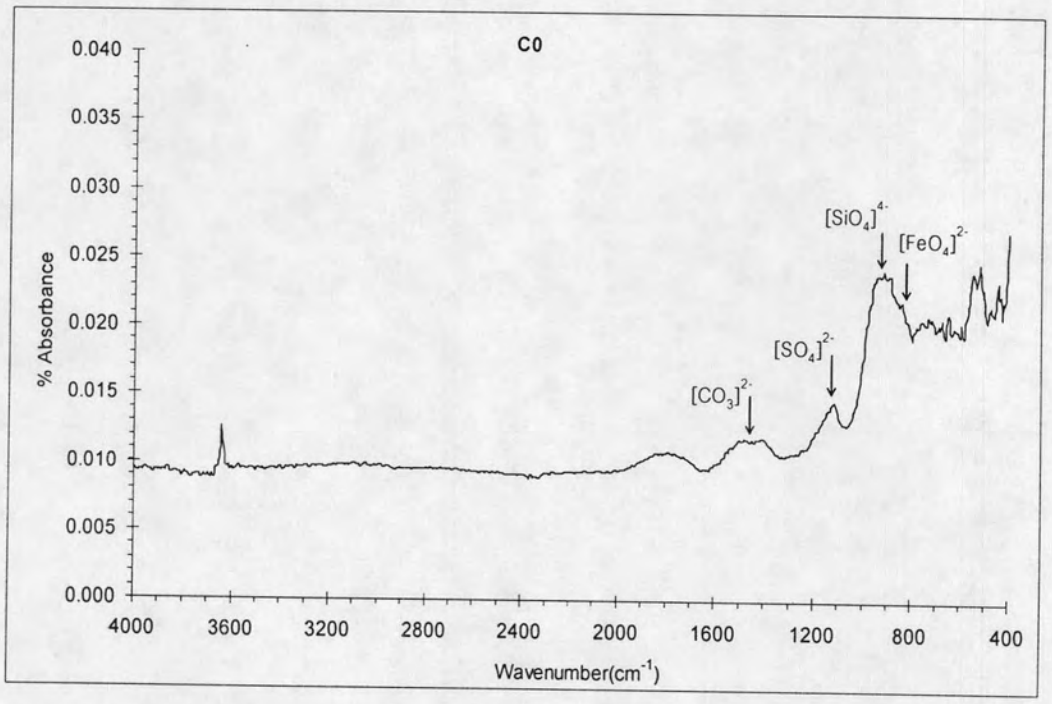
ผลการศึกษาพันธะของสารประกอบ (Functional Group) ด้วยเครื่อง FTIR



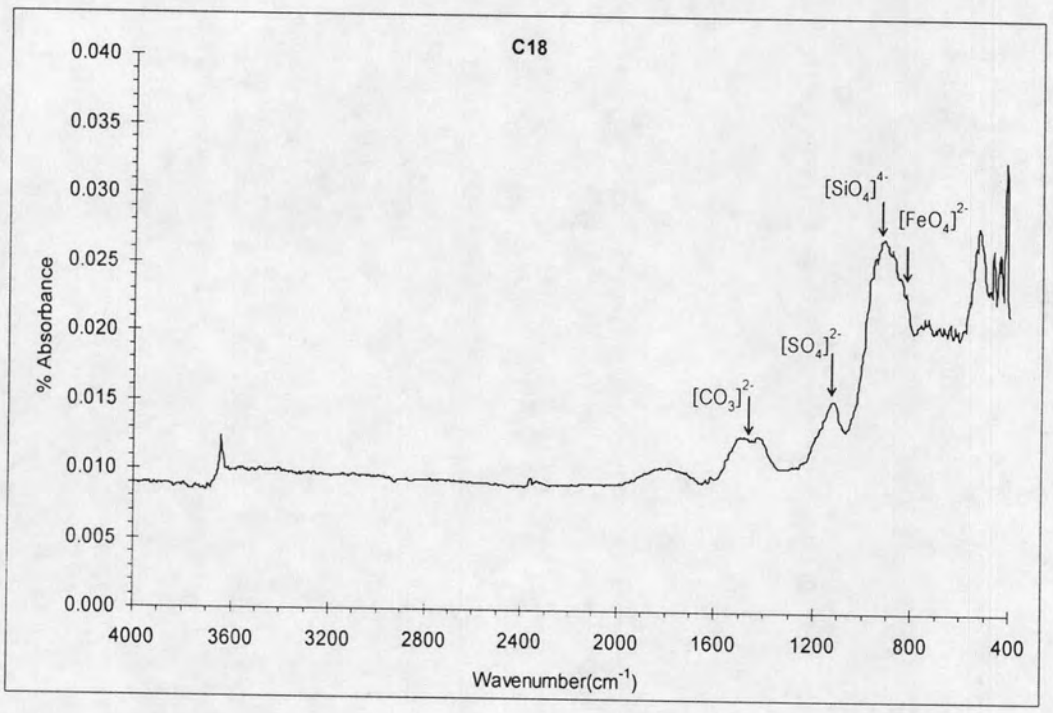
รูปที่ จ.1 ผลการนำ $CaSO_4$ และ $FeSO_4$ มาวิเคราะห์พันธะซัลเฟต (SO_4^{2-})



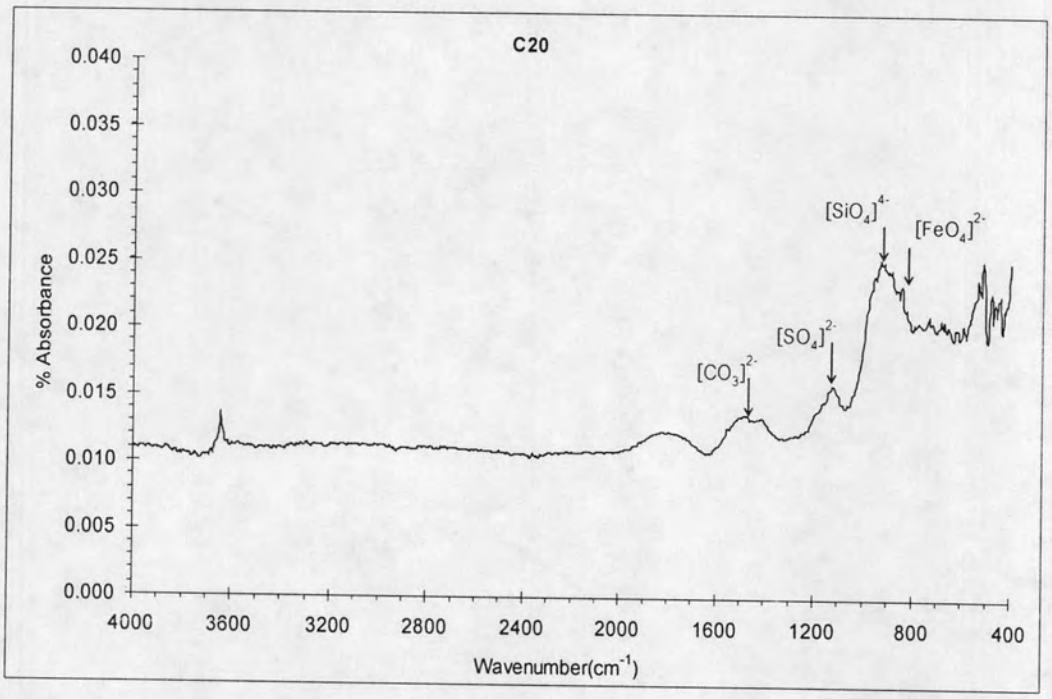
รูปที่ จ.2 ผลการนำ $CuCO_3$ และ $CaCO_3$ มาวิเคราะห์พันธะคาร์บอเนต (CO_3^{2-})



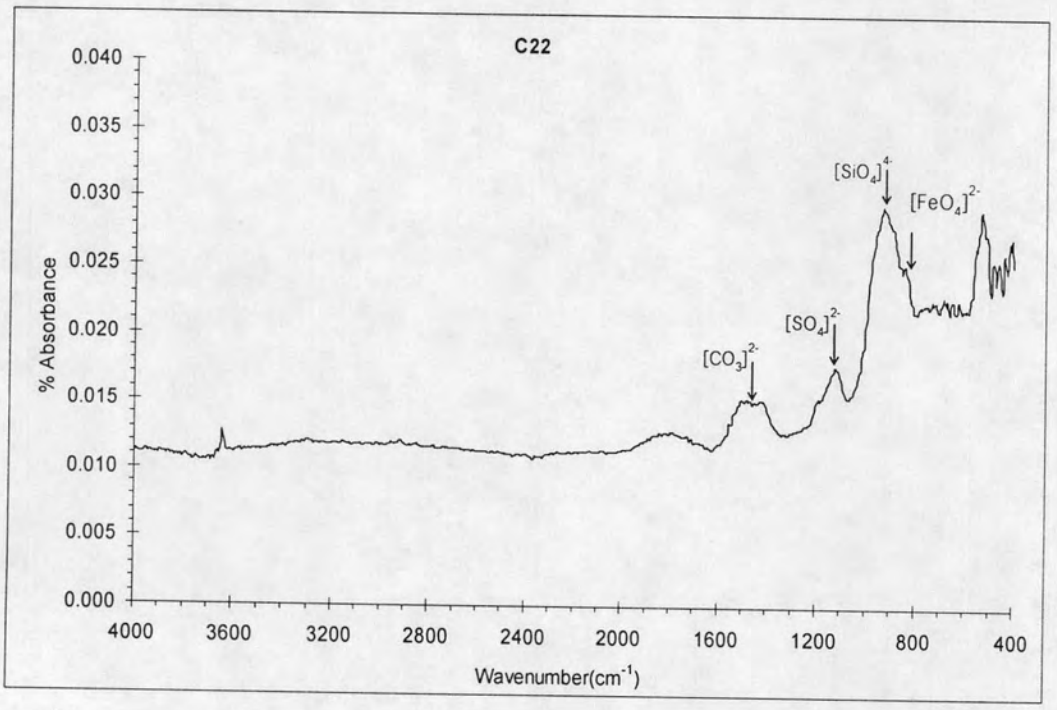
รูปที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C0



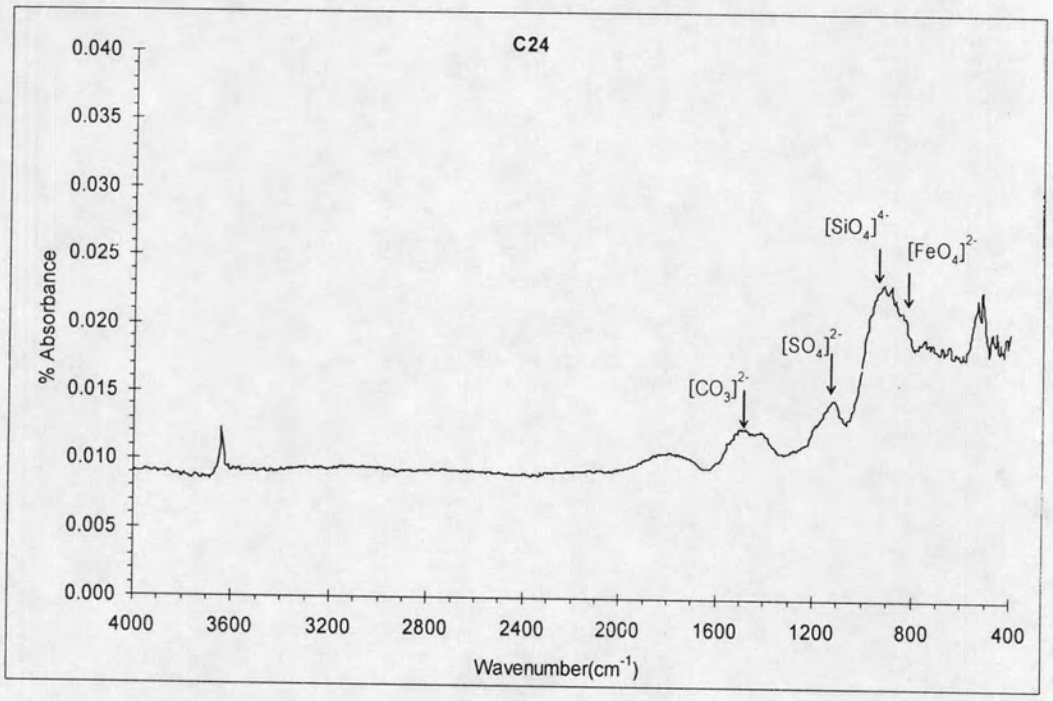
รูปที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C18



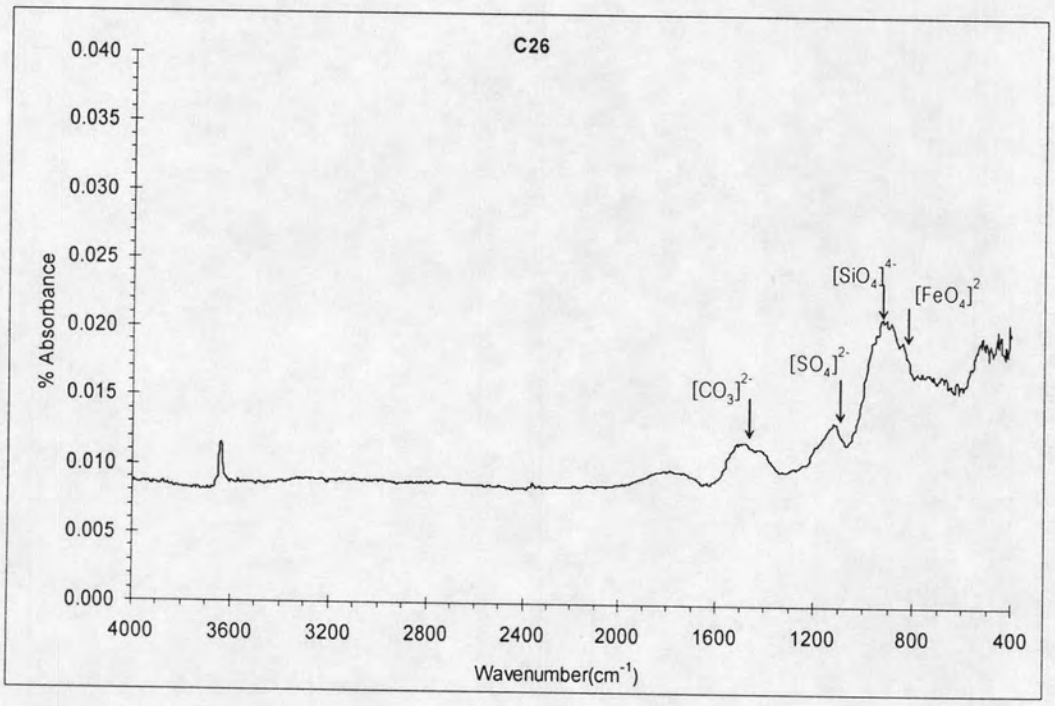
รูปที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C20



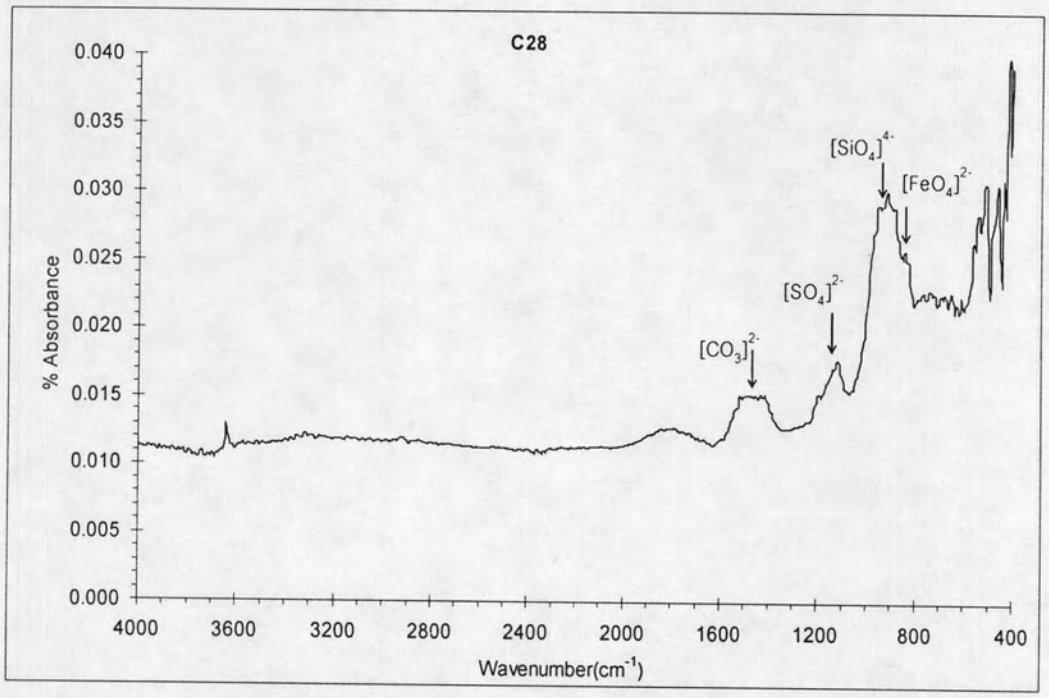
รูปที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C22



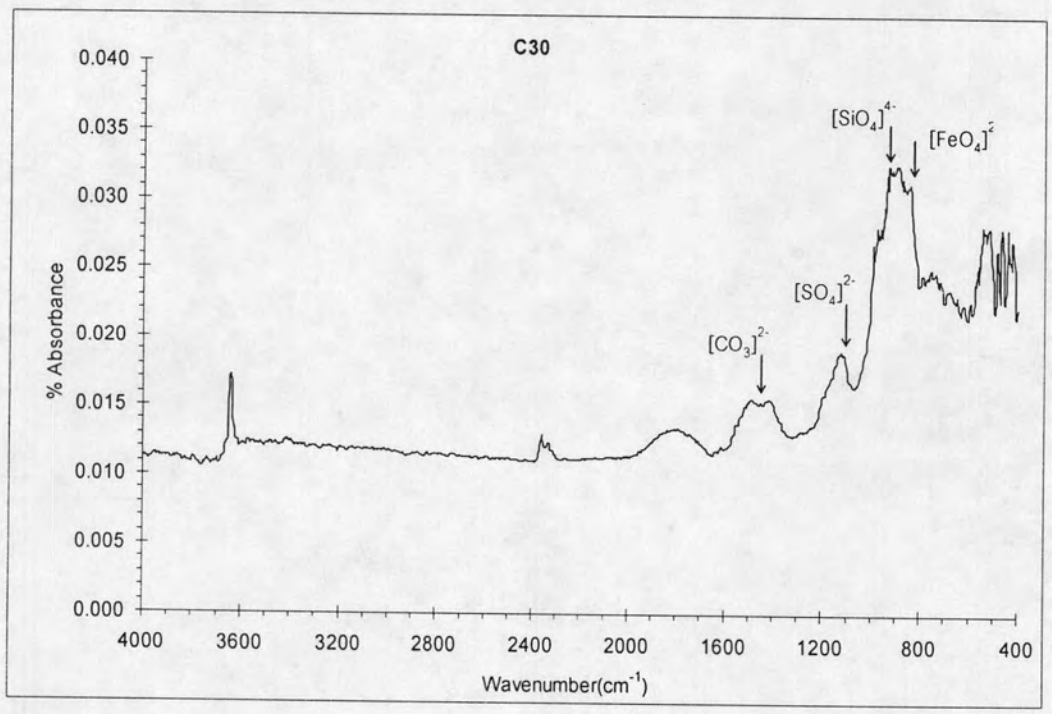
รูปที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C24



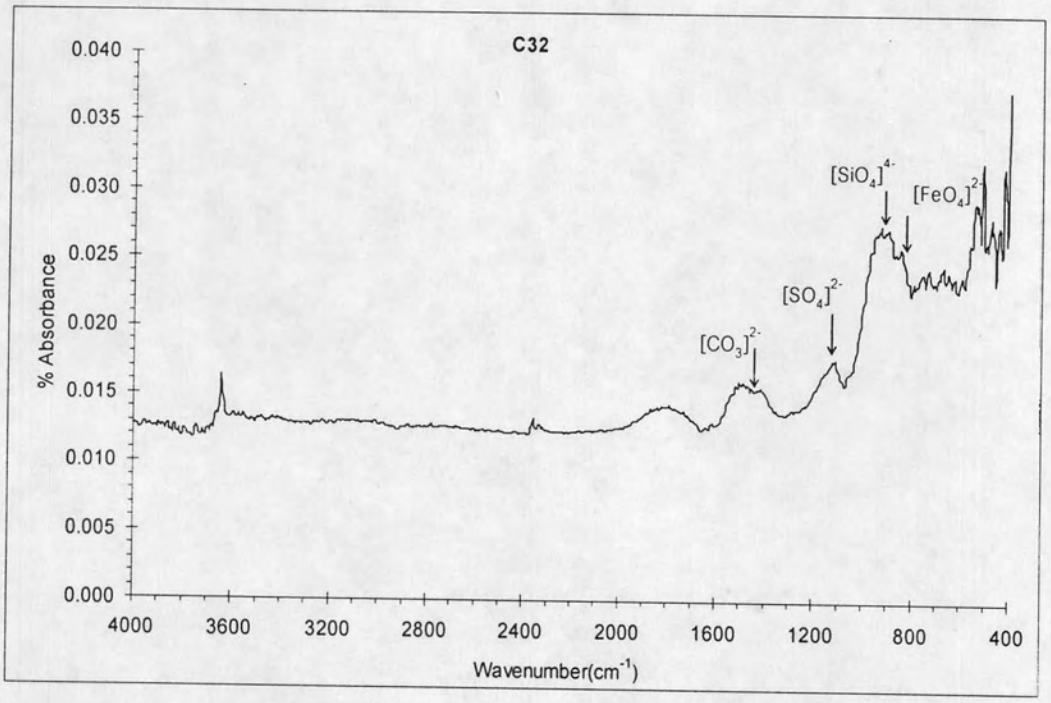
รูปที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C26



รูปที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C28



รูปที่ จ.10 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C30



รูปที่ จ.11 ผลการวิเคราะห์รูปแบบพันธะของสารประกอบ ในตัวอย่างปูนเม็ด C32

ภาคผนวก ฉ

ผลการศึกษาชนิดสารประกอบโลหะหนัก โดยวิธีการสกัดแยก (Sequential Extraction)

ตารางที่ ฉ.1 ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก

อัตราส่วน	ขั้นที่	ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก											
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Ba	Co	Mn	Sr
C0	F1	0.139	Nd	0.075	0.043	1.037	0.051	1.147	0.021	0.186	0.095	0.027	0.072
	F2	0.414	Nd	0.092	2.735	0.879	1.047	0.494	3.155	0.307	0.439	1.019	0.137
	F3	12.235	Nd	11.290	11.275	9.688	13.734	10.022	12.180	7.913	15.635	11.045	8.344
	F4	6.013	Nd	4.134	2.456	3.617	6.437	3.928	7.135	6.772	2.804	5.682	5.326
	F5	81.199	Nd	84.410	83.490	84.780	78.731	84.409	77.509	84.822	81.028	82.228	86.122
C18	F1	0.155	Nd	0.149	0.032	1.626	0.038	1.925	0.026	0.215	0.197	0.165	0.084
	F2	0.589	Nd	0.360	2.977	0.356	1.252	0.292	4.373	0.473	0.362	1.775	0.335
	F3	17.497	Nd	12.563	14.068	9.313	18.595	9.261	12.465	8.020	16.190	13.857	10.277
	F4	5.303	Nd	4.718	2.716	3.050	4.189	3.196	6.028	7.146	3.149	4.829	4.789
	F5	76.456	Nd	82.210	80.207	85.656	75.925	85.327	77.108	84.145	80.102	79.374	84.515
C20	F1	0.237	Nd	0.097	0.077	2.613	0.024	2.165	0.049	0.354	0.368	0.202	0.077
	F2	0.517	Nd	0.181	3.419	0.493	1.190	0.748	5.205	0.426	0.661	1.181	0.429
	F3	15.235	Nd	16.528	13.423	10.312	20.018	8.698	14.091	8.887	15.185	13.887	8.226
	F4	4.586	Nd	4.696	2.516	3.346	5.189	5.664	5.739	5.178	3.359	5.827	6.165
	F5	79.425	Nd	78.498	80.566	83.236	73.579	82.724	74.916	85.156	80.428	78.903	85.103

Nd= Not detected

Hg, Tl, Ag, Ga and Se Not detected

ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ) ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก

อัตราส่วน	ขั้นที่	ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก											
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Ba	Co	Mn	Sr
C22	F1	0.136	Nd	0.191	0.093	2.128	0.048	2.910	0.042	0.126	0.496	0.363	0.086
	F2	0.346	Nd	0.487	2.531	0.493	1.865	0.500	2.199	0.605	0.825	1.450	0.330
	F3	18.218	Nd	12.721	14.015	11.032	20.284	11.248	14.620	9.511	18.792	15.622	10.164
	F4	6.564	Nd	6.749	2.717	4.211	3.855	5.716	7.814	5.543	2.164	6.463	6.744
	F5	74.737	Nd	79.851	80.645	82.136	73.947	79.626	75.325	84.214	77.723	76.102	82.676
C24	F1	0.348	Nd	0.289	0.051	2.357	0.029	2.642	0.058	0.594	0.533	0.215	0.108
	F2	0.451	Nd	0.454	4.531	0.346	1.684	0.748	5.183	1.261	0.834	1.535	0.979
	F3	19.036	Nd	15.721	16.015	9.475	19.570	12.698	15.019	8.511	17.185	17.857	9.984
	F4	5.441	Nd	6.007	2.971	3.120	7.736	5.399	6.268	6.347	4.291	2.829	5.323
	F5	74.724	Nd	77.528	76.432	84.701	70.982	78.512	73.472	83.287	77.157	77.565	83.605
C26	F1	0.418	0.519	0.359	0.103	2.047	0.048	3.037	0.162	0.487	0.657	0.254	0.411
	F2	0.612	0.397	0.575	3.591	0.420	1.965	0.239	2.272	1.180	0.840	2.017	0.462
	F3	19.183	2.554	18.193	13.884	12.634	20.847	16.776	16.694	10.042	17.781	16.255	11.915
	F4	7.664	1.884	7.190	3.087	2.937	5.549	5.902	8.744	9.268	3.754	5.648	7.079
	F5	72.123	94.646	73.684	79.335	81.962	71.590	74.046	72.128	79.023	76.967	75.826	80.132

Nd= Not detected

Hg, Tl, Ag, Ga and Se Not detected

ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ) ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก

อัตราส่วน	ขั้นที่	ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่าง ๆ ของปูนเม็ด โดยวิธีสกัดแยก											
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Ba	Co	Mn	Sr
C28	F1	0.134	Nd	0.488	0.168	3.001	0.032	2.589	0.124	0.308	0.513	0.107	0.712
	F2	0.251	Nd	0.709	4.411	0.247	2.304	0.239	5.469	1.297	0.795	2.070	1.027
	F3	21.034	Nd	15.425	14.820	10.234	19.130	17.873	13.819	9.518	18.496	18.471	13.319
	F4	4.672	Nd	7.012	3.144	5.714	7.846	6.981	7.640	6.806	4.688	5.234	6.214
	F5	73.909	Nd	76.366	77.457	80.803	70.687	72.318	72.948	82.071	75.507	74.118	78.728
C30	F1	0.309	Nd	0.466	0.048	3.176	0.054	2.448	0.034	0.750	0.319	0.165	0.378
	F2	0.315	Nd	0.572	3.568	0.874	2.510	0.743	3.048	1.914	0.650	1.775	0.970
	F3	17.457	Nd	19.075	16.856	8.235	20.217	12.784	15.694	10.394	20.334	18.254	15.756
	F4	7.360	Nd	6.484	4.408	7.247	6.986	6.174	7.718	8.358	4.283	4.286	6.483
	F5	74.559	Nd	73.403	75.119	80.468	70.233	77.852	73.506	78.584	74.414	75.519	76.412
C32	F1	0.198	Nd	0.430	0.087	3.074	0.065	2.921	0.011	0.820	0.523	0.425	0.744
	F2	0.284	Nd	0.742	3.252	0.770	3.026	0.534	6.030	1.139	0.781	2.090	0.844
	F3	21.269	Nd	18.059	17.411	11.431	21.212	13.317	17.126	12.258	18.778	19.537	12.543
	F4	5.796	Nd	7.379	3.987	5.302	5.146	9.745	5.120	8.586	4.482	4.459	8.588
	F5	72.453	Nd	73.390	75.262	79.422	70.551	73.483	71.713	77.198	75.436	73.488	77.281

Nd= Not detected

Hg, Tl, Ag, Ga and Se Not detected

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปวันรัตน์ สัมมะสุต เกิดเมื่อวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2546