

Thesis Title	Determination of PM10-Bound Metals from Biomass Burning by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy	
Author	Mr. Jatuporn Chaichana	
Degree	Master of Science (Chemistry)	
Thesis Advisory Committee	Asst. Prof. Dr.Somporn Chantara	Advisor
	Dr. Urai Tengjaroenkul	Co-advisor

ABSTRACT

The purposes of this study were to examine PM10-bound elements emitted from the burning of different biomass types in order to evaluate any emission factors, as well as the emission rates of the PM10 particles and their elemental composition.

Ambient PM10 samples were collected during the dry season (51 samples) and during the rainy season (6 samples) in the year 2010 from the roof of a nine-storey building, SCB1, Faculty of Science, Chiang Mai University. Samples were collected onto quartz fiber filters using the Minivol air sampler at a flow rate of 5 L/min over 24 hrs. PM10 concentrations in the dry season ranged from 73.8 to 249.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, while those in the rainy season were 12.0 to 32.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The quality control evaluation of the optimized extraction conditions was done using the standard reference material (SRM) urban dust (NIST 1649a) and clay soil (RTC 051). The SRMs were extracted

with 12 mL of aqua regia in the block digester at a temperature of 95°C over 2 hrs without allowing the mixture to boil, and the SRMs were analyzed by ICP-OES. Positive recoveries (85 to 109%) of almost all elements (Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Pb, Sb and Zn) were obtained for SRM urban dust and positive recoveries (86 to 109%) of almost all elements (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V and Zn) were obtained for SRM clay soil. The detection limits of the ICP-OES ranged from 0.007 to 0.053 µg/mL for all elements, except for K (0.112 µg/mL) and Na (0.303 µg/mL). The major elemental constituents of PM₁₀ from ambient air samples were Ca (5.1 µg/m³) and K (1.6 µg/m³). Ten biomass samples (plain rice straw, sticky rice straw, maize, corn and leaf litter) and ten surface soil samples were collected during the harvest season in Chiang Mai Province (Mae Rim, Doi Saket and Chiang Dao Districts). The major biomass compositions were C (36.60 to 48.62%), with slight amounts of H (5.03 to 6.05%) and N (0.05 to 1.98%). PM₁₀ concentrations emitted from the burning of biomass in the chamber ranged from 0.38 to 6.16 g/kg. Maize and corn emitted higher PM₁₀ concentrations than another samples. Average concentrations of elements extracted from PM₁₀ samples in descending order were K (8.96%) > Al (1.40%) > Ca (0.19%). Potassium was the major elemental composition found to be bound with PM₁₀ that was emitted from biomass burning; 14.7 to 21.5% for rice straw, 3.6 to 8.2% for maize and 0.2 to 0.4% for leaf litter. The aluminum mass content of the PM₁₀ was also relatively high with 0.9 to 2.2% for rice straw, 1.2 to 1.8% for maize and 0.9 to 1.0% for leaf litter. Concentrations of K and Al in PM₁₀ emitted from burning of agricultural biomass samples were higher than those in the leaf litter from forest areas. The use of chemical fertilizer in agricultural areas was considered a primary source of the K and Al that

was released into the environment. Based on Principle Component Analysis (PCA), PM10 concentrations in the ambient air were well correlated with PM10 levels that were emitted from the burning of leaf litter. Soil samples collected from the same areas of the selected biomass had pH levels ranging from 4.6 to 7.6 and contained 0.73 to 4.53% organic matter. Concentrations of As, Cr, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb and Zn in samples of agricultural soil were higher than those measured in samples of soil taken from the forest area, while Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Se and V contents were lower. Emission factors (EF) of PM10 emitted from the chamber experiment were 381 mg/kg for rice straw burning and 6,159 mg/kg for maize burning. Burning of maize presented relatively high EF for K (461 mg/kg), Al (70.6 mg/kg) and Cd (9.29 mg/kg), whereas leaf litter provided the highest EF for Ca (9.29 mg/kg) and Mg (0.77 mg/kg). According to the information obtained from questionnaires in the sampling areas and biomass burning experiments, the PM10 emission rate (ER) from the burning of rice, maize and leaf residues in the 3 sampling districts was 134.5 ton/yr. The ER of PM10 from leaf litter burning was 7.5 ton/yr, while those from rice straw and maize burning in agricultural areas were 22.4 and 104.6 ton/yr, respectively. Therefore, maize burning was determined to be the major PM10 emission source and accounted for 77% of the total biomass burning in the area. In addition, the PM10 emission from rice straw and forest burning accounted for 17% and 6%, respectively.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การหาปริมาณโลหะที่ตรึงในพีเอ็ม 10 จากการเผาชีวมวลโดย
อินดักทีฟลีคัพเฟิลเพลสมา-ออปติคอลอีมิสชันสเปกโทรสโกปี

ผู้เขียน นายจตุพร ชัยชนะ

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร จันทระ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
อาจารย์ ดร. อุไร เตังเจริญกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการหาปริมาณธาตุที่ตรึงในฝุ่นพีเอ็ม10 จากการเผาชีวมวลชนิด
ต่างๆ เพื่อประเมินปัจจัยการปล่อย และอัตราการปล่อยฝุ่นพีเอ็ม 10 รวมถึงองค์ประกอบของธาตุ
ชนิดต่างๆ ที่ตรึงในฝุ่น ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นพีเอ็ม10 จากอากาศในช่วงฤดูแล้ง (51 ตัวอย่าง) และ
ฤดูฝน (6 ตัวอย่าง) ในปี พ.ศ. 2553 บริเวณคาบฟ้า อาคาร 9 ชั้น (SCB1) คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ฝุ่นพีเอ็ม10 ถูกเก็บผ่านกระดวยกรองชนิดควอตซ์ของเครื่องเก็บอากาศแบบ
ปริมาตรต่ำ ที่อัตราการดูด 5 ลิตรต่อนาที โดยใช้เวลาในการเก็บ 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ ฝุ่นพี
เอ็ม10 ในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 73.8 ถึง 249.1 มก.ก./ลบ.ม. ส่วนในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 12.0 ถึง
32.3 มก.ก./ลบ.ม. การ ประเมินคุณภาพของวิธีวิเคราะห์ ได้ใช้สารมาตรฐานอ้างอิงของฝุ่นจากเขต
เมือง (NIST 1649a) และดิน (RTC 051) โดยทำการสกัด ในกรดผสมระหว่างกรดไน ตริก และกรด
ไฮโดรคลอริก ปริมาตร 12 มล . ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องย่อย

จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย เครื่องอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสติกอลูมิเนียมสเปกโทรมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่า การวิเคราะห์สารมาตรฐานอ้างอิงของฝุ่นจากเขตเมือง ได้ค่าการกลับคืนของ อลูมิเนียม อาร์ซีนิค แคลเซียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ตะกั่ว พลวง และสังกะสี อยู่ในช่วงร้อยละ 85 ถึง 109 ขณะที่สารมาตรฐานอ้างอิงของดิน ได้ค่าการกลับคืนของ อาร์ซีนิค แคลเซียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ตะกั่ว พลวง ซิลิเนียม วานาเดียม และสังกะสี อยู่ในช่วงร้อยละ 86 ถึง 109 สำหรับ จิตจำกัดการตรวจวัดของเครื่องมืออยู่ในช่วง 0.007 ถึง 0.053 มก.ก./มล. ยกเว้น โพแทสเซียม (0.112 มก.ก./มล.) และ โซเดียม (0.303 มก.ก./มล.) ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของฝุ่นพีเอ็ม₁₀ จากอากาศ คือ แคลเซียม (5.1 มก.ก./ลบ.ม.) และ โพแทสเซียม (1.6 มก.ก./ลบ.ม.) ทำการเก็บตัวอย่างชีวมวล และดินจาก 3 อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอแม่ริม อำเภอดอยสะเก็ด และอำเภอเชิงดาว ได้ตัวอย่างชีวมวล (ฟางข้าวข้าว ฟางข้าวเหนียว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และเศษใบไม้) จำนวน 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินอีก 10 ตัวอย่าง ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของชีวมวล คือ คาร์บอน (ร้อยละ 36.60 ถึง 48.62) ส่วนไฮโดรเจน (ร้อยละ 5.03 ถึง 6.05) และไนโตรเจน (ร้อยละ 0.05 ถึง 1.98) พบในปริมาณเพียงเล็กน้อย จากการเผาชีวมวล พบความเข้มข้นของฝุ่นพีเอ็ม₁₀ อยู่ใน ช่วง 0.38 ถึง 6.16 ก./กก.ชีวมวล โดยการเผาตัวอย่างข้าวโพดให้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นพีเอ็ม₁₀ มากกว่าตัวอย่างชีวมวลชนิดอื่นๆ ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุในตัวอย่างฝุ่นพีเอ็ม₁₀ เรียงลำดับจากมาก ไปน้อย คือ โพแทสเซียม (ร้อยละ 8.96) > อลูมิเนียม (ร้อยละ 1.40) > แคลเซียม (ร้อยละ 0.19) ซึ่งโพแทสเซียมเป็นธาตุหลักที่พบในตัวอย่างฝุ่นพีเอ็ม₁₀ ที่ปล่อยจากการเผาชีวมวล โดยร้อยละ 14.7 ถึง 21.5 ปล่อยจากฟางข้าว ร้อยละ 3.6 ถึง 8.2 ปล่อยจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และ ร้อยละ 0.2 ถึง 0.4 เกิดจากการเผาเศษใบไม้แห้ง ขณะที่อลูมิเนียมร้อยละ 0.9 ถึง 22 ถูกปล่อยจาก

การเผาฟางข้าว ร้อยละ 1.2 ถึง 1.8 จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และร้อยละ 0.9 ถึง 1.0 จากการเผาเศษใบไม้ ซึ่งความเข้มข้นของโพแทสเซียม และอลูมิเนียมในตัวอย่างฝุ่นพีเอ็ม₁₀ ที่ปล่อยจากการเผาชีวมวลจากพื้นที่การเกษตรนั้นสูงกว่าจากการเผาตัวอย่างชีวมวลจากป่า เนื่องมาจากการใช้ ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในพื้นที่การเกษตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นพีเอ็ม₁₀ จากอากาศมีความสัมพันธ์กับฝุ่นพีเอ็ม₁₀ จากการเผาเศษใบไม้ สำหรับตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่เดียวกับการเก็บตัวอย่างชีวมวล มีค่าพีเอชในช่วง 4.6 ถึง 7.6 และปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.73 ถึง 4.53 ในตัวอย่างดินจากพื้นที่เพาะปลูก พบความเข้มข้นของอาร์ซีนิก โครเมียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว พลวง และสังกะสีในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างดินจากพื้นที่ป่า ในขณะที่ความเข้มข้นของอลูมิเนียม แคลเซียม แคลเมียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก ซิลิเนียม และ วานาเดียมมีปริมาณที่ต่ำกว่าจากการเผาฟางข้าวในเตาเผาแบบปิดได้ปัจจัยการปล่อยฝุ่นพีเอ็ม₁₀ เท่ากับ 381 มก./กก. ส่วนการเผาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ฝุ่นพีเอ็ม₁₀ เท่ากับ 6,159 มก./กก. การเผาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปัจจัยการปล่อยโพแทสเซียม (461 มก./กก.) อลูมิเนียม (70.6 มก./กก.) แคลเมียม (9.29 มก./กก.) ค่อนข้างสูง ส่วนการเผาเศษใบไม้แห้งให้ค่าปัจจัยการปล่อยแคลเซียม (9.29 มก./กก.) และแมกนีเซียม (0.77 มก./กก.) สูงที่สุด จากข้อมูลการทำแบบสอบถามในพื้นที่เก็บตัวอย่าง สามารถคำนวณอัตราการปล่อยพีเอ็ม₁₀ จากการเผาฟางข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเศษใบไม้ในพื้นที่ 3 อำเภอของการเก็บตัวอย่างได้เป็น 134.5 ตัน/ปี โดยอัตราการปล่อยฝุ่นพีเอ็ม₁₀ จากการเผาเศษใบไม้คิดเป็น 7.5 ตัน/ปี ในขณะที่การปล่อยจากการเผาข้าวโพดและฟางข้าวคิดเป็น 22.4 และ 104.6 ตัน/ปี ตามลำดับ ดังนั้นการเผาข้าวโพดจึงเป็นแหล่งกำเนิดหลักในการปล่อยฝุ่นพีเอ็ม₁₀ โดยคิดเป็นร้อยละ 77 ของการเผาชีวมวลทั้งหมดในพื้นที่ ส่วนการเผาฟางข้าว และเศษใบไม้ในป่าคิดเป็นร้อยละ 17 และร้อยละ 6 ตามลำดับ