

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยสารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ ดังนี้

Lead standard solution	Merck, Germany
Cadmium standard solution	Merck, Germany
Chromium standard solution	Merck, Germany
Palladium chloride	BDH, England
Nitric acid (69 % Conc.)	Merck, Germany
Ascorbic acid	BDH, England
กระดาษกรองชนิด มิกซ์ เซลลูโลส เอสเตอร์ เมมเบรน (Mixed cellulose ester membrane) เส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 0.8 ไมครอน	SKC, USA
แกส อาร์กอน	TIG, Thailand

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ

- Personal air sampling pump ; A.P. Buck, Florida, USA.
- Calibrator ; A.P. Buck, Florida, USA.
- Cassette filter holder, 37 mm. ,3 piece ; Mt. Pleasant, SC., USA.

2. อุปกรณ์สำหรับย่อยตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

- เตาอบไมโครเวฟ (Laboratory microwave oven) ; MDS 2000. CEM Corporation, USA.
- ตู้อบความร้อน (Drying oven) 25 - 180 องศาเซลเซียส ; Clayson, New Zealand

- เครื่องชั่งแบบละเอียด (Analytical balance) ; Sartorius model b3100S, Germany
- ขวดตวงปริมาตร (Volumetric flasks) ขนาด 25 มิลลิลิตร
- ปิเปต (Pipet) ขนาด 2,10 มิลลิลิตร
- ถ้วยตวง (Beaker)

3. อุปกรณ์วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ปชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แบบแกรไฟต์ เฟอร์เนส (Graphite furnace atomic absorption spectrophotometer) รุ่น GTA 100 SpectrAA-800 . Varian , Australia.
- ขวดตวงปริมาตร (Volumetric flasks) ขนาด 10, 25, 100, 250 มิลลิลิตร
- ไมโครปิเปต (Micropipet) ขนาด 100 - 500 ไมโครลิตร
- ถ้วยตวง (Beaker)

วิธีการวิจัย

1. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะทำการสุ่มตัวอย่างสถานประกอบการพื้นที่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แบบจำเพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 30 แห่ง จากจำนวนทั้งหมด 70 แห่ง โดยแบ่งกลุ่มสถานประกอบการเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีห้องพ่นสีได้มาตรฐาน และกลุ่มที่ไม่มีห้องพ่นสีได้มาตรฐาน ทำการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล หาข้อมูลเพิ่มเติมโดยสัมภาษณ์คนงานพ่นสีด้วยแบบสอบถามจำนวน 30 คน และสำรวจสภาพแวดล้อมภายในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์โดยวิธีเดินสำรวจ (walk-through survey)

ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มสถานประกอบการพ่นสีให้กลุ่มที่มีห้องพ่นสีได้มาตรฐานเป็นกลุ่ม 1 และสถานประกอบการพ่นสีที่ไม่มีห้องพ่นสีมาตรฐานเป็นกลุ่ม 2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของห้องพ่นสีกำหนดไว้ดังนี้

1. เป็นห้องระบบปิด
2. มีระบบดูดอากาศออกสู่ภายนอกในแนวราบหรือแนวตั้งหรือทั้งสองอย่าง
3. มีอุปกรณ์ดักจับละอองสีไม่ให้กลับเข้ามาในห้องพ่นสี

2. การเก็บตัวอย่างอากาศ

2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศใช้วิธีเก็บตัวอย่างอากาศในเวลาปฏิบัติงานปกติของช่างพ่นสีเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แบบติดตัวบุคคล (personal air sampling pump) ซึ่งจะดูดอากาศผ่านกระดาษกรอง ชนิด มิทซ์ เซลลูโลส เอสเตอร์ เมมเบรน (mixed cellulose ester membrane) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูกรอง 0.8 ไมครอน บรรจุในตลับใส่กระดาษกรอง (cassette filter) ชนิด 3 ชั้น ปรับอัตราการไหลอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่าง 1.5 ลิตรต่อนาที (Eller P.M., 1994 : 7024, 7048, 7105) บั้มพ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ จะต้องทำการปรับเทียบความเที่ยงตรงด้วยเครื่อง calibrator ทุกครั้งก่อนจะเก็บตัวอย่าง และอัตราการไหลของอากาศจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 5

2.2 ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง

สิงหาคม 2540 – มิถุนายน 2541

3. การย่อยกระดาษกรอง

นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างอากาศแล้วมาเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากโลหะ 2 มิลลิลิตร และกรดไนตริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยในเตาอบไมโครเวฟ กำหนดค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตาราง 6 จนแล้วเสร็จ ปล่อยให้เย็น แล้วนำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากโลหะกับขวดปรับปริมาตร (volumetric flasks) ขนาด 25 มิลลิลิตร เก็บในขวดโพลีเอทิลีน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำสารละลายตัวอย่างอากาศที่ผ่านการย่อยแล้ว (จากข้อ 3) ฉีดเข้าเครื่องอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน สเปคโตร โฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer) แบบกราฟไฟท์ เฟอร์เนส เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ดังรายละเอียด

4.1 การวิเคราะห์ตะกั่ว

ทำการวิเคราะห์ตะกั่วโดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 283.3 นาโนเมตร โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตาราง 6 (Rothery E., 1988) และใช้แก๊สอาร์กอนในการวิเคราะห์

ตาราง 6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตะกั่วด้วยเครื่อง AAS แบบ graphite furnace

Step No.	Temp. (° C)	Time (sec.)	Gas Flow (l / min)
1	85	5.0	3.0
2	95	40.0	3.0
3	120	10.0	3.0
4	400	5.0	3.0
5	400	1.0	3.0
6	400	2.0	0.0
7	2100	1.0	0.0
8	2100	1.0	0.0
9	2100	2.0	3.0
10	2400	2.0	3.0

4.2 การวิเคราะห์แคดเมียม

ทำการวิเคราะห์แคดเมียมโดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 228.8 นาโนเมตร โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตาราง 7 (Rothery E., 1988) และใช้แก๊สอาร์กอนในการวิเคราะห์

ตาราง 7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แคดเมียมด้วยเครื่อง AAS แบบ graphite furnace

Step No.	Temp. (° C)	Time (sec.)	Gas Flow (l / min)
1	85	5.0	3.0
2	95	40.0	3.0
3	120	10.0	3.0
4	120	10.0	3.0
5	120	5.0	3.0
6	250	1.0	3.0
7	250	2.0	0.0
8	1800	0.8	0.0
9	1800	2.0	0.0
10	1800	2.0	3.0

4.3 การวิเคราะห์โครเมียม

ทำการวิเคราะห์โครเมียมโดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 357.9 นาโนเมตร โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตาราง 8 (Rothery E., 1988) และใช้แก๊สอาร์กอนในการวิเคราะห์

ตาราง 8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครเมียมด้วยเครื่อง AAS แบบ graphite furnace

Step No.	Temp. (° C)	Time (sec.)	Gas Flow (l / min)
1	85	5.0	3.0
2	95	40.0	3.0
3	120	10.0	3.0
4	1000	5.0	3.0
5	1000	1.0	3.0
6	1000	2.0	0.0
7	2600	1.0	0.0
8	2600	2.0	0.0
9	2600	2.0	3.0

การคำนวณค่าความเข้มข้น

$$\text{ความเข้มข้นของสาร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(C_1 - C_2) \times 25}{V}$$

เมื่อ C_1 = ค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง (ไมโครกรัม)

C_2 = ค่าความเข้มข้นของ blank (ไมโครกรัม)

V = ปริมาตรอากาศ (ลิตร)

25 = ปริมาตรสารละลาย (มิลลิลิตร)

5. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

5.1 Blank sample เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนทั้งในห้องปฏิบัติการและการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

- Field blank sample เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนในการเก็บตัวอย่างอากาศภาคสนาม โดยการนำกระดาษกรองใส่ใน ตลับเก็บอากาศ (cassette filter holder) นำออกไปภาคสนามด้วยโดยไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง แล้วนำกลับมาวิเคราะห์พร้อมกับตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการ นำค่าที่ได้มาลบกัน ก็จะได้ค่าจริง
- Lab blank sample เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนเนื่องมาจากการปนเปื้อนในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิเคราะห์ โดยนำน้ำกลั่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตัวอย่างจริงทุกประการ

5.2 การทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ในการวิเคราะห์ทุกครั้งต้องทำกราฟมาตรฐานก่อนซึ่งสามารถควบคุมคุณภาพด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ ต้องมีค่าใกล้ 1 หรือเท่ากับ 1 จึงจะมีความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ครั้งนั้นสูงสุด

จากการทดสอบพบว่า

- ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ของตะกั่วในอากาศ (r) มากกว่า 0.996
- ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ของแคดเมียมในอากาศ (r) มากกว่า 0.999
- ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ของโครเมียมในอากาศ (r) มากกว่า 0.998

5.3 การหาความแม่นยำของการวิเคราะห์ (precision) เป็นความใกล้เคียงกันของค่าที่หาได้จากการทดลองหลาย ๆ ครั้งในสิ่งของเดียวกัน ค่าความแม่นยำหาได้จากค่า coefficient of variation (C.V.) หรือ relative standard deviation (RSD) หาได้จากสูตร $C.V. = (SD \times 100) / \text{mean}$ (หน่วย = %)

เมื่อ C.V. = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นที่อ่านได้

mean = ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นที่อ่านได้

จากการทดสอบพบว่า

- ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของตะกั่วในอากาศ เท่ากับ 3.15 % (n=10)
- ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของแคดเมียมในอากาศ เท่ากับ 4.33 % (n=10)

- ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของโครเมียมในอากาศ เท่ากับ 4.51 % (n=10)

5.4 การหาขีดจำกัดการวิเคราะห์ (Detection limit) หรือการหาค่าต่ำสุดที่วิธีการและเครื่องมือที่ใช้สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งก็คือที่ความเข้มข้นใดๆ ของสารที่สามารถให้สัญญาณเป็น 2 เท่าของพื้นหลัง (background) หรือ standard deviation แสดงว่าที่ความเข้มข้นนั้นสามารถตรวจสอบได้ถึง 95 % ของ gaussian curve

สูตร ค่าขีดจำกัดของการตรวจหา (dl) = $(2 \times C \times S.D.) / A$

หรือ = $2 \times S.D. / \text{slope}$

เมื่อ dl = ขีดจำกัดของการวิเคราะห์

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณการดูดกลืนแสง

C = ความเข้มข้นที่วัดได้

A = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่อ่านได้

จากการทดสอบพบว่า

- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ตะกั่วในอากาศ เท่ากับ 1.48 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์แคดเมียมในอากาศ เท่ากับ 0.02 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์โครเมียมในอากาศ เท่ากับ 0.33 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร

5.5 การวิเคราะห์ซ้ำ (Replication) ได้ทำการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง และผลวิเคราะห์ที่ได้จะต้องมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 %

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จะนำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistic Package for Social Science) ซึ่งใช้สถิติดังนี้

6.1 สถิติพรรณนา เพื่อใช้พรรณนาข้อมูลทั่วไป สถิติที่ใช้ได้แก่ จำนวนร้อยละ ค่าเฉลี่ย (มีชนิดเลขคณิต) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่ามัธยฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด

6.2 สถิติวิเคราะห์ วิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากลางของระดับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในอากาศ ระหว่างกลุ่มสถานประกอบการที่มีห้องพ่นสีเข้าเกณฑ์มาตรฐาน และสถานประกอบการที่ไม่มีห้องพ่นสีเข้าเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test

7. การประเมินค่าความเข้มข้นของสารคุกคามที่ได้รับจากการสูดหายใจ

การประเมินค่าความเข้มข้นของสารคุกคามที่ได้สัมผัสโดยการสูดหายใจสามารถหาได้โดยคำนวณหาค่า IEC (inhalation exposure concentration) (Foster S.A., 1994 : 252)

$$\text{สูตร } IEC = C_a \times \frac{ET}{24} \times \frac{EF}{365} \times \frac{ED}{70} \times BIO$$

เมื่อ IEC = Inhalation exposure concentration (mg/m³)

C_a = chemical concentration in air (mg/m³)

ET = exposure time (hours/day)

EF = frequency of exposure (days/year)

ED = duration of exposure (years)

BIO = relative Inhalation bioavailability factor, which adjusts for differences in chemical bioavailability if applicable (default = 1)

8. การประเมินค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการสูดหายใจ

สามารถหาได้จาก การนำค่าความเข้มข้นของสารคุกคามที่ได้สัมผัสจากการหายใจ (IEC) คูณด้วย ค่า unit risk ของสาร โดย unit risk เป็นน้ำหนักความเสี่ยง มีหน่วยเป็น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)⁻¹ ซึ่ง Cd มีน้ำหนักความเสี่ยงเท่ากับ 1.8 X 10⁻³ และ Cr มีน้ำหนักความเสี่ยงเท่ากับ 1.2 X 10⁻² แต่ตะกั่ว ไม่มีค่า unit risk เนื่องจากไม่ใช่เป็นสารก่อมะเร็ง

$$\text{สูตร } \text{Cancer risk} = IEC \times \text{Unit risk}$$

(Shipp A.M. and Allen B.C.; 1994 : 86-90)