

### บทที่ 3

#### ผลและบทวิจารณ์

#### 3.1 ศึกษาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (LOD) และค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (LOQ)

##### 3.1.1 ศึกษาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแอนติโมนี

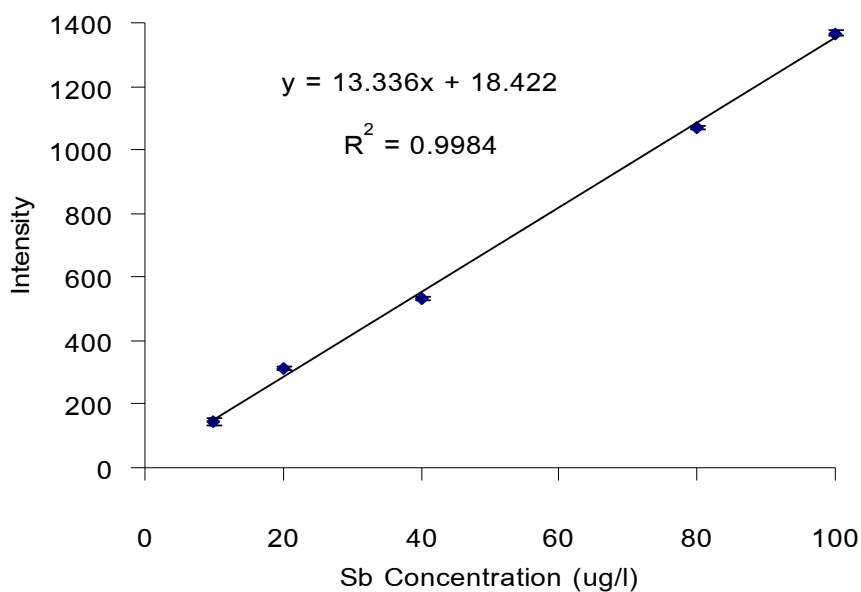
จากการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานของแอนติโมนี มี 5 ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10-100 µg/l (correlation coefficient  $R^2=0.9984$ ) ทดสอบโดยใช้วิธี hydride generation ICP-OES กราฟมาตรฐานสร้างจาก intensity กับความเข้มข้นของแอนติโมนี ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5, 6 และภาพประกอบที่ 7

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย Intensity และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอนติโมนีใน blank (10 ซ้ำ)

Blank	Intensity in blank
Mean	32.23
$S_B$	8.71

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของ Intensity signal กับความเข้มข้นของแอนติโมนี (5 ซ้ำ)

Sb concentration (µg/l)	Intensity signal ± %RSD
10	144.78 ± 13.20
20	312.70 ± 3.95
40	530.56 ± 5.41
80	1070.34 ± 4.20
100	1367.62 ± 7.38



ภาพประกอบที่ 7 แสดงกราฟมาตรฐานของความเข้มข้นแอนติโมนีกับ intensity signal

หาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดความเข้มข้นแอนติโมนี คำนวณได้จากสูตรข้างล่าง

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 3$

$$S_B = 8.71$$

$$m = 13.336$$

$$C_L = 3 \times 8.71 / 13.336$$

$$C_L = 1.96 \mu\text{g/l}$$

สำหรับค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณความเข้มข้นแอนติโมนี คำนวณได้จากสูตรข้างล่าง

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 10$

$$S_B = 8.71$$

$$m = 13.336$$

$$C_L = 10 \times 8.71 / 13.336$$

$$C_L = 6.53 \mu\text{g/l}$$

ดังนั้น การทดลองค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแอนติโมนีให้ค่า LOD เท่ากับ  $1.96 \mu\text{g/l}$  และ LOQ เท่ากับ  $6.53 \mu\text{g/l}$  ตามลำดับ

### 3.1.2 ศึกษาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแบเรียม

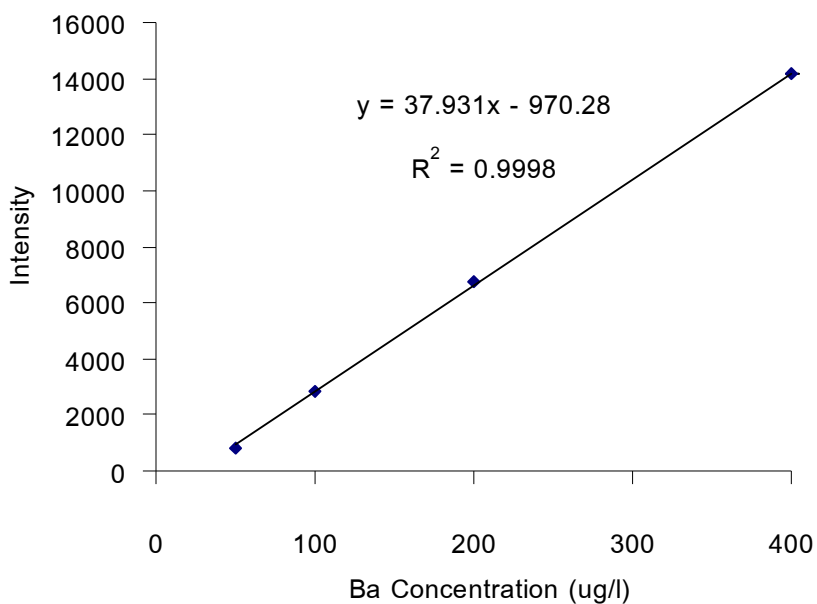
สารละลายมาตรฐานของแบเรียม มี 4 ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 50-400 µg/l (correlation coefficient  $R^2 = 0.9998$ ) ทดสอบโดยใช้วิธี ICP-OES กราฟมาตรฐานสร้างจาก intensity กับความเข้มข้นของแบเรียม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 7, 8 และภาพประกอบที่ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย Intensity และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบเรียมใน blank (10 ซ้ำ)

Blank	Intensity in blank
Mean	4.80
$S_B$	6.66

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของ Intensity signal กับความเข้มข้นของแบเรียม (5 ซ้ำ)

Ba concentration (µg/l)	Intensity signal ± %RSD
50	838.50 ± 1.08
100	2851.18 ± 0.32
200	6732.40 ± 1.06
400	14148.34 ± 0.53



ภาพประกอบที่ 8 แสดงกราฟมาตรฐานของความเข้มข้นแบเรียมกับ intensity signal

จากสูตรในข้อ 2.3.3 ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดของความเข้มข้นแบเรียม หาค่า  $C_L$  ได้จาก

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 3$

$$S_B = 6.66$$

$$m = 37.931$$

$$C_L = 3 \times 6.66 / 37.931$$

$$C_L = 0.53 \mu\text{g/l}$$

สำหรับค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของความเข้มข้นแบเรียมคำนวณได้จากสูตรข้างล่าง

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 10$

$$S_B = 6.66$$

$$m = 37.931$$

$$C_L = 10 \times 6.66 / 37.931$$

$$C_L = 1.76 \mu\text{g/l}$$

ดังนั้น การทดลองค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแบเรียมให้ค่า LOD เท่ากับ  $0.53 \mu\text{g/l}$  และ LOQ เท่ากับ  $1.76 \mu\text{g/l}$  ตามลำดับ

### 3.1.3 ศึกษาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของตะกั่ว

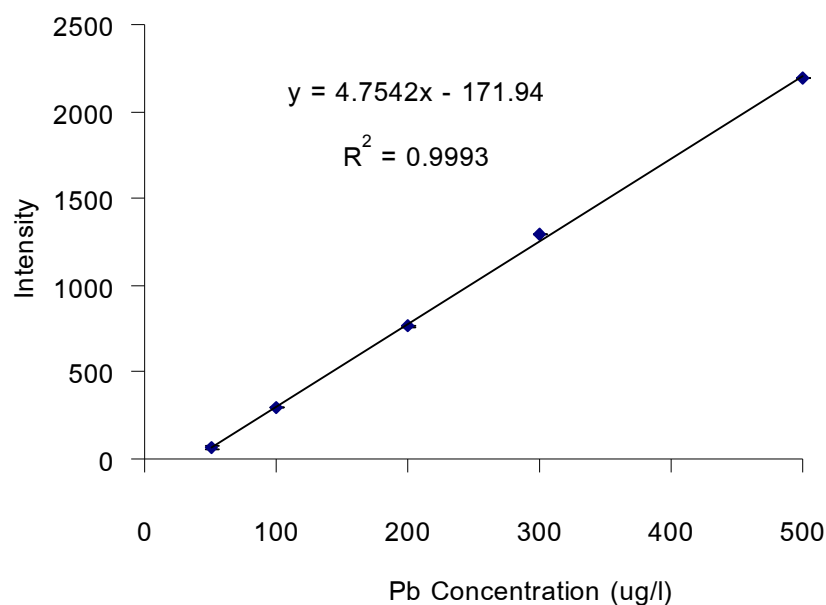
สารละลายมาตรฐานของตะกั่ว มี 5 ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 50-500 µg/l (correlation coefficient  $R^2 = 0.9993$ ) ทดสอบโดยใช้วิธี ICP-OES กราฟมาตรฐานสร้างจาก intensity กับความเข้มข้นของตะกั่ว ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 9, 10 และภาพประกอบที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย Intensity และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตะกั่วใน blank (10 ซ้ำ)

Blank	Intensity in blank
Mean	-4.05
$S_B$	13.03

ตารางที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของ Intensity signal กับความเข้มข้นของตะกั่ว (5 ซ้ำ)

Pb concentration (µg/l)	Intensity signal ± %RSD
50	66.98 ± 8.06
100	295.16 ± 2.46
200	762.92 ± 1.50
300	1292.20 ± 0.89
500	2190.36 ± 1.00



ภาพประกอบที่ 9 แสดงกราฟมาตรฐานของความเข้มข้นตะกั่วกับ intensity signal

จากสูตรในข้อ 2.3.3 ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดของความเข้มข้นตะกั่ว  
หาค่า  $C_L$  ได้จากสูตร

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 3$

$$S_B = 13.03$$

$$m = 4.7542$$

$$C_L = 3 \times 13.03 / 4.7542$$

$$C_L = 8.22 \mu\text{g/l}$$

สำหรับค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของความเข้มข้นแบเรียม  
คำนวณได้จากสูตรข้างล่าง

$$C_L = kS_B / m$$

เมื่อ  $k = 10$

$$S_B = 13.03$$

$$m = 4.7542$$

$$C_L = 10 \times 13.03 / 4.7542$$

$$C_L = 27.40 \mu\text{g/l}$$

ดังนั้น การทดลองค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดและค่าขีดจำกัดต่ำสุดใน  
การวิเคราะห์เชิงปริมาณของตะกั่วให้ค่า LOD เท่ากับ  $8.22 \mu\text{g/l}$  และ LOQ เท่ากับ  $27.40 \mu\text{g/l}$   
ตามลำดับ

## 3.2 ศึกษาการสกัดเปรียบเทียบ

### 3.2.1 การสกัดเปรียบเทียบเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ

จากการศึกษาการสกัดเปรียบเทียบโดยใช้วัสดุ 3 ชนิด คือ plastic shaft cotton bud, wood shaft cotton bud และ sterile foam - tipped applicator สำหรับวิธีการสกัด เลือกใช้ 3 วิธี คือ saturate 24 h และ sonicate โดยใช้เวลา 10 นาที กับ sonicate โดยใช้เวลา 20 นาที ผลการทดลองการสกัดแอนติโมนี ในช่วงความเข้มข้นต่ำ (10 ppb) แสดงดังตารางที่ 11, 12 และ 13 และภาพประกอบที่ 10

**ตารางที่ 11** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นต่ำ (10 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
plastic shaft cotton bud	8.57	9.26	8.64
	8.27	8.88	8.69
	8.39	9.23	8.70
	7.79	8.12	8.20
	8.11	7.99	8.06
	8.33	7.93	8.50
Mean	8.24	8.57	8.47
%RSD	3.25	7.30	3.23
%Recovery	82.43	85.68	84.65

**ตารางที่ 12** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นต่ำ (10 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft	3.35	4.44	3.46
cotton bud	3.82	3.94	3.76
	3.44	3.69	3.90
Mean	3.54	4.02	3.71
%RSD	7.05	9.49	6.06
%Recovery	35.37	40.23	37.07

**ตารางที่ 13** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นต่ำ (10 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam –	7.11	6.88	6.93
tipped applicator	7.11	6.94	6.87
	6.80	7.11	7.14
Mean	7.01	6.98	6.98
%RSD	2.55	1.71	2.03
%Recovery	70.07	69.77	69.80



จากตารางที่ 11 เมื่อใช้ plastic shaft cotton bud สกัดแอนติโมนีโดยวิธี saturate 24 h, sonicate ที่เวลา 10 min และ sonicate ที่เวลา 20 min พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (%Recovery) ใกล้เคียงกัน คือ 82.43, 85.68 และ 84.65 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 3.25, 7.30 และ 3.23 ตามลำดับ จากตารางที่ 12 เมื่อใช้ wood shaft cotton bud พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับที่ได้ใกล้เคียงกัน แต่ต่ำมาก คือ 35.37, 40.23 และ 37.07 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 7.05, 9.49 และ 6.06 ตามลำดับ จากตารางที่ 13 เมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันแต่ค่อนข้างต่ำ คือ 70.07, 69.77 และ 69.80 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 2.55, 1.71 และ 2.03 ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวัสดุ wood shaft cotton bud และ sterile foam - tipped applicator แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวัสดุ plastic shaft cotton bud ให้ค่ามากกว่า 80% ซึ่งดีกว่าวัสดุอีก 2 ชนิด คือ sterile foam - tipped applicator และ wood shaft cotton bud ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับประมาณ 70% และน้อยกว่า 40% ตามลำดับ

และนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแอนติโมนี 3 ชนิด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ ) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min และ sonicate ที่เวลา 20 min เมื่อพิจารณาวิธีการสกัดเดียวกัน โดยใช้วัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับต่างกัน

จากการศึกษาการสกัดเปรียบเทียบโดยใช้วัสดุ 3 ชนิด และวิธีการสกัดดังกล่าวข้างต้น ผลการทดลองการสกัดแบเรียม ในช่วงความเข้มข้นต่ำ (15 ppb) แสดงดังตารางที่ 14, 15 และ 16 และภาพประกอบที่ 11

**ตารางที่ 14** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นต่ำ (15 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
plastic shaft	12.44	13.57	14.34
cotton bud	12.27	13.92	14.96
	13.74	14.07	15.00
Mean	12.82	13.85	14.77
%RSD	6.27	1.85	2.51
%Recovery	85.44	92.36	98.44

**ตารางที่ 15** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นต่ำ (15 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft	10.63	13.93	6.57
cotton bud	10.46	13.32	6.73
	10.06	15.40	6.56
Mean	10.38	14.22	6.62
%RSD	2.82	7.52	1.44
%Recovery	69.22	94.78	44.13

**ตารางที่ 16** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นต่ำ (15 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam – tipped applicator	12.17	13.78	15.80
	12.21	13.67	15.79
	11.94	13.64	15.65
Mean	12.11	13.70	15.75
%RSD	1.20	0.54	0.53
%Recovery	80.71	91.31	104.98

การวิเคราะห์แบเรียม เมื่อใช้ plastic shaft cotton bud สกัดโดยวิธี saturate 24 h, sonicate ที่เวลา 10 min และ sonicate ที่เวลา 20 min ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันคือ 85.44, 92.36 และ 98.44 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 6.27, 1.85 และ 2.51 ตามลำดับ เมื่อใช้ wood shaft cotton bud ดังแสดงในตารางที่ 15 พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับค่อนข้างแตกต่างกัน คือ 69.22, 94.78 และ 44.13 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 2.82, 7.52 และ 1.44 ตามลำดับ และจากตารางที่ 16 เมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกัน คือ 80.71, 91.31 และ 104.98 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 1.20, 0.54 และ 0.53 ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ sterile foam - tipped applicator ส่วนวัสดุ wood shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำและแตกต่าง

จากนั้นนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแบเรียม 3 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับพบว่า wood shaft cotton bud ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุอีก 2 ชนิด โดยวัสดุ plastic shaft cotton bud มีค่า 85.44%, wood shaft cotton bud มีค่า 69.22% และ sterile foam - tipped applicator มีค่า 80.71% ต่อมาพิจารณาวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแบเรียม 3 ชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) และให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของการสกัดมากกว่า 90% ส่วนวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 min เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแบเรียม 3 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 17, 18 และ 19 และภาพประกอบที่ 12 แสดงผลการทดลองการสกัด ตะกั่วเปรียบเทียบโดยใช้วัสดุ 3 ชนิด และวิธีการสกัดดังกล่าวข้างต้น ในช่วงความเข้มข้นต่ำ (100 ppb) เมื่อใช้ plastic shaft cotton bud พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันคือ 99.06, 81.92 และ 97.91 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 6.54, 7.52 และ 9.08 ตามลำดับ เมื่อใช้ wood shaft cotton bud มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับดังแสดงในตารางที่ 18 คือ 110.43, 94.74 และ 115.04 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 1.30, 4.73 และ 1.55 ตามลำดับ และเมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับดังแสดงในตารางที่ 19 คือ 100.89, 108.08 และ 106.97 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 0.49, 2.73 และ 0.88 ตามลำดับ

**ตารางที่ 17** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นต่ำ (100 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
plastic shaft cotton bud	103.45	83.01	99.52
	91.62	87.46	88.32
	102.12	75.29	105.88
Mean	99.06	81.92	97.91
%RSD	6.54	7.52	9.08
%Recovery	99.06	81.92	97.91

**ตารางที่ 18** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นต่ำ (100 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

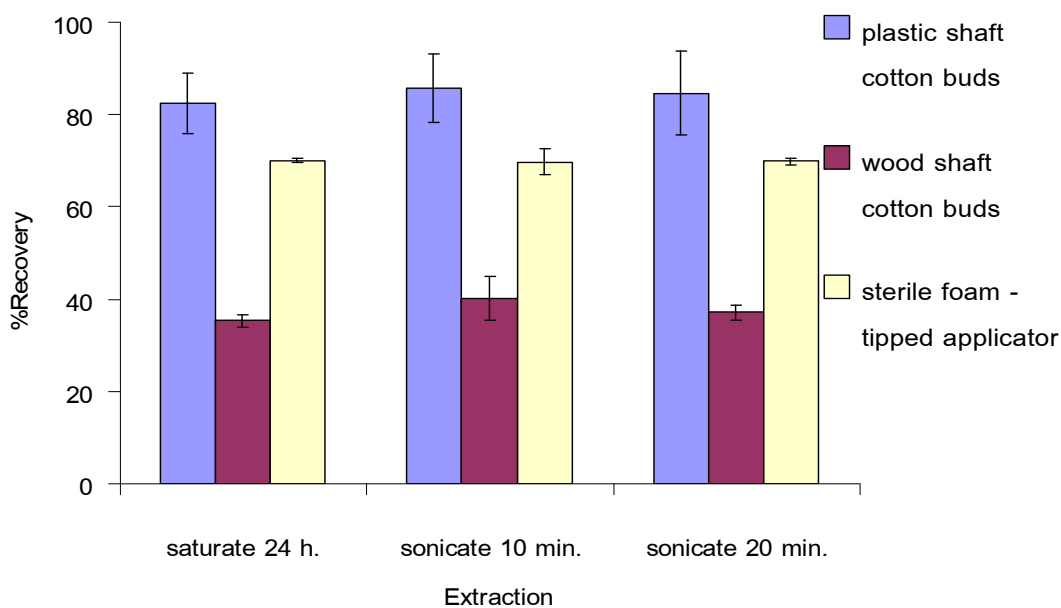
Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft cotton bud	110.66	97.44	113.12
	108.90	97.22	115.34
	111.74	89.57	116.65
Mean	110.43	94.74	115.04
%RSD	1.30	4.73	1.55
%Recovery	110.43	94.74	115.04

**ตารางที่ 19** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นต่ำ (100 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

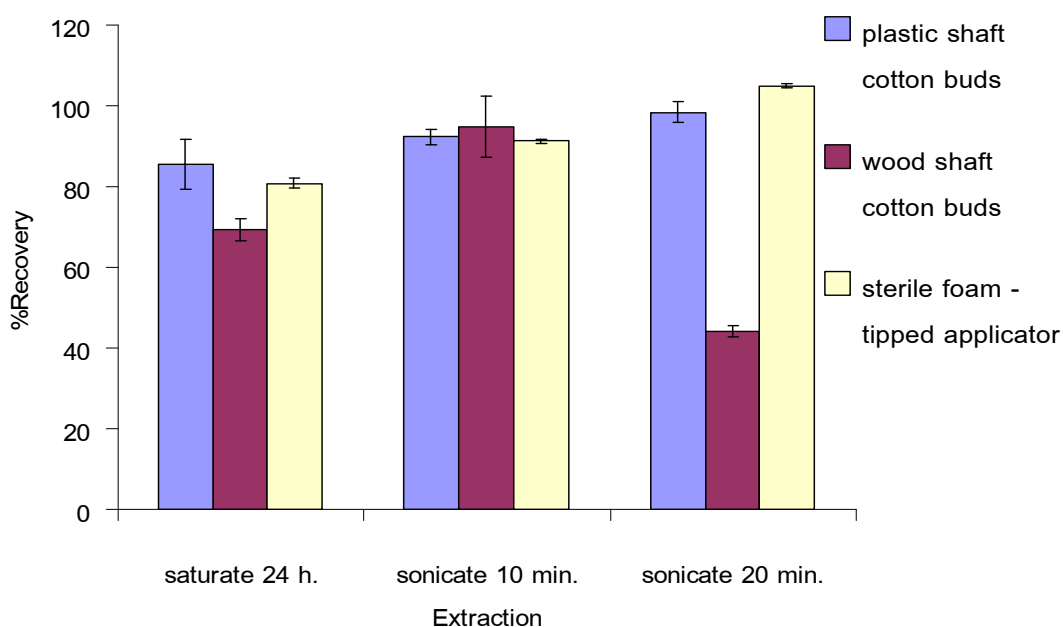
Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam – tipped applicator	100.99	104.98	105.91
	100.35	108.43	107.33
	101.32	110.84	107.68
Mean	100.89	108.08	106.97
%RSD	0.49	2.73	0.88
%Recovery	100.89	108.08	106.97

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับพบว่า วิธี sonicate ที่เวลา 10 min ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับต่ำเมื่อเทียบกับอีก 2 วิธี โดยวิธีการสกัด saturate 24 h ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ 99.06%, วิธี sonicate ที่เวลา 10 min ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ 81.92% และวิธี sonicate ที่เวลา 20 min ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ 97.91% ส่วนวัสดุ wood shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวัสดุ sterile foam - tipped applicator แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%)

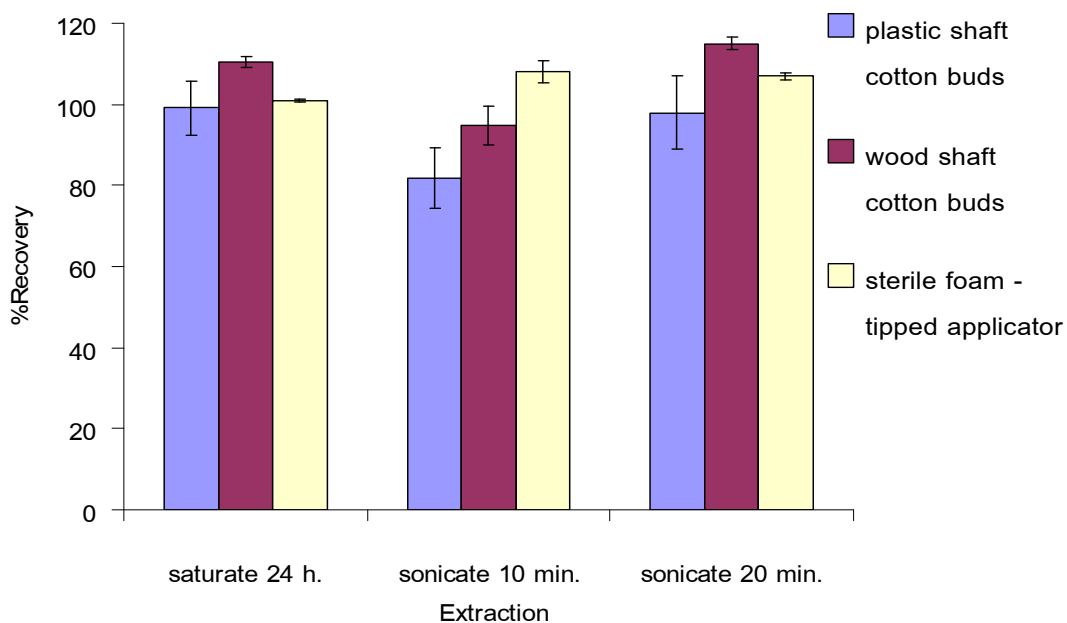
และนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุตะกั่ว 3 ชนิด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวัสดุทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min



ภาพประกอบที่ 10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุแอนติโมนีที่มีความเข้มข้นต่ำ (10 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator



ภาพประกอบที่ 11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุแบเรียมที่มีความเข้มข้นต่ำ (15 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator



**ภาพประกอบที่ 12** กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นต่ำ (100 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator



### 3.2.2 การสกัดเปรียบเทียบเมื่อใช้ความเข้มข้นสูง

ผลการทดลองการสกัดแอนติโมนี ในช่วงความเข้มข้นสูง ( 40 ppb) โดยใช้วัสดุ 3 ชนิด และวิธีการสกัดดังกล่าวข้างต้น แสดงดังตารางที่ 20, 21 และ 22 และ ภาพประกอบที่ 13

**ตารางที่ 20** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นสูง (40 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
plastic shaft cotton bud	42.63	43.08	43.51
	42.23	44.26	42.7
	41.63	42.5	42.87
	41.13	43.06	42.57
	43.76	42.02	43.32
Mean	42.28	42.99	42.99
%RSD	2.38	1.95	0.94
%Recovery	105.69	107.46	107.48

**ตารางที่ 21** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นสูง (40 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft	11.67	12.10	10.08
cotton bud	11.56	13.60	9.71
	11.90	12.13	9.82
Mean	11.71	12.61	9.87
%RSD	1.48	6.80	1.93
%Recovery	29.28	31.53	24.68

**ตารางที่ 22** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นสูง (40 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam –	27.64	28.16	29.89
tipped applicator	28.32	28.03	29.29
	29.83	28.41	31.40
Mean	28.60	28.20	30.19
%RSD	3.92	0.68	3.60
%recovery	71.49	70.50	75.48

จากตารางที่ 20 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (% Recovery) ของธาตุแอนติโมนีที่ความเข้มข้นสูง (40 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัดในวัสดุ 3 ชนิด เมื่อใช้ plastic shaft cotton buds มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันคือ 105.69, 107.46 และ 107.48 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 2.38, 1.95 และ 0.94 ตามลำดับ จากตารางที่ 21 เมื่อใช้ wood shaft cotton bud พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับที่ใกล้เคียงกันแต่ต่ำมากคือ 29.28, 31.53 และ 24.68 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 1.48, 6.80 และ 1.93 ตามลำดับ จากตารางที่ 22 เมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันแต่ค่อนข้างต่ำคือ 71.49, 70.50 และ 75.48 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 3.92, 0.68 และ 3.60 ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวัสดุ sterile foam - tipped applicator ส่วนวัสดุ wood shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวัสดุ plastic shaft cotton bud ให้ค่ามากกว่า 105% ซึ่งดีกว่าวัสดุอีก 2 ชนิด คือ sterile foam - tipped applicator และ wood shaft cotton bud ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับมากกว่า 70% และน้อยกว่า 31% ตามลำดับ

และนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแอนติโมนี 3 ชนิด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min และ sonicate ที่เวลา 20 min และเมื่อพิจารณาวิธีการสกัดเดียวกัน โดยใช้วัสดุทั้ง 3 ชนิด ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับต่างกัน

การวิเคราะห์แบเรียมที่ความเข้มข้นสูง (60 ppb) เมื่อใช้ plastic shaft cotton bud สกัดโดยวิธี saturate 24 h, sonicate ที่เวลา 10 min และsonicate ที่เวลา 20 min ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกัน คือ 101.51, 96.12 และ 95.97 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 10.31, 9.46 และ 8.04 ตามลำดับ เมื่อใช้ wood shaft cotton bud ดังแสดงในตารางที่ 24 พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกัน คือ 105.01, 101.04 และ 99.91 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 1.53, 6.85 และ 2.95 ตามลำดับ และจากตารางที่ 25 เมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกัน คือ 88.41, 92.42 และ 87.55 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 0.30, 0.33 และ 0.52 ตามลำดับ

**ตารางที่ 23** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นสูง (60 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
	62.34	55.93	57.93
plastic shaft	62.38	56.55	57.49
cotton bud	52.18	52.74	51.79
	66.72	65.46	63.12
Mean	60.91	57.67	57.58
%RSD	10.13	9.46	8.04
%Recovery	101.51	96.12	95.97

**ตารางที่ 24** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นสูง (60 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft	62.77	57.53	61.99
cotton bud	62.18	59.00	58.88
	64.06	65.34	58.97
Mean	63.00	60.62	59.95
%RSD	1.53	6.85	2.95
%Recovery	105.01	101.04	99.91

**ตารางที่ 25** แสดงความเข้มข้นของธาตุแบเรียมที่ความเข้มข้นสูง (60 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam –	53.23	55.60	52.73
tipped applicator	52.98	55.50	52.64
	52.93	55.25	52.22
Mean	53.05	55.45	52.53
%RSD	0.30	0.33	0.52
%Recovery	88.41	92.42	87.55

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ wood shaft cotton bud ส่วนวัสดุ sterile foam - tipped applicator เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี ในวัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%)

และนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแบเรียม 3 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวัสดุทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%) ส่วนวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุแบเรียม 3 ชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 min

ตารางที่ 26, 27 และ 28 และภาพประกอบที่ 15 แสดงผลการสกัดเปรียบเทียบโดยใช้วัสดุ 3 ชนิด และวิธีการสกัดดังกล่าวข้างต้น ผลการทดลองการสกัดตะกั่ว ในช่วงความเข้มข้นสูง (400 ppb) พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับใกล้เคียงกันคือ เมื่อใช้ plastic shaft cotton bud ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (ตารางที่ 26) 101.05, 103.20 และ 103.92 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 0.55, 0.69 และ 0.70 ตามลำดับ เมื่อใช้ wood shaft cotton bud (ตารางที่ 27) มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ คือ 97.37, 99.54 และ 99.29 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 0.46, 0.65 และ 1.07 ตามลำดับ จากตารางที่ 28 เมื่อใช้ sterile foam - tipped applicator มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ คือ 97.65, 98.75 และ 97.45 ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 0.69, 1.04 และ 0.41 ตามลำดับ

**ตารางที่ 26** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นสูง (400 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ plastic shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
plastic shaft cotton bud	402.98	411.88	417.24
	402.83	410.51	412.31
	406.73	416.01	417.44
Mean	404.18	412.80	415.66
%RSD	0.55	0.69	0.70
%Recovery	101.05	103.20	103.92

**ตารางที่ 27** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นสูง (400 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ wood shaft cotton bud

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
wood shaft cotton bud	391.23	399.22	397.24
	389.63	400.08	401.35
	387.62	395.21	392.86
Mean	389.49	398.17	397.15
%RSD	0.46	0.65	1.07
%Recovery	97.37	99.54	99.29

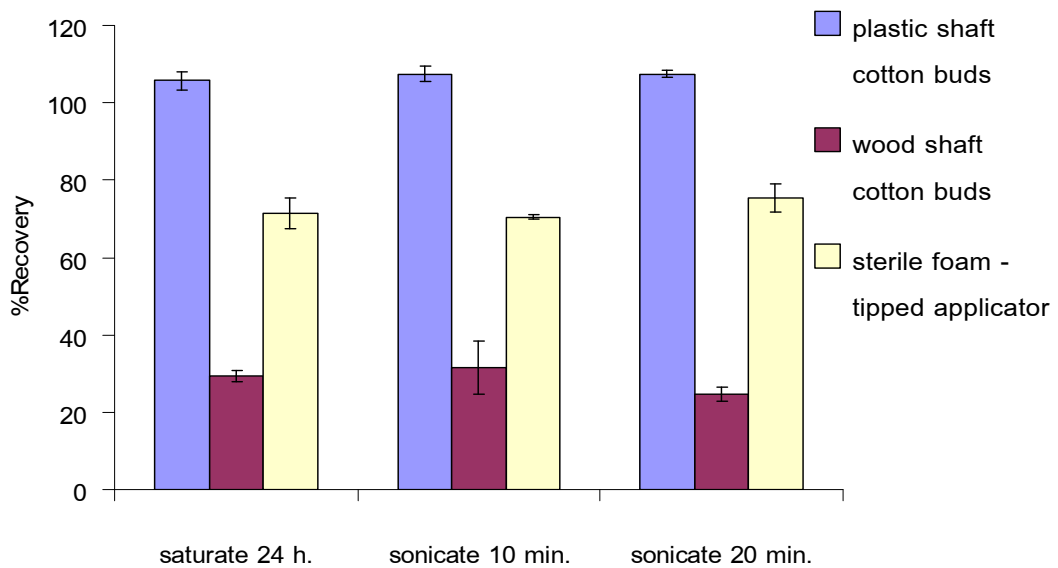
**ตารางที่ 28** แสดงความเข้มข้นของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นสูง (400 ppb) โดยวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min ในวัสดุ sterile foam - tipped applicator

Swab	Extraction		
	saturate 24 h	sonicate 10 min	sonicate 20 min
sterile foam – tipped applicator	390.96	398.13	390.70
	393.11	396.54	390.76
	387.74	390.35	387.99
Mean	390.60	395.01	389.82
%RSD	0.69	1.04	0.41
%Recovery	97.65	98.75	97.45

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวัสดุ plastic shaft cotton bud เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ wood shaft cotton bud ส่วนวัสดุ sterile foam - tipped applicator เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

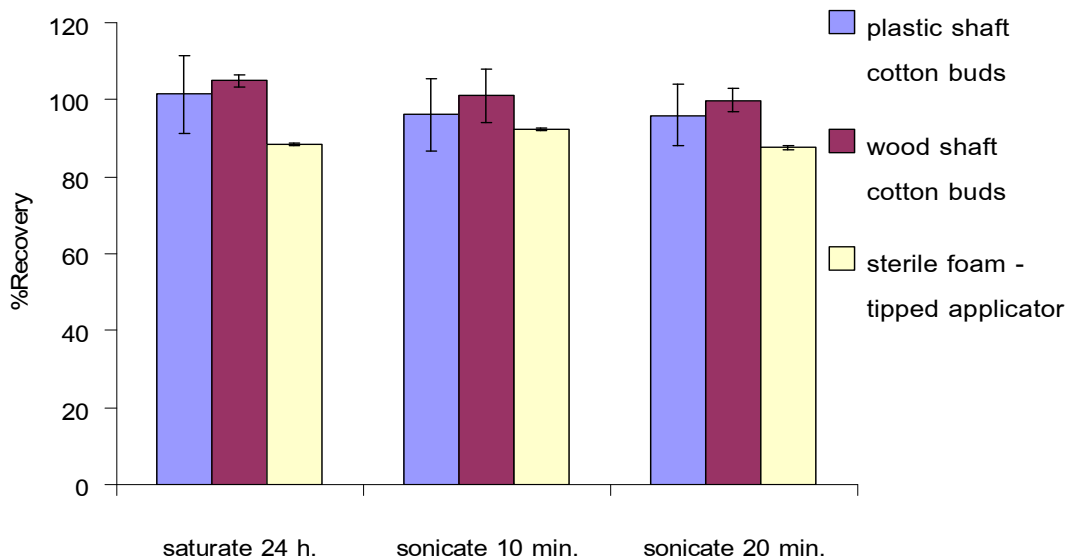
และนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาวิธีการสกัด saturate 24 h เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้เก็บสะสมธาตุตะกั่ว 3 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของวัสดุทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (80-120%)





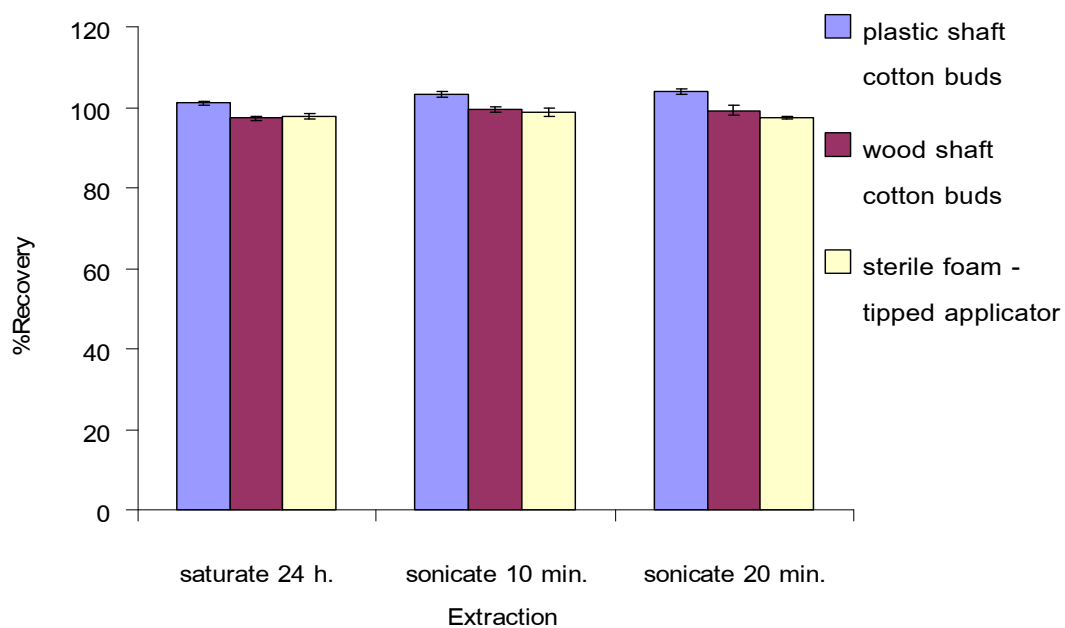
## Extraction

**ภาพประกอบที่ 13** กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุแอนติโมนีที่มีความเข้มข้นสูง (40 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator



## Extraction

**ภาพประกอบที่ 14** กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุแบเรียมที่มีความเข้มข้นสูง (60 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator



**ภาพประกอบที่ 15** กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุตะกั่วที่ความเข้มข้นสูง (400 ppb) เปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 10 min กับ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ 3 ชนิด: plastic shaft cotton buds, wood shaft cotton buds และ sterile foam-tipped applicator

### 3.3 ศึกษาวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเขม่าป็นเปรียบเทียบ วิธีการสกัด

การศึกษาการสกัดเปรียบเทียบข้อ 3.2 พบว่า วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเขม่าป็นได้ดีที่สุดทั้ง 3 วัสดุ คือ plastic shaft cotton buds จึงนำวัสดุชนิดนี้มาเก็บตัวอย่างเขม่าป็นที่ได้จากการยิงป็น เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดแช่ 24 ชั่วโมง (saturate 24 h) และ sonicate ที่เวลา 20 นาที

จากการทดลองโดยใช้วิธีการสกัดแช่ 24 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี มีค่า 30.81, 49.83 และ 59.55 µg/l, แบเรียมมีค่า 67.71, 74.49 และ 90.08 µg/l และ ตะกั่วมีค่า 520.09, 635.85, และ 640.00 µg/l ส่วนตัวอย่างที่ใช้วิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 นาที พบว่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีที่มีค่า 33.24, 50.82 และ 53.54 µg/l, แบเรียมมีค่า 66.78, 83.04 และ 93.40 µg/l และ ตะกั่วมีค่า 564.66, 618.00, และ 670.76 µg/l ดังแสดงในตารางที่ 29

**ตารางที่ 29** แสดงความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่ว เปรียบเทียบวิธีการสกัด 2 วิธี: saturate 24 h และ sonicate ที่เวลา 20 min. ในวัสดุ plastic shaft cotton buds

Extraction	Element (µg/l)		
	Sb	Ba	Pb
saturate 24 h	30.81	67.71	520.09
	49.83	74.49	635.85
	59.55	90.08	640.00
sonicate 20 min	33.24	66.78	564.66
	50.82	83.04	618.00
	53.54	93.40	670.76

จากการทดลองวิธีการสกัดแช่ 24 ชั่วโมงทั้ง 3 ครั้ง พบว่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีอยู่ในช่วง 30.81-59.55  $\mu\text{g/l}$ , ความเข้มข้นของธาตุแบเรียมอยู่ในช่วง 67.71-90.08  $\mu\text{g/l}$  และความเข้มข้นของธาตุตะกั่วอยู่ในช่วง 520.09-640.00  $\mu\text{g/l}$  ส่วนวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 นาที ทั้ง 3 ครั้ง พบว่า ความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนีอยู่ในช่วง 33.24-53.54  $\mu\text{g/l}$ , ความเข้มข้นของธาตุแบเรียมอยู่ในช่วง 66.78-93.40  $\mu\text{g/l}$  และความเข้มข้นของธาตุตะกั่วอยู่ในช่วง 564.66-670.76  $\mu\text{g/l}$  ซึ่งทั้ง 2 วิธีการสกัด มีช่วงความเข้มข้นของทั้ง 3 ธาตุใกล้เคียงกัน และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ในวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี

### 3.4 ศักยภาพระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเขม่าป็น

จากการศึกษาโดยการเลือกใช้ plastic shaft cotton buds และวิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 นาที พบว่าที่เวลา 0 ชั่วโมง ความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบริยม และตะกั่ว มีค่า 14.75, 104.51 และ 245.34  $\mu\text{g/l}$  ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 5.47, 2.69 และ 1.42 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 30 เมื่อทำการเก็บเขม่าป็นที่เวลา 2 ชั่วโมง ความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบริยมและตะกั่ว มีค่า 7.85, 59.21 และ 121.46  $\mu\text{g/l}$  ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 12.26, 1.50 และ 2.31ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 31 และตารางที่ 32 เมื่อทำการเก็บเขม่าป็นที่เวลา 4 ชั่วโมง ความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบริยมและตะกั่ว มีค่า 5.05, 45.46 และ 48.18  $\mu\text{g/l}$  ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) 10.42, 0.51 และ 2.11 ตามลำดับ

จากการทดลองนี้ พบว่า มีแนวโน้มการลดลงของธาตุทั้ง 3 แสดงดังภาพประกอบที่ 16 เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง จะตรวจพบเขม่าป็นลดน้อยลง และหากเวลาผ่านไปมากกว่านี้อาจตรวจไม่พบเขม่าป็นเลยก็เป็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บตัวอย่างผู้ต้องสงสัยในประเทศไทยต้องไม่เกิน 6 ชั่วโมงหลังจากการยิงปืน (พงศกรณ, 2531) ดังนั้นเมื่อเวลาในการเก็บตัวอย่างเขม่าป็นหลังจากการยิงปืนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณเขม่าป็นที่สามารถเก็บได้จะลดลงเนื่องจากเขม่าป็นมีขนาดเล็กมากสามารถหลุดออกจากมือได้โดยกิจกรรมประจำวันภายในเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากที่มีการยิงปืนการล้างมือทันทีทำให้อนุภาคเขม่าป็นถูกล้างออกทั้งหมดหรือสูญหายหากผู้ต้องสงสัยเข้าห้องน้ำเพื่อปัสสาวะ อนุภาคเขม่าป็นก็หลุดออกไปด้วย หากมีฝนตกหรือผู้ต้องสงสัยมีเหงื่อออกมากเวลายิงปืน ผลการตรวจอาจไม่พบเขม่าป็นก็ได้ (Heard, 1997) ในการทดลอง แม้ว่าถูกระดาษจะมีรูพรุนที่ช่วยทำให้เหงื่อลดน้อยลงและป้องกันการปนเปื้อนหรือป้องกันไม่ให้อนุภาคเขม่าป็นหลุดออกได้ แต่ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัจจัยเรื่องของเหงื่อที่ยังคงมีการออกที่บริเวณมือแม้เพียงเล็กน้อยก็ตาม (Heard, 1997) อีกทั้งการสัมผัสถูกระดาษ ก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เขม่าป็นที่มีลดลงได้ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 16

**ตารางที่ 30** แสดงค่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่ว ที่ได้จากการใช้วัสดุ plastic shaft cotton buds ในการเก็บตัวอย่าง และใช้วิธีการสกัด sonicate ที่ เวลา 20 นาที ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง 0 ชั่วโมง

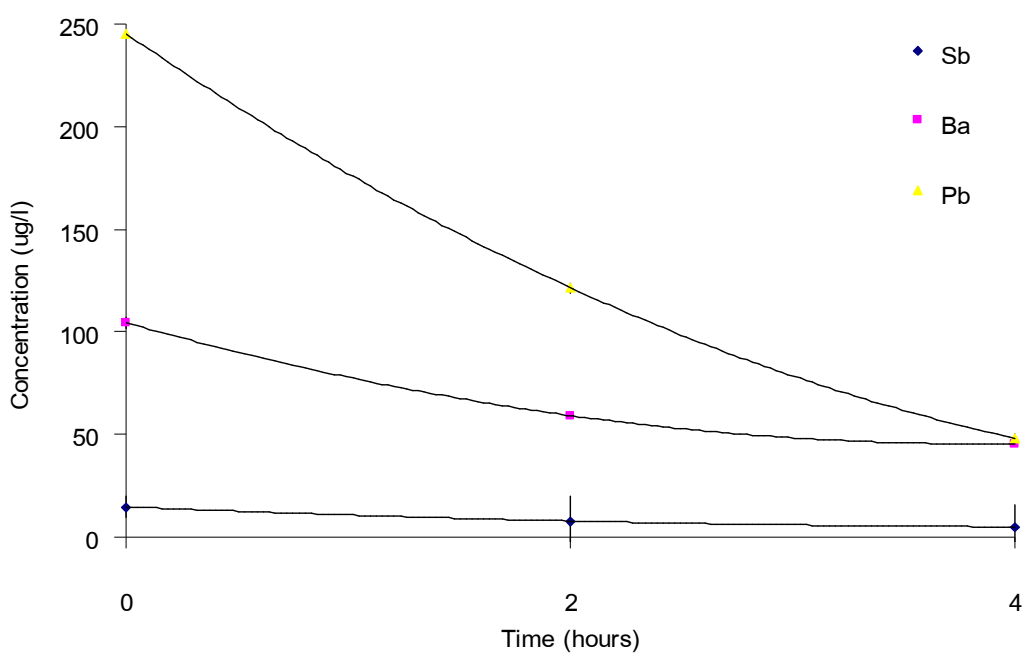
Time (hours)	Concentration ( $\mu\text{g/l}$ )		
	Sb	Ba	Pb
0	13.91	103.37	245.09
	15.52	102.45	241.99
	14.81	107.72	248.95
Mean	14.75	104.51	245.34
%RSD	5.47	2.69	1.42

**ตารางที่ 31** แสดงค่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่ว ที่ได้จากการใช้วัสดุ plastic shaft cotton buds ในการเก็บตัวอย่าง และใช้วิธีการสกัด sonicate ที่ เวลา 20 นาที ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง 2 ชั่วโมง

Time (hours)	Concentration ( $\mu\text{g/l}$ )		
	Sb	Ba	Pb
2	6.85	59.09	121.06
	8.77	60.15	118.88
	7.93	58.39	124.45
Mean	7.85	59.21	121.46
%RSD	12.26	1.50	2.31

ตารางที่ 32 แสดงค่าความเข้มข้นของธาตุแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่ว ที่ได้จากการใช้วัสดุ plastic shaft cotton buds ในการเก็บตัวอย่าง และใช้วิธีการสกัด sonicate ที่เวลา 20 นาที ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง 4 ชั่วโมง

Time (hours)	Concentration ( $\mu\text{g/l}$ )		
	Sb	Ba	Pb
4	5.17	45.57	49.31
	5.50	45.61	47.88
	4.47	45.19	47.34
Mean	5.05	45.46	48.18
%RSD	10.42	0.51	2.11



ภาพประกอบที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างหลังจากการยิงปืน ที่เวลา 0, 2 และ 4 ชั่วโมง กับความเข้มข้นของตัวอย่างเขม่าปืนที่สามารถเก็บได้จากมือผู้ยิงปืน