การคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามสำหรับใช้งานในเขตอำเภอร่อนพิบูลย์

Selection of Arsenic Field Test Kit in Ronpibun District

นางสาวอุไรวรรณ หมัดอ่าดัม

(Miss.Uraiwan Madardam)

นางวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์

(Mrs.Wilaiwan putttapruk)

นายประสิทธิ์ คงทอง

(Mr.Prasit Kongthong)

โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)

ความเห็นและข้อเสนอแนะที่ปรากฏในเอกสารนี้เป็นของผู้วิจัย มิใช่ความเห็นของสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข

มกราคม 2549

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนและความร่วมมือจากบุคคลต่างๆ หลายฝ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เภสัชกร พงค์เทพ สุธีรวุฒิ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยระบบสุขภาพภาคใต้

ขอขอบคุณ ศ.นพ.วีระศักดิ์ จงสู่วิวัฒน์วงศ์ หน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขอขอบคุณ คุณโชโกะ โอชิกาวา ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาให้ความรู้และคำแนะนำการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ Dr.Dipankar chakraborti, School of Environmental Studies Jadavpur University, Kalkata, India. ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ ผู้เข้าร่วมการในโครงการ และเจ้าหน้าที่กลุ่มงานเวชปฏิบัติครอบครัวฯ โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลงด้วยดีสมดังความตั้งใจทุกประการ

นางสาวอุไรวรรณ หมัดอ่าดัม
นางวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์
นายประสิทธิ์ คงทอง

บทคัดย่อ

การคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามสำหรับใช้งานในเขตอำเภอร่อนพิบูลย์

นางสาวอุไรวรรณ หมัดอ่าดัม*
นางวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์*
นายประสิทธิ์ คงทอง*

ปัญหาที่สำคัญของงานสาธารณสุขในปัจจุบันของอำเภอร่อนพิบูลย์ คือ การขาดข้อมูลที่ชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนของสารหนู หลังจากที่ได้พบการปนเปื้อนสารหนูในน้ำบ่อตื้นใน อ.ร่อนพิบูลย์ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2529 เป็นต้นมา ได้มีความพยายามในหลายๆ ด้านเพื่อลดการใช้น้ำบ่อตื้นสำหรับการบริโภค ทำให้การใช้น้ำบ่อลดลง อย่างไรก็ตามน้ำบ่อที่มีการปนเปื้อนของสารหนูยังคงมีอยู่เป็นจำนวนมากในพื้นที่ และประชาชนบางส่วนยังคงมีความจำเป็นต้องใช้น้ำบ่อที่มีการปนเปื้อนเหล่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำให้ประชาชนตระหนักถึงปัญหาสุขภาพจากการใช้น้ำที่ปนเปื้อนของสารหนู

ในปัจจุบัน โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์มีเครื่อง AAS (Atomic absorption spectroscopy) ไว้สำหรับการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารหนู แต่ก็ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของสารหนูที่มีอยู่อย่างรวดเร็วและแม่นยำได้ เนื่องจากการขาดประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ และอุปกรณ์ เครื่องมือ จึงควรมีการเลือกใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามเพื่อการตรวจวิเคราะห์สารหนูที่เหมาะสมกับพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ ซึ่งชุดทดสอบสารหนูภาคสนามดังกล่าวต้องผ่านการทดสอบความถูกต้องแม่นยำ และสำรวจความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณสารหนูโดยประชาชนอำเภอร่อนพิบูลย์

เกณฑ์ในการคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามสำหรับพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ ประกอบด้วย ราคา ความเหมาะสมกับพื้นที่ การใช้และการแปลผลไม่ยุ่งยาก และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าชุดทดสอบสารหนูที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยมหิดล (MU Kit) อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของ MU kit ในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ พบว่า การเทียบสีที่ได้จากการวิเคราะห์กับตารางเทียบสีมาตรฐาน (Standard color chart) ของ AAN kit ให้ความถูกต้องมากกว่าของ MU kit โดยค่าระดับสารหนูที่เหมาะสมสำหรับการวัดอยู่ระหว่าง 100 ~ 200 ppb ระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม 20 นาที เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างชุดทดสอบกับเครื่อง AAS พบว่า ร้อยละ 95 ของค่าที่อ่านด้วยชุดทดสอบ มีค่าอยู่ในช่วง -61 ถึง +53 ppb จากค่าที่อ่านจากเครื่อง AAS นอกจากนี้ยังได้ทำการอบรมการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูด้วยชุดทดสอบแก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุข อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และครูสอนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมใน ต.ร่อนพิบูลย์ โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของสารหนู 200 ppb ซึ่งพบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูที่กลุ่มตัวอย่างวัดได้อยู่ในช่วง 150 ~ 250 ppb

ในการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูแก่กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นนั้น ได้มีการสาธิตขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์รวมทั้งได้แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วย ดังนั้นหากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นประชาชนในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ได้รับการอบรมเพิ่มขึ้นและได้ฝึกปฏิบัติมากเพียงพอจะสามารถวิเคราะห์ผลได้แม่นยำมากขึ้นและสามารถใช้ชุดทดสอบภาคสนามเพื่อประเมินปริมาณสารหนูในขั้นต้นได้

---

* กลุ่มงานเวชปฏิบัติครอบครัวและชุมชน โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Selection of Arsenic Field Test Kit in Ronphibun District

Uraiwan Madardam*, Wilaiwan Putttapruk*, Prasit Kongthong*

Deparment of Family and ComMUnity Health, Ronphibun Hospital, Nakorn si thamarat Province

Abstract

Lack of data showing the present arsenic contamination in Ronphibun has been a matter of public health concern. Since arsenic contamination of shallow-well water in Amphur Ronphibun, Nakorn si thamarat Province, had been found in 1985, interventions to reduce the use of the shallow-well water especially for drinking and cooking have been implemented. However, a large number of shallow wells still exist and the residents continue to use this water for domestic purposes. The residents are anxious about possible health problems and the safety of using the water contaminated with arsenic.

Although an AAS is available in Ronphibun Hospital, fast analysis and accurate results of arsenic analysis cannot be obtained because of problems with the instrument and not enough experience of the analytical staff. We selected a test kit suitable for use in the field in Ronphibun, tested its accuracy and investigated the feasibility of further arsenic measurement by Ronphibun people.

The test kit developed by Mahidol University met the criteria concerning cost, availability, ease of use and interpretation and safety. Accuracy was evaluated using standard arsenic solutions in the laboratory in Ronphibun Hospital, but the standard color chart of the AAN kit was found to give more accurate values.
A suitable range of measurement was between 100 and 200 ppb arsenic level and optimal reaction time was 20 minutes. Comparing the test kit readings with the AAS values of well water samples, 95 % of test kit readings were within the range of -61 and +53 ppb around the AAS value. After training, groups of public health staffs, health volunteers in villages and science teachers of junior high school in Tambon Ronphibun measured arsenic levels in standard solution of 200 ppb using the kit with acceptable results, with 98 % of the determinants falling in the range 150 to 250 ppb.

The procedure and results of arsenic analysis using the test kit in the field at Amphur Ronphibun were shown to the group of the peoples, who well accepted the demonstration of arsenic as a colored result. Measurement of arsenic levels by the people in Ronphibun using the test kit and with higher precision r[illegible] be possible after additional training and sufficient practice, in order to screen for elevated arsenic levels.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บททบทวนวรรณกรรม	3
ระเบียบวิธีวิจัย	11
ผลการศึกษาวิจัย	13
สรุปผลการศึกษา	38
วิจารณ์	39
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	43

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม	8
ตาราง 2	แสดงการประเมินผลการเปรียบเทียบของชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม โดย WHO	9
ตาราง 3	สถานการณ์ระดับสารหนูในน้ำบ่อในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์	10
ตาราง 4	เปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบที่ต้องการจะคัดเลือก	13
ตาราง 5	การเปรียบเทียบ Standard color chart	15
ตาราง 6	ผลการวิเคราะห์ ในการทดลอง 3 ช่วงเวลา	17
ตาราง 7	ผลการวิเคราะห์ standard arsenic solution ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS (ppb)	17
ตาราง 8	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง MU kit และเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อ	19
ตาราง 9	แสดงผลการวิเคราะห์สารหนูด้วยสารละลายมาตรฐาน	24
ตาราง 10	แสดงค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 50 ppb	26
ตาราง 11	แสดงค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 100 ppb	27
ตาราง 12	ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม	29
ตาราง 13	ผลการตรวจเช็คชุดทดสอบสารหนูสำหรับใช้อบรมด้วย As 100 ppb	30
ตาราง 14	ผลตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการอบรม	31
ตาราง 15	แสดงผลการวิเคราะห์โดยแต่ละคนและแต่ละตัวอย่าง	32
ตาราง 16	อัตราการของค่าอ่านจากการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง ±10% ของค่าจริงของตัวอย่าง จำแนกตามกลุ่มและระดับสารหนูในตัวอย่าง	32
ตาราง 17	ผลตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการอบรม (5 – 50 ppb)	34
ตาราง 18	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มด้วย MU kit (ความเข้มข้น 5 – 50 ppb)	34
ตาราง 19	แสดงระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนู	36

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
กราฟ 1	แสดงค่าสารหนูที่ได้อ่านต่อ 100 ppb ของ สารละลายมาตรฐาน	14
กราฟ 2	ผลการวิเคราะห์ด้วย MU kit ใช้สารละลายมาตรฐานของสารหนู	16
กราฟ 3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยสารละลายมาตรฐาน	18
กราฟ 4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อ	20
กราฟ 5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อที่ได้เจือจางแล้ว	21
กราฟ 6	แสดงความแตกต่าง ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS ต่อ ค่า MU kit	22
กราฟ 7	แสดงผลการวิเคราะห์สารหนูในการวิเคราะห์ 16 ครั้งด้วยสารละลายมาตรฐาน 100 ppb	23
กราฟ 8	แสดงค่าอ่านต่อค่าจริงของตัวอย่างใน 3 กลุ่ม	33
ภาพกิจกรรมการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 1		47
ภาพกิจกรรมการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 2		48
ภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์สารหนูด้วย MU kit		49
ภาพแสดง Standard color chart		50

หลักการและเหตุผล

ปัญหาการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อม ในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมาเป็นระยะเวลานาน โดยพบผู้ป่วยที่เป็นโรคพิษสารหนู ในเขตตำบลร่อนพิบูลย์ ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการบริโภคน้ำและอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารหนูมาเป็นระยะเวลานาน จนกระทั่งมีการสะสมของพิษสารหนูในร่างกาย ทำให้เกิดเป็นปัญหาสุขภาพของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่มาโดยตลอด จึงมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยงาน ทำการศึกษาเพื่อหาสาเหตุของการเจ็บป่วย และได้ประสานงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาให้แก่ประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำซึ่งเป็นสาเหตุหลักสำคัญในการเกิดโรค

หลายหน่วยงานในภาครัฐ ได้พยายามแก้ปัญหาโดยการจัดหาแหล่งน้ำสะอาดให้ประชาชนใช้อุปโภคบริโภคในรูปแบบของน้ำประปาและน้ำฝนมาเป็นเวลานานกว่า 10 ปี ซึ่งขณะนี้ความรุนแรงของปัญหาได้ลดลง เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการดื่มน้ำจากเดิมน้ำบ่อตื้น มาเป็นน้ำฝน น้ำประปาและน้ำบรรจุขวดแทน แต่ในด้านพฤติกรรมการใช้น้ำยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากน้ำสะอาดยังมีไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่และไม่เพียงพอตลอดทั้งปี นอกจากนี้ชาวบ้านบางส่วนไม่เชื่อในคุณภาพของน้ำประปา อีกทั้งยังรับภาระของค่าน้ำไม่ไหว จึงยังคงใช้น้ำบ่อตื้น โดยไม่รู้ว่าน้ำที่ใช้นั้นมีสารหนูมากน้อยแค่ไหน

ที่ผ่านมาได้มีหลายหน่วยงานทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจหาปริมาณสารหนูในน้ำว่าปลอดภัยสำหรับการบริโภคหรือไม่ แต่เนื่องจากขาดการประสานงานกัน จึงทำให้การเก็บตัวอย่างไม่เป็นระบบและไม่ได้ตรวจระยะยาว ทำให้ไม่มีบทสรุปที่แน่นอนสำหรับประชาชนซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้รับทราบผลการวิเคราะห์ ดังนั้นโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์จึงได้สร้างห้องปฏิบัติการที่มีเครื่อง AAS ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจหาสารหนูในน้ำฝนและน้ำประปาในพื้นที่ร่อนพิบูลย์ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO:10 ppb) แต่ในน้ำบ่อซึ่งเป็นน้ำใช้ของประชาชนยังคงไม่มีการตรวจปริมาณสารหนู เนื่องจากน้ำบ่อมีปริมาณสารหนูสูงกว่า range ที่เครื่อง AAS สามารถวัดได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องนำไปเจือจางก่อน ทำให้ขั้นตอนยุ่งยากและเสียเวลามากขึ้น อย่างไรก็ตามยังคงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู โดยการปรับปรุงวิธีการใช้เครื่อง AAS ให้มีศักยภาพที่ดีขึ้นและหาวิธีการอื่นๆ ที่สามารถวิเคราะห์ร่วมกับเครื่อง AAS ได้ เพื่อขยายงานการตรวจวัดระดับสารหนูในน้ำบ่อที่มีค่าสูงได้

มหาวิทยาลัยมหิดลได้นำชุดทดสอบสารหนูจากต่างประเทศมาพัฒนาให้เป็นชุดทดสอบที่มี range ในการวิเคราะห์กว้าง สะดวก สามารถใช้ในพื้นที่ได้ดีและได้ผลการวิเคราะห์ทันที จึงควรที่จะทดลองว่าชุดทดสอบดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในเขตพื้นที่ร่อนพิบูลย์หรือไม่ โดยการตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติของชุดสนามแบบต่างๆ ดังนั้น โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์จึงร่วมกับหน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จัดโครงการคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามที่มีความเหมาะสมในการใช้งานที่อำเภอร่อนพิบูลย์ขึ้น เพื่อหาชุดทดสอบที่สามารถตรวจปริมาณสารหนูในน้ำบ่อได้ โดยให้ประชาชนในพื้นที่ได้มีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อขยายการวิเคราะห์สารหนูในน้ำ โดยการคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามที่เหมาะสมที่สุดในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ โดยประชาชนในพื้นที่สามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อทดลองคุณภาพของชุดทดสอบโดยเปรียบเทียบกับ AAS ในห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์
2. เพื่อทดสอบความสอดคล้อง (consistency) ในการใช้ชุดทดสอบแบบต่างๆ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของประชาชนในการเลือกชุดทดสอบภาคสนาม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามที่มีความเหมาะสมที่สุดที่สามารถใช้กับตัวอย่างจริงในพื้นที่
2. ตรวจสารหนูในตัวอย่างน้ำได้มากขึ้นและต่อเนื่อง
3. ประชาชนได้ใช้บริการตรวจสารหนูในน้ำบ่อได้
4. ประชาชนได้เพิ่มความรู้ ความเข้าใจ และมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวัง
5. ประชาชนสามารถใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม โดยการคัดเลือกกลุ่มประชาชนแกนนำของหมู่บ้าน ที่คาดว่ามีความสามารถที่จะวิเคราะห์สารหนูได้ มาให้ความรู้และอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม ทำการทดสอบและดูลการวิเคราะห์ก่อนที่จะให้นำไปใช้จริงในพื้นที่

บททบทวนวรรณกรรม

โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์มีความสามารถวิเคราะห์สารหนูได้โดยใช้เครื่อง AAS (= Atomic absorption spectrometer) ในห้องปฏิบัติการ และ ชุดทดสอบสารหนูในภาคสนาม

การวิเคราะห์สารหนูด้วยเครื่อง AAS

AAS เป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่ง โดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดในอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป[1] เทคนิคการวิเคราะห์มี 3 แบบ คือ Flame Atomization Technique, Flameless Technique, Hydride Generation Technique ใช้วิเคราะห์ธาตุแทบทุกชนิดของสารตัวอย่าง ไม่ว่าจะเป็น ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ มีความแม่นยำและ sensitivity ในการวิเคราะห์ดี ข้อเสียสำหรับการวิเคราะห์ด้วย AAS คือ ต้นทุนในการวิเคราะห์สูง ยุ่งยาก มีหลายขั้นตอนในการเตรียมสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ ไม่สะดวกในการเคลื่อนที่และการขนย้าย

วิธีวิเคราะห์สารหนู

<u>กำหนดค่า parameters ต่างๆ ของเครื่อง AAS ดังนี้</u>

Element	As
Lamp current low (mA)	12
Wave length (nm)	193.7
Slit width (nm)	2.0
Lamp mode	BGC - D2
Gas type	Argon

<u>การทำ standard curves</u>[2]

Stock As solution (1ml=1000 µg As)

↓

เตรียม Intermediate As solution (1ml=10 µg As)

↓

เตรียม Working As solution (1ml=1 µg As)

↓

เตรียม Standard arsenic solution (0.25, 0.5, 0.75, 1.0 µg /40ml)

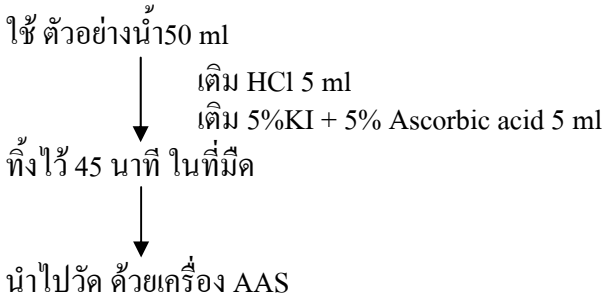
↓ เติม HCl 5 ml
เติม 5%KI + 5% Ascorbic acid 5 ml

ทิ้งไว้ 45 นาที ในที่มืด

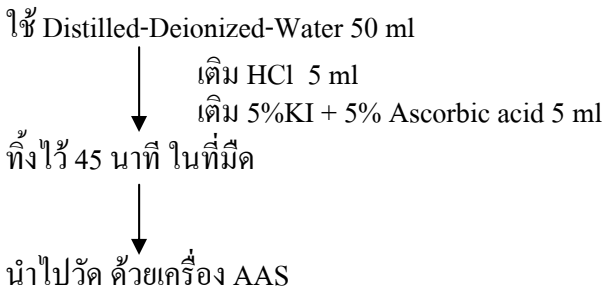
↓

นำไปวัดด้วยเครื่อง AAS

<u>การเตรียมตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์</u>



<u>การเตรียม blank</u>



<u>การดำเนินขั้นตอนการวิเคราะห์</u>

(วิธีการใช้เครื่อง AAS แบบ hydride generation รุ่น AA-6800 ยี่ห้อ SHIMAZU)

1. เปิดเครื่อง AAS
2. เปิด Argon gas
3. เปิดเครื่อง computer เข้าโปรแกรม Wiz AA exe. หน้าจอปรากฏ Wizard Selection
4. Click OK หน้าจอปรากฏ Element Selection
5. Click Select Element หน้าจอปรากฏ Load Parameter
6. เลือกโลหะที่วิเคราะห์ คือ As
7. Click next หน้าจอปรากฏ preparation Parameter
8. Click Edit หน้าจอปรากฏ Edit preparation Parameter ต้องการวัด Std กี่ click เลือกแล้ว Set concentration แล้ว click OK
9. Click next หน้าจอปรากฏ Sample ID พิมพ์จำนวน Sample ที่ต้องการวัด และชื่อ Sample
10. Click next หน้าจอปรากฏ Sample Selection
11. Click next หน้าจอปรากฏ Connect to Intrument / Send parameter
12. Click connect / Send parameter หน้าจอปรากฏ Initialize
13. Click OK เป็นการ moving Burner
14. Click next หน้าจอปรากฏ Optics Parameter
15. Click Lamp ON แล้ว Warm Lamp ประมาณ 5 นาที แล้ว click next
16. Click cancel หน้าจอปรากฏ Atomizer / Gas Flow rate Setup

17. Cclick Atomizer Position เปลี่ยน Burner Height มาที่ 1
18. Click Back หน้าจอปรากฏ Optics Parameter
19. Click Line Search และ Beam Balance OK แล้ว click close แล้ว click Finish
20. ไปที่ Parameter click Parameter Edit
21. Click repeat measurement condition หน้าจอปรากฏ repeat conditions
22. Set Num. Of rep. และ Max. Num. Of Reps. ของ Blank, standard, sample และ Re-slope เป็น 2
23. Set RSD Limit ของ Blank, standard, sample เป็น 10
24. ใส่ t - tube เปิด Atomic MUffle ไฟ 100 V set ที่ 900
25. วัด Flow rate และล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 15 นาที
    อัตราการไหลของ 10% HCl ประมาณ 3.0 ml/min
    อัตราการไหลของ $NaBH_4$ ประมาณ 2.8 ml/min
    อัตราการไหลของ Sample ประมาณ 7.2 ml/min
26. เครื่องพร้อมวัดการวิเคราะห์

<u>การวัดการวิเคราะห์</u>

1. วัด blank
2. วัด standard solution ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 ppb ตามลำดับ แล้วนำที่ได้มา plot of standard curve ด้วยเครื่อง AAS
3. หลังจากได้ standard curve ที่เหมาะสมแล้ว ซึ่งมีค่า r^2 ไม่น้อยกว่า 0.95 จึงจะถือว่าใช้ได้ แล้วให้ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ standard solution ที่ความเข้มข้น 20, 5, และ blank ตามลำดับ (ทำการวิเคราะห์ก่อน – หลัง sample)
4. วัดตัวอย่างละ 2 นาที โดยวัด sample 1,2,3… เมื่อครบ 10 sample ให้ทำการวัด standard solution ที่ความเข้มข้น 10 ppb และ blank (ทำที่ทุก 10 sample) แล้ววัด sample ที่ 11,12,13… ต่อไป เพื่อให้เครื่องคำนวณปริมาณที่วิเคราะห์ได้จากการเทียบกับ standard curve
5. วัด sample เสร็จ ล้างเครื่องด้วย DI water 10 นาที ลด Atomic MUffle ให้เป็นศูนย์ นำ t-tube ออก แช่ใน 10% HNO_3 solution 1 คืน
6. ปิดถัง gas และเครื่อง Hydride generation
7. ปิดเครื่อง AAS

การควบคุมคุณภาพ

1. วิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ
2. ทำ Standard curve โดยใช้ Standard As solution 0, 5, 10, 15, 20 ppb ทุกครั้งซึ่งมีค่า r^2 ไม่น้อยกว่า 0.96 ก่อนจะทำการวัดตัวอย่าง
3. ใช้ Standard As solution 0, 5, 20 ppb ก่อนและหลัง วัดตัวอย่าง และวัด Standard As solution 10 ppb ที่ทุกๆ ระยะ10 ตัวอย่าง ถ้าค่าที่ได้ต่างจากค่าความเข้มข้นมาตรฐาน เกิน $\pm$ 10% ให้ทำ standard curve และตัวอย่างใหม่

การบันทึกข้อมูล

รายงานผลการวิเคราะห์

- ถ้าผลการวิเคราะห์ที่ได้ต่ำกว่า 5 µg/l ให้รายงานว่า น้อยกว่า 5 µg/l
- ถ้าผลการวิเคราะห์ที่ได้มากกว่า 5 µg/l รายงานตามค่าที่ได้มา

การบันทึกข้อมูล

- สมุดบันทึกรายละเอียด
- เก็บข้อมูลดิบไว้

การวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

ในการวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนามส่วนใหญ่ได้พัฒนามาจากวิธี Mercury Bromide Stain Method[3] ซึ่งใช้หลักการ คือ การเกิดก๊าซอาซีน (Arsine) ไปทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของ mercury bromide paper ปฏิกิริยาดังต่อไปนี้[4]

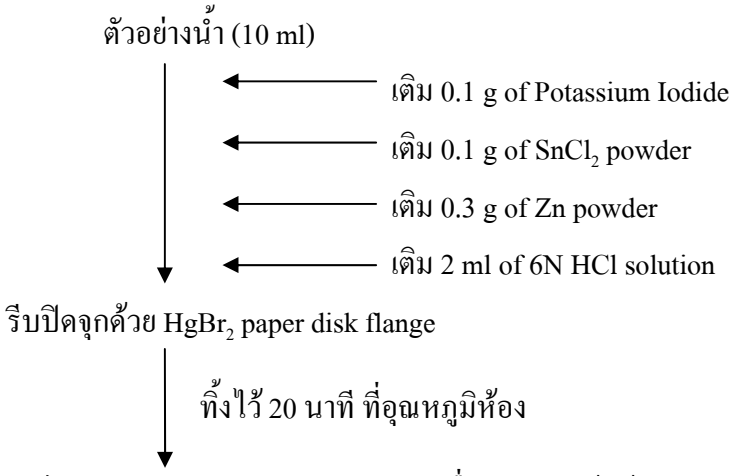
$$AsH_3 + HgBr_2 \longrightarrow H_2As\text{-}HgBr + HBr \quad (1)$$
(yellow)

$$H_2As\text{-}HgBr + HgBr_2 \longrightarrow HAs(HgBr)_2 + HBr \quad (2)$$
(orange)

$$HAs(HgBr)_2 + HgBr_2 \longrightarrow As(HgBr)_3 + HBr \quad (3)$$
(brown)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. AAN Kit (=Hironaka method[5])



2. MU Kit (พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย มหิดล)[6]

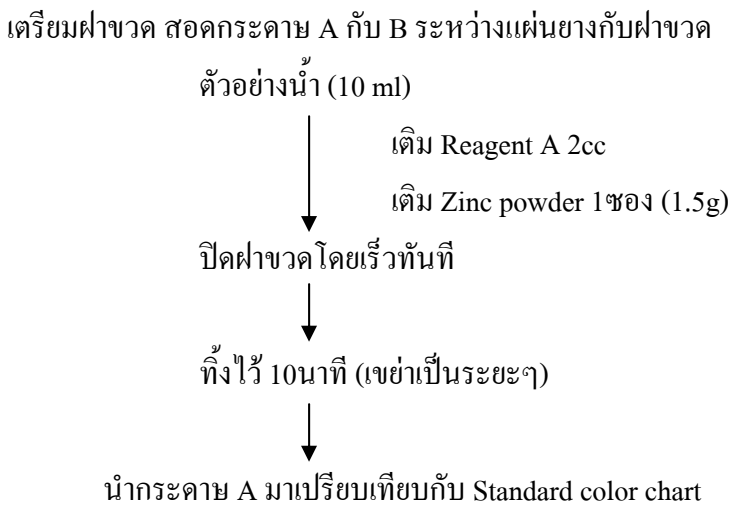
สารเคมีที่ใช้

Reagent A (mixed solution consisting of $SnCl_2$ and HCl)

Zinc powder

Mercuric Bromide absorbed in a paper strip

ขั้นตอนการวิเคราะห์



<u>การพัฒนาชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม</u>

ในปัจจุบันนี้ ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม ได้พัฒนามาหลายแบบ แต่ช่วงความเข้มข้นที่วัดได้และคุณสมบัติต่างๆ ของชุดภาคสนามไม่เหมือนกัน โดย รศ. ดร.ยุวดี เชี่ยววัฒนา มหาวิทยาลัยมหิดล ศึกษาการพัฒนาชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม 3 ชุดทดสอบ คือ PeCo, HACH และ MU kit และเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบสารหนูภาคสนามทั้ง 3 ชุด ดังแสดงผลในตางราง 1

ตาราง 1: แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม[6]

ที่	คุณสมบัติที่เปรียบเทียบ	PeCo	HACH	MU
1	การออกแบบของการห่อ -ขวดปฏิกิริยา -กล่องชุดทดสอบ	 ดี ดี	 ดีมาก ดี	 ดีมาก ดี
2	สารเคมีที่จำเป็น	All in powder form	All in powder form	One powder and one solution
3	ความสะดวกของการใช้	ดี	ดีมาก	ดีมาก
4	ช่วงความเข้มข้นที่วัดได้	2.5–100 ppb	10–4000 ppb	5–500 ppb
5	ปริมาณของตัวอย่างน้ำ	50ml	50ml	10ml
6	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	10 นาที	25–30 นาที	10 นาที
7	ความปลอดภัยต่อผู้ใช้	ดี	ดี	ดีมาก*
8	ความแม่นยำและความถูกต้อง	ดีมาก	ดี	ดีมาก
9	การวิเคราะห์ซ้ำ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
10	จำกัดการเกิดก๊าซซัลไฟด์	ดี	ดี	ดีมาก
11	การเช็คมาตรฐานการทดสอบ**	ไม่มี	ไม่มี	มี

* มีข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีและคำแนะนำในการใช้ชุดทดสอบสารหนูอย่างปลอดภัย

** มีสารมาตรฐานสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดสอบสารหนู เตรียมอยู่ในกระดาษกรองซึ่งบรรจุอยู่ในหลอดพลาสติก มีปริมาณสารหนู 0.3 ไมโครกรัม สำหรับใช้ทดสอบความถูกต้องของการทดสอบ

จากตารางข้างต้น พบว่า

- PeCo วัดความเข้มข้น มากกว่า 100 ppb ไม่ได้
- MU และ PeCo มีความแม่นยำและความถูกต้องดีกว่า HACH ถึงแม้ว่า HACH มีช่วงความเข้มข้นที่วัดกว้าง
- MU มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ได้ดีกว่า PeCo และ HACH

นอกจากนี้ องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ประเมินชุดทดสอบสารหนูภาคสนามสำหรับใช้ในงานที่ประเทศอินเดียและบังคลาเทศ โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบสารหนูแต่ละชุดได้ผลดังตาราง 2

ตาราง 2: แสดงการประเมินผลการเปรียบเทียบของชุดทดสอบสารหนูภาคสนามโดย WHO[7]

ที่	คุณสมบัติที่เปรียบเทียบ	AAN (Japan)	Merck (Germany)	Aqua (India)	NIPSOM (Bangladesh)	AIIH&P (India)
1	ช่วงความเข้มข้นที่วิเคราะห์	20–700 ppb	100–3000 ppb	Yes/no type at 50 ppb	20–700 ppb	Yes/no type at 50 ppb
2	สารเคมีที่จำเป็น	HCl, $SnCl_2$, Kl, $HgBr_2$ paper	HCl, $SnCl_2$, Kl, $HgBr_2$ paper	HCl, $SnCl_2$, Kl, $HgBr_2$ paper	HCl, $SnCl_2$, Kl, $HgBr_2$ paper	HCl, $SnCl_2$, Kl, $HgBr_2$ paper
3	อันตรายที่จะเกิดขึ้นในการทำงาน	-ก๊าซอาซีน	-กรดและก๊าซอาซีน	-กรดและก๊าซอาซีน -มือของผู้ใช้สัมผัสกับ $HgBr_2$	-กรดและก๊าซอาซีน	-กรด HCl อาจจะ หกกระจาย -ก๊าซอาซีน
4	จำกัดการเกิดก๊าซซัลไฟด์	Sulfide at >0.1 mg/l has positive interference	Sulfide at >0.1 mg/l has positive interference	Lead acetate trap removes sulfide interference	Sulfide at >0.1 mg/l has positive interference	Lead acetate trap removes sulfide interference
5	เวลาทดสอบ	15 นาที	30 นาที	15 นาที	5 นาที	30 นาที

จากตารางข้างต้น พบว่า

- NIPSOM และ AIIH&P เป็นชุดที่ปรับปรุงสำหรับใช้ที่ ประเทศบังคลาเทศ และอินเดีย
- Aqua (AIIH&P) ในการตรวจบอกผลได้เพียงมากกว่าหรือน้อยกว่า 50 ppb
- Merck มีช่วงความเข้มข้นที่วัดได้กว้างกว่า AAN กับ NIPSOM
- ทุกชุดทดสอบไม่ได้ตรวจความปลอดภัยต่อผู้ใช้ จากการเกิดก๊าซอาซีน

สรุปได้ว่าชุดทดสอบสารหนูภาคสนามของ MU, AAN และ Merck น่าจะนำมาทดลองใช้ที่ร่อนพิบูลย์ โดยทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากพื้นที่ร่อนพิบูลย์ในช่วงความเข้มข้นต่างๆ นอกจากนี้ ต้องทดสอบ Standard analysis ด้วย เพราะ Irgolic KJ, et al. ได้ศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 100 ppb ไม่สามารถเชื่อถือได้ เพราะว่ามีความถูกต้องแม่นยำน้อย เกิดความผิดพลาดได้มาก[6]

สถานการณ์ระดับสารหนูในน้ำบ่อในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์

ตั้งแต่ พ.ศ.2530 มีการตรวจระดับสารหนูในน้ำบ่อในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3: สถานการณ์ระดับสารหนูในน้ำบ่อในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์

จำนวนตัวอย่าง (น้ำบ่อ)	หมู่ที่เก็บตัวอย่าง	ผลการศึกษา	วิจัยโดย
150	1, 2, 3, 5, 6, 7, 12, 13, 14	- บ่อที่มีสารหนูเกิน 100ppb เป็น 96บ่อในหมู่2,12,13 - ระดับสารหนูสูงสุด 4450 ppb	กรมทรัพยากรธรณี 2530[8]
2,421	1*, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9*, 10, 11, 12, 13	- 346 บ่อ มีสารหนูมากกว่า 50 ppb	กระทรวงสาธารณสุข 2531[9]
23	2, 3, 5, 9, 10, 12, 13	-ค่าสารหนูอยู่ระหว่าง1~5114 ppb และ บ่อที่มีสารหนูเกิน 1000 ppb อยู่ที่หมู่12 (3 บ่อ) และหมู่2 (1 บ่อ)	กระทรวงอุตสาหกรรม 2540[10]
256	2, 12, 13	188 บ่อ มีสารหนู มากกว่า 50 ppb	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2543[11]

* หมู่1 รวม หมู่14 และ หมู่9 รวม หมู่16

จากตารางข้างต้นพบว่าในเขตพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์มีน้ำบ่อปนเปื้อนสารหนูเป็นระดับกว้างตั้งแต่ความเข้มข้นน้อยกว่า 50 ppb ถึงมากกว่า 5000 ppb และมีน้ำบ่อที่มีระดับสารหนูสูงส่วนใหญ่ อยู่ที่ หมู่ 2, 12 และ 13

นอกจากนี้การศึกษาของหน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์[12] โดยสำรวจบ้านทั้งหมด 3,849 ครัวเรือน จาก 16 หมู่บ้านระหว่างปี 2540–2541 ประชาชนมีการเปลี่ยนแปลงในการใช้น้ำจากน้ำบ่อตื้นไปใช้น้ำฝนในการดื่ม แต่น้ำบ่อตื้นยังเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญสำหรับการล้าง จากการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำบริโภคในปี 2545 โดยโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ได้สรุปว่า ในตำบลร่อนพิบูลย์น้ำฝนเป็นน้ำที่ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารหนู แต่ในน้ำบ่อตื้นไม่ได้มีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารหนู[13]

ระเบียบวิธีวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม
2. เครื่องAAS (atomic absorption spectrophotometer) แบบ hydride generation รุ่น AA-6800 (SHIMAZU)
3. เครื่องแก้วและอุปกรณ์
    3.1 บีกเกอร์
    3.2 ปิเปต
    3.3 ขวดวัดปริมาตร
    3.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก
4. สารเคมี
    4.1 Standard arsenic solution ($As_2O_3$1000 mg/l)
    4.2 Conc-HCl
    4.3 KI
    4.4 Ascorbic acid
    4.5 Conc-HNO_3
    4.6 $NaBH_4$
    4.7 NaOH

ขั้นตอนการศึกษา

1. คัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามเบื้องต้นจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้
    1.1 ราคาไม่เกิน 100 บาท ต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้ง
    1.2 มีจำหน่ายในประเทศไทย หรือ สามารถสั่งซื้อได้สะดวกและรวดเร็ว
    1.3 วิธีการใช้ง่าย และสะดวก
    1.4 แปลผลได้ง่าย และ ได้ผลมีความถูกต้อง
    1.5 ของเสียจากการวิเคราะห์กำจัดได้ง่ายและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม
2. ทดสอบคุณสมบัติของชุดทดสอบ
    2.1 วิเคราะห์ blank โดยใช้ Deionization water แทนน้ำตัวอย่างและวิเคราะห์ สารละลายมาตรฐานสารหนู ช่วงความเข้มข้น 25~750 ppb ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบสารหนูที่จะกล่าวต่อไป
    2.2 ช่วงเวลาในการวิเคราะห์
    ทดสอบในช่วงเวลา 10, 20, 30 นาที ด้วย Arsenic standard solution
    2.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของชุดทดสอบสารหนูภาคสนามกับเครื่อง AAS แบบ hydride generation ที่ห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ โดยใช้ Standard arsenic solution และตัวอย่างน้ำบ่อ

3. การหากลุ่มประชาชนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

    กลุ่ม 1 ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 5คน

    กลุ่ม 2 อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 5คน

    กลุ่ม 3 เจ้าหน้าที่สาธารณสุข อ.ร่อนพิบูลย์ จำนวน 5คน

    3.1 การอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

    3.2 ทดสอบให้ประชาชนแต่ละกลุ่มใช้ชุดทดสอบสารหนู

    3.3 สอบถามความพอใจในการใช้ชุดทดสอบแต่ละชุดโดยใช้แบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Correlation ในการทดลองคุณภาพชุดทดสอบ (เพื่อตอบวัตถุประสงค์จำเพาะข้อ 1)
2. ใช้สถิติ Scatter plot, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ในการทดสอบความสอดคล้องของประชาชนในการใช้ชุดสอบ
3. ใช้สถิติ descriptive statistic และร้อยละ ในการประเมินความพึงพอใจของประชาชน

ผลการศึกษา

1. การคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

การคัดเลือกเบื้องต้น ใช้เกณฑ์ดังนี้

1. ราคาไม่เกิน 100 บาท ต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้ง
2. มีจำหน่ายในประเทศไทย หรือสามารถสั่งซื้อได้สะดวกและรวดเร็ว
3. วิธีการใช้ง่ายและสะดวก
4. แปลผลได้ง่ายและได้ผลที่ถูกต้อง
5. ของเสียจากการวิเคราะห์กำจัดได้ง่ายและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

ผลการทดลองชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม จำนวน 5 ชุด แสดงในตาราง 4

ตาราง 4: เปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดทดสอบที่ต้องการจะคัดเลือก

ที่	คุณสมบัติที่เปรียบเทียบ	PeCo	HACH	AAN	MERCK	MU
1	ราคาการวิเคราะห์	ไม่ทราบราคาที่แน่นอน	ไม่ทราบราคาที่แน่นอน	เกิน100บาทต่อ1ตัวอย่าง	ไม่ทราบราคาที่แน่นอน	40บาทต่อ1ตัวอย่าง
2	การสั่งซื้อ	หาแหล่งขายไม่ได้ในประเทศไทย	หาแหล่งขายไม่ได้ในประเทศไทย	ต้องสั่งซื้อจากประเทศญี่ปุ่น	หาแหล่งขายไม่ได้ในประเทศไทย	ได้สั่งซื้อจาก ม. มหิดล
3	วิธีการใช้	สะดวกต่อการใช้*	สะดวกต่อการใช้*	สะดวกต่อการใช้	ไม่ได้ทดลอง	สะดวกต่อการใช้
4	การแปลผล	แปลผลได้ถูกต้อง*	แปลผลได้ถูกต้อง*	ใช้ Standard Color Chart	ไม่ได้ทดลอง	ใช้ Standard Color Chart
5	ของเสียจากการวิเคราะห์	น้ำเสีย	มีน้ำเสีย	น้ำเสียกระดาษ	มีน้ำเสีย	น้ำเสียกระดาษ
6	หลักการวิเคราะห์	Mercury Bromide Stain Method	Mercury Bromide Stain Method	Mercury Bromide Stain Method	Mercury Bromide Stain Method	Mercury Bromide Stain method
7	ความปลอดภัยต่อผู้ใช้	อันตรายที่เกิดจากก๊าซอาซีน	อันตรายที่เกิดจากก๊าซอาซีน	อันตรายที่เกิดจากก๊าซอาซีน	อันตรายที่เกิดจากก๊าซอาซีน	อันตรายที่เกิดจากก๊าซอาซีน
8	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (นาที)	10*	25–30*	20	30**	10

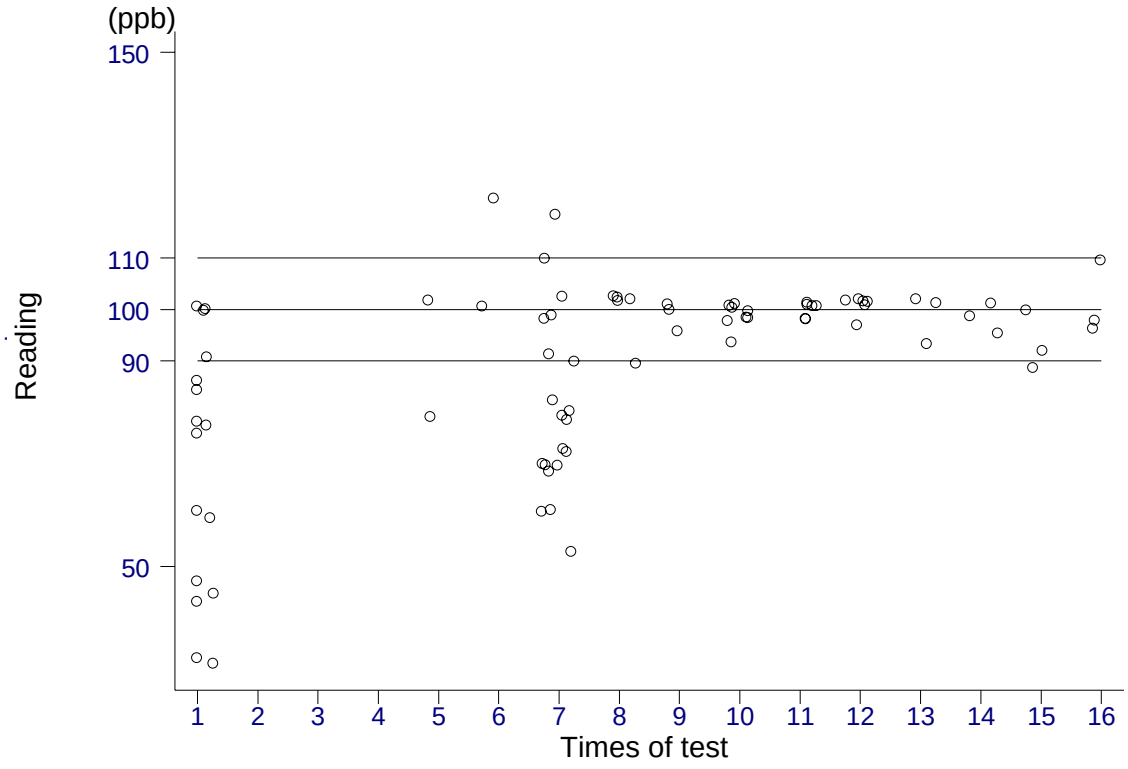
* ข้อมูลจาก Develop a Low Cast Arsenic Filed Test Kit for Trace Level Detection (phase II).[6]

สรุปได้ว่า

1. ได้คัดเลือก MU kit เพราะราคาไม่เกิน 100 บาทต่อหนึ่งตัวอย่าง สามารถสั่งซื้อได้ วิเคราะห์สะดวกและรวดเร็ว แปลผลได้สะดวกโดยใช้ Standard Color Chart และมีของเสียที่จำกัดได้
2. ขวดชุดทดสอบของ MU kitเป็นพลาสติก ซึ่งใช้สะดวกและง่าย
3. โทนสีใน Standard color chart ของ MU kit มีความใกล้เคียงกัน แต่ไม่ค่อยเหมือนกับสีที่เกิดจากปฏิกิริยาแท้จริงบนกระดาษ A
4. ทุก kit มีก๊าซอาซีนที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ ฉะนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ต้องใช้สถานที่ที่อากาศถ่ายเทได้
5. AAN กับ MU kit มีน้ำเสียที่มี Zinc และกระดาษที่มี Mercury Bromide ซึ่งต้องจำกัดของเสียทั้งสองอย่างนี้ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนออกไปสู่สิ่งแวดล้อม

2. ทดสอบคุณสมบัติของ MU kit

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ได้ฝึกการวิเคราะห์โดยใช้ 100 ppb of standard arsenic solution ดังแสดงผลวิเคราะห์ในกราฟ 1



กราฟ 1 : แสดงค่าสารหนูที่ได้อ่านต่อ 100 ppb ของ สารละลายมาตรฐาน

หมายเหตุ: test ที่ 2, 3, 4 ได้วิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 ppb ของ สารละลายมาตรฐาน

จากกราฟเห็นได้ว่าช่วงแรก คือ ในครั้งที่ 1, 5, 6, 7 เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ปริมาณสารหนูที่ระดับความเข้มข้น 100 ppb ได้ไม่สม่ำเสมอและอ่านได้ค่าน้อยกว่า 100 ppb (= underestimation) เป็นจำนวนมาก แต่ตั้งแต่ครั้งที่ 8 ขึ้นไปค่าที่อ่านอยู่ใน ±10% ของความเข้มข้น 100 ppb คือ ระหว่าง 90 กับ 110 ppb ได้ เพราะฉะนั้นผลการวิเคราะห์จากครั้งที่ 8 ขึ้นไปได้ใช้ในรายงานต่อไป

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์โดยใช้ MUkit เห็นได้ว่าสีที่เกิดขึ้นบน Strip A เมื่อนำไปเทียบกับ Standard color chart ปรากฏว่าสีที่เกิดขึ้นจริงจากการวิเคราะห์มีลักษณะไม่ค่อยเหมือนกับสีที่ปรากฏอยู่บน Standard color chart ของ MUkit จึงอ่านค่ายากแล้วทำให้ค่าที่อ่านออกมาต่ำกว่า Standard arsenic solution เพราะฉะนั้นได้ทดสอบโดย Standard color chart ของ kit อื่นนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสีแล้วแสดงผลการวิเคราะห์ในตาราง 5

ตาราง 5: การเปรียบเทียบ Standard color chart

ค่าที่ใช้อ่าน	Standard arsenic solution					
	25 ppb	**50 ppb**	**100 ppb**	**150 ppb**	**200 ppb**	**250 ppb**
Standard color chart ของ MU kit	15 ppb (60 %)	35 ppb (70 %)	75 ppb (75 %)	120 ppb (80 %)	150 ppb (75 %)	180 ppb (72 %)
Standard color chart ของ AAN kit	25 ppb (100 %)	45 ppb (90 %)	100 ppb (100 %)	160 ppb (106 %)	200 ppb (100 %)	220 ppb (88 %)

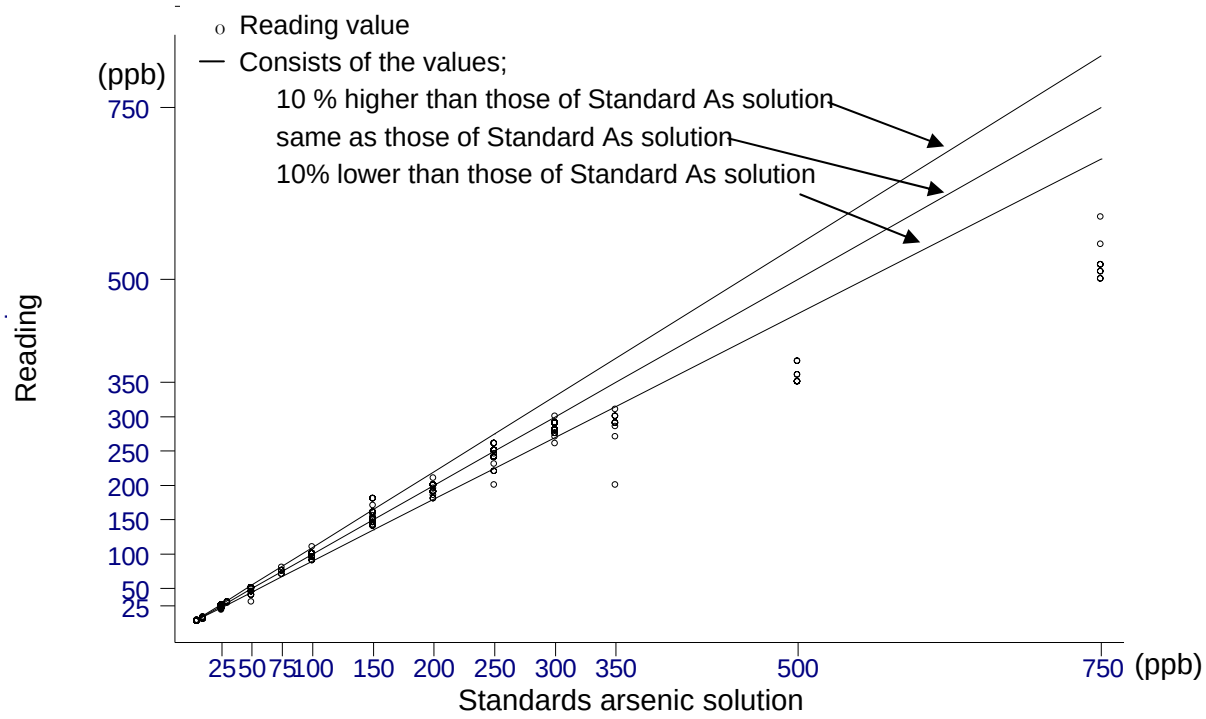
จากตารางเห็นได้ว่า ค่าที่ได้อ่านโดยใช้ Standard color chart ของ MU kit และ AAN kit อยู่ในช่วง 60–80% (ค่าเฉลี่ย 72%) และ 88–106% (ค่าเฉลี่ย 97%) ตามลำดับ ของ standard arsenic solution สรุปได้ว่า Standard color chart ของ AAN kit ให้ค่าอ่านใกล้เคียงกับค่าของ standard arsenic solution แต่ Standard color chart ของ MU kit ให้ค่าอ่านต่ำกว่าค่าของ standard arsenic solution เพราะฉะนั้น จึงใช้การวิเคราะห์โดย MUkit แต่ผสมใช้ Standard color chart ของ AAN kit ด้วยต่อไป

2.1. Blank test

เมื่อใช้ชุดทดสอบทุกครั้งได้วิเคราะห์ blank โดยใช้ Distilled Deionization Water แทนน้ำตัวอย่างแล้ววิเคราะห์ตามขั้นตอนการวิเคราะห์แล้วผลการวิเคราะห์ออกมาไม่มีสีทุกครั้ง

2.2. Test by Standard arsenic solution

ในการวิเคราะห์สารหนูด้วย MU kit ใช้สารละลายมาตรฐานของสารหนูซึ่งมีความเข้มข้น 25 ~ 750 ppb แสดงผลการวิเคราะห์ในกราฟ 2



กราฟ 2. ผลการวิเคราะห์ด้วย MU kit ใช้สารละลายมาตรฐานของสารหนู

เห็นได้จากกราฟว่า ที่ระดับความเข้มข้น 75, 100 และ 200 ppb ค่าของการอ่านอยู่ในช่วง 10% ของค่า Standard arsenic solution แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ ช่วง 250 ppb ขึ้นไป ค่าของการอ่านต่ำกว่าค่าของ Standard arsenic solution คือ under-estimation นอกจากนี้ ที่ระดับความเข้มข้น 150 ppb ค่าของการอ่านสูงกว่าค่าของ Standard arsenic solution คือ over-estimation 57 ถึงแม้ว่า ค่าของการอ่านที่ระดับความเข้มข้น 75 ppb อาจจะไม่ค่อยแน่นอนเพราะว่าได้วิเคราะห์ 3 ครั้งเท่านั้น จึงสรุปได้ว่า ระดับสารหนูที่วิเคราะห์ได้ด้วย MUkit ควรมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100 และ 200 ppb

2.3. ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปฏิกิริยา ได้ทดลอง ใช้ 10, 20 และ 30 นาที แล้ว แต่ละช่วงเวลา ได้วิเคราะห์ 3 ครั้ง ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 ppb ของสารละลายมาตรฐานของสารหนู ดังตาราง 6

ตาราง 6: ผลการวิเคราะห์ ในการทดลอง 3 ช่วงเวลา

Sample no.	Time	25 ppb	100 ppb
1	**10 minutes**	20	80
2		20	80
3		25	100
4	**20 minutes**	20	80
5		25	100
6		25	120
7	**30 minutes**	25	85
8		30	120
9		25	130

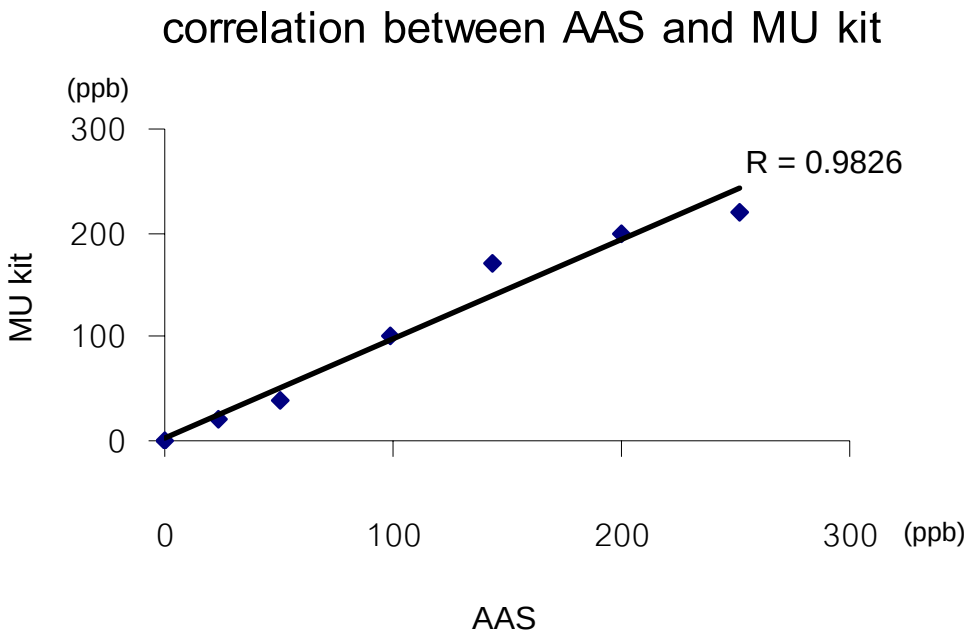
จากผลการทดลองช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppb ของ standard arsenic solution ช่วงเวลาที่ 10 นาที อ่านค่า 25 ppbได้หนึ่งตัวอย่าง แต่ช่วงเวลาที่ 20 และ 30 นาที อ่านค่า 25 ppbได้สองตัวอย่าง ส่วนการวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppb ของ standard arsenic solution ช่วงเวลาที่ 10 นาที อ่านค่า 100 ppb ได้หนึ่งตัวอย่าง แต่ช่วงเวลาที่ 20 และ 30 นาที อ่านค่ามากกว่า 100 ppb ได้สองตัวอย่าง ดังนั้นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา ไม่ควรน้อยกว่า 20 นาที

2.4. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS ด้วยสารละลายมาตรฐานของสารหนู

ผลการวิเคราะห์ด้วย Standard arsenic solution (25 ~ 250 ppb) ได้เปรียบเทียบระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS แสดงในตาราง 7 และ กราฟ 3

ตาราง 7. ผลการวิเคราะห์ standard arsenic solution ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS (ppb)

Standard As solution (ppb)	**0**	**25**	**50**	**100**	**150**	**200**	**250**
MU kit	ไม่มีสี	20	40	100	170	200	220
AAS	<0.003	25	50	98.8	142.6	200	252



กราฟ 3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยสารละลายมาตรฐาน

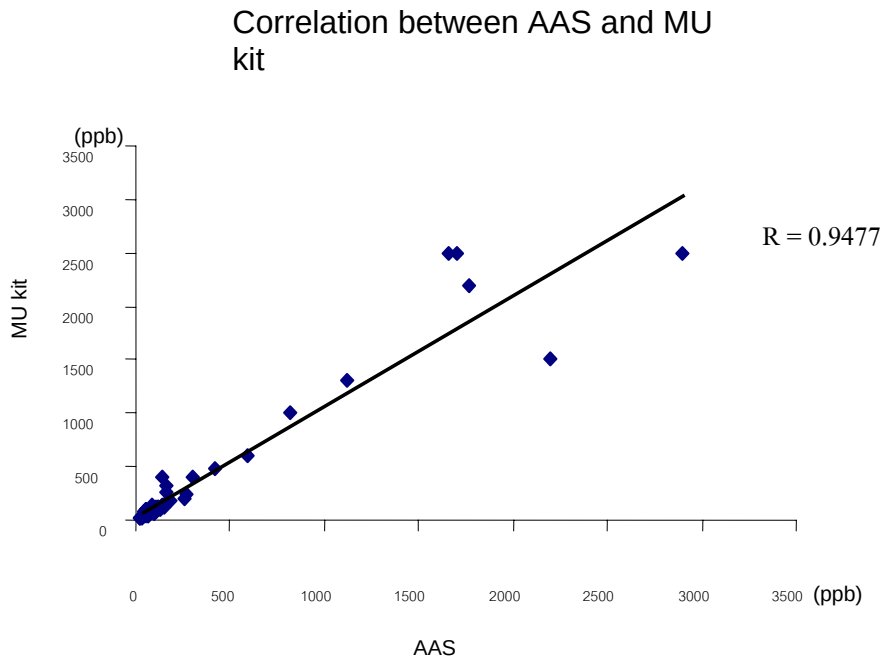
จากกราฟจะเห็นได้ว่า ที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppb ค่าของ MU kit กับของเครื่อง AAS มีค่าใกล้เคียงกัน ที่ความเข้มข้น 150 ppb ค่าของ MU kit สูงกว่าค่าของเครื่อง AAS (over-estimation) แต่ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 250 ppb ค่าของ MU kit ต่ำกว่าค่าของเครื่อง AAS (under-estimation) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าของ MU kit และค่าของเครื่อง AAS มีค่าใกล้เคียงกัน โดยได้ค่า R = 0.9826 จึงสรุปได้ว่า MU kit จะนำมาใช้วิเคราะห์ได้ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 100 กับ 200 ppb

2.5. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อ

ผลการวิเคราะห์น้ำบ่อ 50 ตัวอย่าง ได้เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS ดังแสดงในตาราง 8 และ กราฟ 4 กับ 5

ตาราง 8. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง MU kit และเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อ

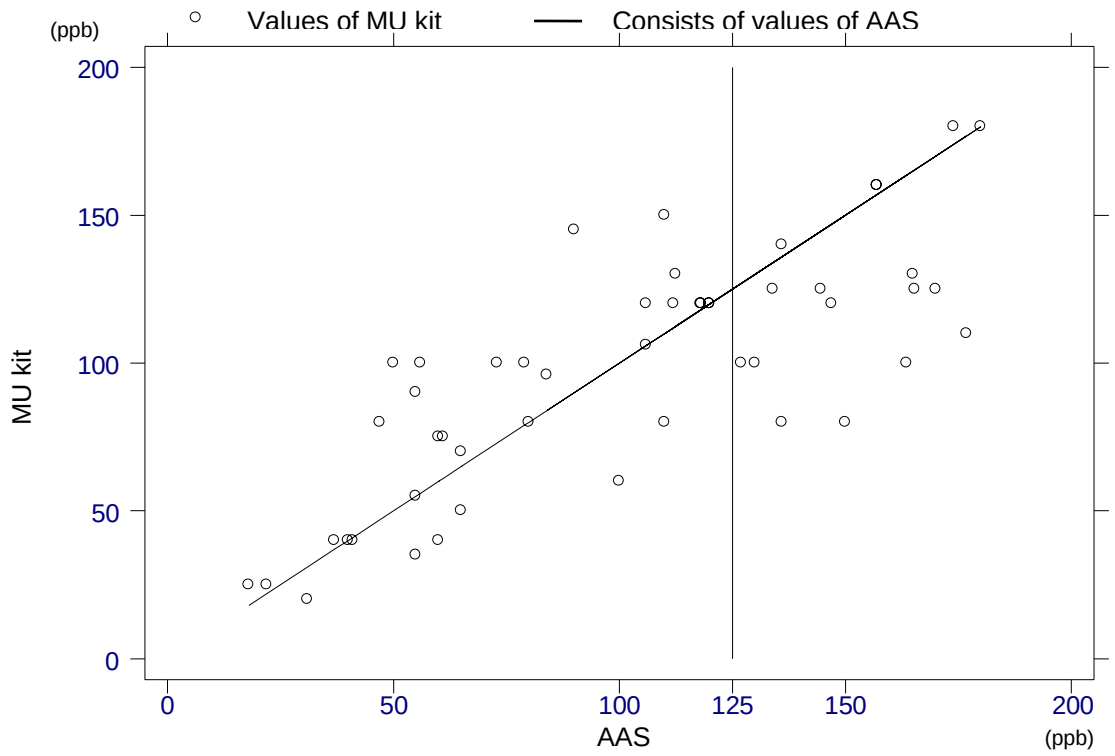
ที่	Sample No.	AAS (ppb)	MU kit (ppb)	ที่	Sample No.	AAS (ppb)	MU kit (ppb)
1	R01	18	25	26	I19	112	120
2	R02	22	25	27	I20	118	120
3	I01	31	20	28	I21	120	120
4	R03	37	40	29	I22	120	120
5	I02	40	40	30	I23	127	100
6	I03	41	40	31	I24	136	140
7	R04	47	80	32	R08	136	400
8	R05	50	100	33	I25	147	120
9	I04	55	35	34	R09	157	320
10	I05	55	55	35	I26	157	160
11	I06	55	90	36	R10	165	260
12	R06	56	100	37	I27	174	180
13	I07	60	40	38	I28	180	180
14	I08	60	75	39	I29	260	200
15	I09	61	75	40	I30	268	250
16	I10	65	50	41	R11	300	400
17	I11	65	70	42	R12	420	480
18	I12	73	100	43	R13	591	600
19	R07	79	100	44	R14	818	1000
20	I13	80	80	45	R15	1125	1300
21	I14	90	145	46	R16	1654	2500
22	I15	100	60	47	R17	1700	2500
23	I16	106	120	48	R18	1769	2200
24	I17	106	106	49	R19	2200	1500
25	I18	110	80	50	R20	2893	2500



กราฟ 4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อ

จากกราฟจะเห็นได้ว่า การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบ่อที่มีระดับความเข้มข้นสารหนูตั้งแต่ 18 ~ 2893 ppb ด้วยวิธี MU kit และเครื่อง AAS ให้ค่าที่มีความใกล้เคียงกัน โดยได้ค่า R = 0.9477

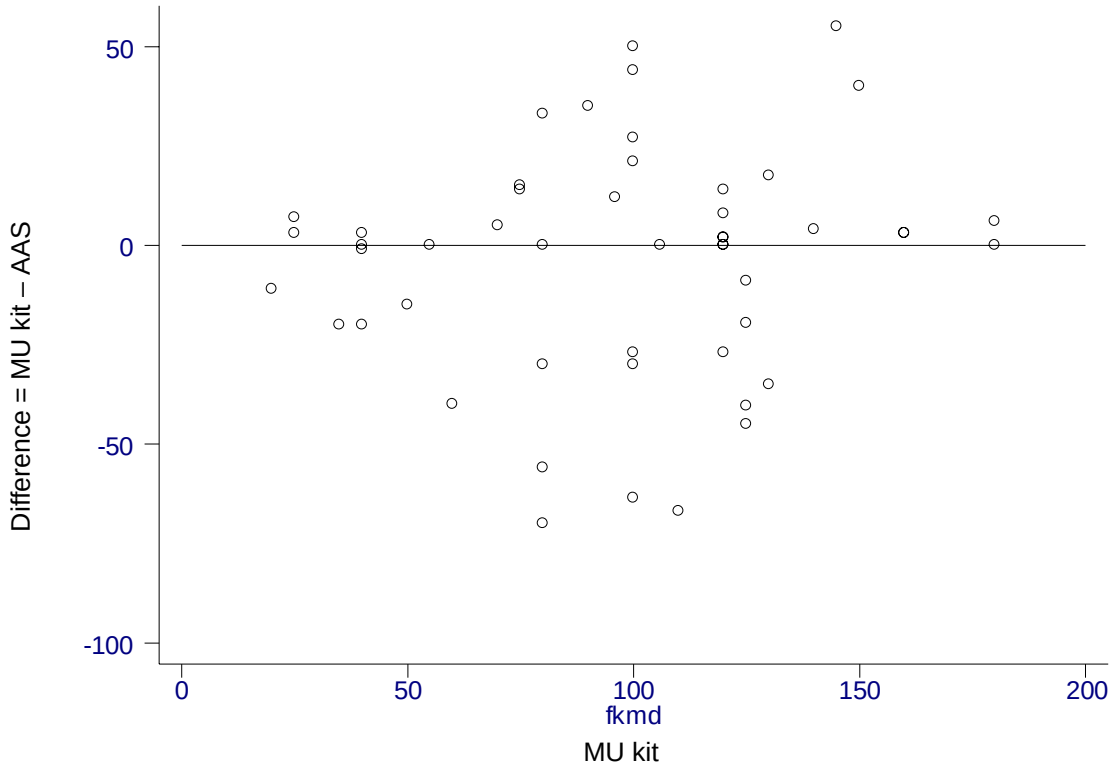
ช่วงความเข้มข้นของสารหนู ระหว่าง 100 ~ 200 ppb สามารถวิเคราะห์โดยใช้ MU kit ได้โดยตรง แต่หากตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของสารหนูมากกว่า 200 ppb ต้องนำตัวอย่างมาเจือจาง (dilution) ก่อน ดังนั้นจึงได้นำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงมาเจือจางให้มีความเข้มข้นในช่วง 200 ppb และนำมาวิเคราะห์หาค่าและความสัมพันธ์โดยใช้ MU kit และเครื่อง AAS อีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงผลการวิเคราะห์ ในกราฟ 5



กราฟ 5. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MU kit กับเครื่อง AAS ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อที่ได้เจือจางแล้ว

จากกราฟ 5 เมื่อนำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสารหนูสูงมาเจือจางให้อยู่ในช่วงความเข้มข้น 100-200 ppb และนำมาวิเคราะห์ จะพบว่า ช่วงความเข้มข้นที่น้อยกว่า 125 ppb ค่าของ MU kit กระจายทางสูงและต่ำ จากค่าของเครื่อง AAS (over-and under-estimation) และที่ความเข้มข้นมากกว่า 125 ppb ขึ้นไป ค่าของ MU kit ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าของเครื่อง AAS (under-estimation) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าของ MU kit และค่าของเครื่อง AAS แตกต่างกันโดยได้ค่า R = 0.7889

ความแตกต่าง ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS แสดงในกราฟ 6



กราฟ 6. แสดงความแตกต่าง ระหว่าง MU kit กับ เครื่อง AAS ต่อ ค่า MU kit

โดย ค่า mean (-4.1) กับ ค่าSD (28.9) ของค่า Difference between MU kit and AAS ได้ 95% CI value เท่ากับ -4 ± 57 หมายความว่า 95% ของค่า MU kit อยู่ ระหว่าง -61 กับ +53 ppb ต่อค่าของ AAS

3. การพัฒนาของผู้วิจัยในการวิเคราะห์สารหนูโดยชุดทดสอบภาคสนาม

ผู้วิจัยได้ฝึกอบรมสำหรับการวิเคราะห์สารหนูโดยชุดทดสอบภาคสนามและเครื่อง AAS แล้วเพิ่มประสบการณ์ในการวิเคราะห์ด้วย MU kitได้มากขึ้น

3.1. ประวัติและประสบการณ์ทำงานของผู้วิจัย

วุฒิการศึกษา

- วทบ (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

*ประสบการณ์ในการฝึกอบรมสำหรับการวิเคราะห์*สารหนู

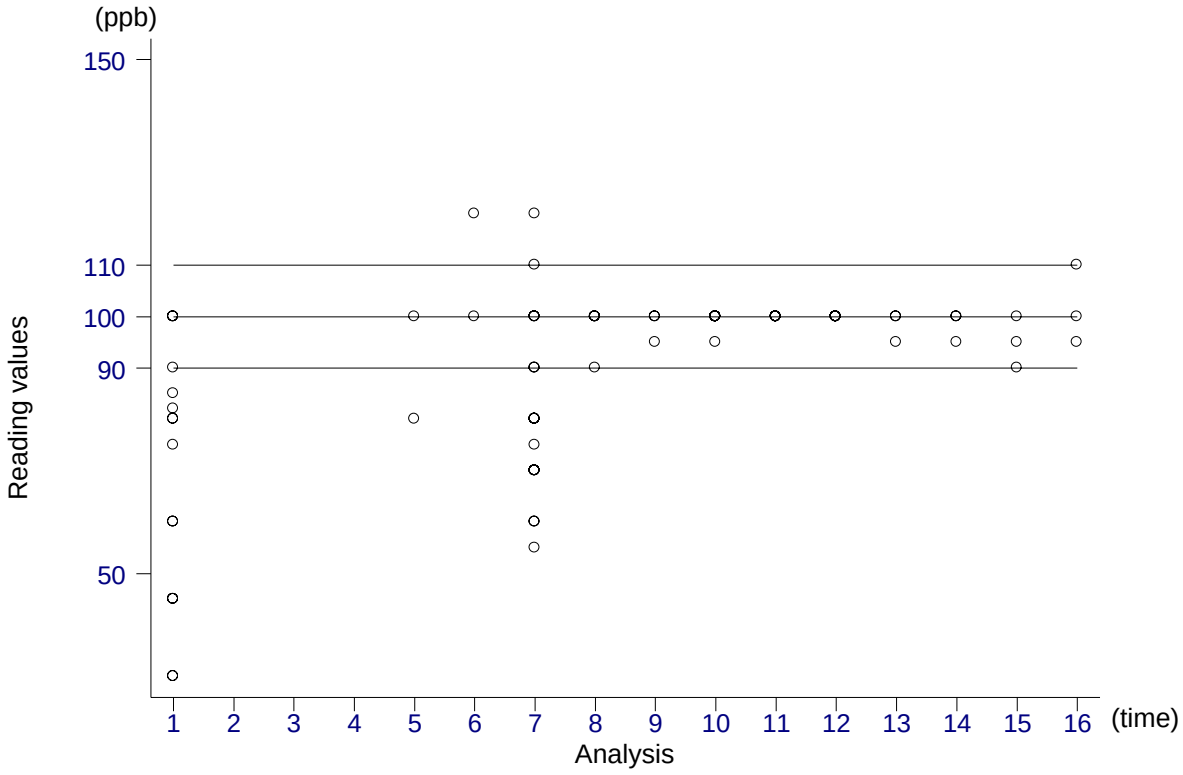
- ได้รับการฝึกอบรมการวิเคราะห์สารหนูที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในปี 2545
- ได้รับการฝึกอบรมการวิเคราะห์สารหนูด้วย MU kit ที่ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล ในปี 2545
- ได้รับการฝึกวิเคราะห์สารหนูด้วยเครื่อง AAS ที่ School of Environmental Studies, Jadavpur University, India เมื่อ วันที่ 28 มิถุนายน ถึง 15 กรกฎาคม 2547
- ได้ทำการวิเคราะห์สารหนูโดย MU kit ที่โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยสารละลายมาตรฐานในตารางด้านล่างนี้

3.2. การพัฒนาของผู้วิจัยในการวิเคราะห์สารหนูโดยใช้เครื่อง AAS

ผู้วิจัยได้อบรมมาและฝึกหัดใช้เครื่อง AAS โดยทำการ Standard curve ได้ช่วง 0~15ppb โดยใช้สารละลายมาตรฐานของสารหนู ซึ่งเป็นช่วงที่แคบกว่าปกติ แต่หลังจากนั้นเครื่อง AAS เสีย และการซ่อมยากทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้จนกระทั่งปัจจุบันนี้ เพราะฉะนั้นผู้วิจัยได้มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง AAS ไม่เพียงพอ

3.3. การพัฒนาของผู้วิจัยในการวิเคราะห์สารหนูโดยชุดทดสอบภาคสนาม

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สารหนูซ้ำ โดยใช้ MU kit ด้วยสารละลายมาตรฐาน 5~750 ppb ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตาราง 9 และเฉพาะผลการวิเคราะห์ด้วยสารละลายมาตรฐาน 100 ppb แสดงใน กราฟ 7



กราฟ 7. แสดงผลการวิเคราะห์สารหนูในการวิเคราะห์ 16 ครั้งด้วยสารละลายมาตรฐาน 100 ppb

เห็นได้จากกราฟว่า ระหว่าง ครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 7 ค่าการอ่านของนักวิจัยที่ระดับความเข้มข้น 100 ppb มีความแตกต่างกัน แต่ตั้งแต่ ครั้งที่ 8 ขึ้นไป ค่าการอ่านของนักวิจัยอยู่ระหว่าง 90 กับ 110 ppb คือ ภายใน 10% ของ 100 ppb

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์สารหนูด้วยสารละลายมาตรฐาน

ครั้งที่	Standard arsenic solution (ppb)													
	5	**10**	**25**	**30**	**50**	**75**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**500**	**750**
1							30,45,45,30,45, 80,60,85,75,82, 60,80,90,100, 100,100							
2					40,40,42, 40,40,45, 40,42,40, 45,40,40, 40									
3			15,18,18,20,18, 18,15,20,15,15											
4			20,20,20,20,22, 20,25,20,25,25, 20,20,25,22,20,25											
5			20,25		40,45		80,100	150,160	190,200,	220,220				
6			25,25		50,50	80,70	100,120	150,150	195,200	240,220	230,250	290,275		
7			20,25,25,20,20, 25,25,22,20,20, 20,20,25,30,25, 25,20,25,25,25				60,70,60,55,70, 70,80,90,90,100, 70,80,70,75,80, 100,100,120,110, 80							

ครั้งที่	Standard arsenic solution (ppb)													
	5	**10**	**25**	**30**	**50**	**75**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**500**	**750**
8			20,21,20,18,25		30,40,50, 45,50		100,100,90,100, 100	170,160,150, 142,150	185,200,200, 200,200	220,220,250, 260,240				
9		7,5 6	22,25,25		45,50,45		95,100,100,	160,150,150		260,250,260				
10					50,50,50, 50,50,50, 45,50		100,95,100,100, 100,100,100,100	140,140,150, 160,150,150, 150,155	180,190,190, 200,190,190, 200,200	240,240,250, 250,250,250	280,290, 300,290, 290,290			
11					50,50,50, 50,50,50		100,100,100,100, 100,100	140,150,150, 150,150,160	180,190,190, 190,200,200	240,240,250, 250,250,250	280,290, 290,290, 290,280			
12			25,25,25,25, 25,25		50,50,50, 50,50,50		100,100,100, 100,100,100	150,150,150, 150,150,150	200,200,200, 200,200,200		280,280, 290,280, 280,280		350,350, 350,360, 380,360	500,590 510,520 520,550
13							100,95,100		190,200,190	240,240,250				
14	2,2, 3	5,5 7	25,23,25	30,28 30	50,48,50	75,70, 75	100,100,95	145,150,160	200,200,195	240,240,245	280,275, 270	290,285, 290	350,380 350	500,510 520
15	2,3, 2	5,7 8	20,20,25		40,40,45		90,95,100	180,180,180		200,250,230		200,270 300		
16	2,2, 2	5,6 5	25,25,25		50,50,50	70,80, 75	100,110,95	150,150,145	200,200,210	240,250,260	280,275, 280	300,290, 310		

4. แสดงค่า Detection limit

1) หาค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 50 ppb โดยเตรียม As standard 50 ppb ทดสอบด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ซ้ำ ได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 10. แสดงค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 50 ppb

ครั้งที่	ผลการทดลอง (ppb)	ร้อยละของ As standard 50 ppb
1	45	90
2	50	100
3	45	90
4	47	94
5	43	86
6	50	100
7	50	100
8	45	90
9	45	90
10	48	96
Mean	**46.8 (93.6%)**	
SD	**2.60**	
Detection limit	**8.33**	

จากการวิเคราะห์ As standard 50 ppb จำนวน 10 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่า Detection limit นั้น ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.8 คิดเป็นร้อยละ 93.6 (ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนร้อยละ 6.4) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.60 นำมาคำนวณหาค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 50 ppb ได้เท่ากับ 8.33

2) หาค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 100 ppb โดยเตรียม As standard 100 ppb ทดสอบด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ซ้ำ ได้ผลดังตาราง 11

ตาราง 11. แสดงค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 100 ppb

ครั้งที่	ผลการทดลอง (ppb)	ร้อยละของ As standard 50 ppb
1	95	95
2	100	100
3	98	98
4	100	100
5	95	95
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	98	98
10	98	98
Mean	**98.4 (98.4%)**	
SD	**2.01**	
Detection limit	**6.13**	

จากการวิเคราะห์ As standard ที่ความเข้มข้น 100 ppb จำนวน 10 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่า Detection limit นั้น ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.4 คิดเป็นร้อยละ 98.4 (ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนร้อยละ 1.6) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.01 นำมาคำนวณหาค่า Detection limit ที่ความเข้มข้น 100 ppb ได้เท่ากับ 6.13

5. การหากลุ่มประชาชนที่เหมาะสมสำหรับใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

5.1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำหนังสือเชิญเข้าร่วมการอบรมแก่กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขหรือแกนนำชุมชน และกลุ่มครูสอนวิทยาศาสตร์
2. จัดเตรียมสื่อเอกสารการอบรม เช่น power point เอกสารการวิเคราะห์ แบบสอบถาม
3. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรม ได้แก่ คัดเลือกชุดทดสอบสารหนูพร้อมอุปกรณ์สำหรับผู้เข้าร่วมการอบรมซึ่งแต่ละท่านจะได้รับในการอบรมประกอบด้วย

    3.1 ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม คนละ 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วย

    - ขวดทำปฏิกิริยาพร้อมฝาขวด 1 ชุด
    - หลอดฉีดยาสำหรับดูดน้ำตัวอย่าง 1 หลอด
    - ขวดน้ำยา A 1 ขวด
    - หลอดสำหรับดูดน้ำยา A 1 หลอด
    - ผงสาร Z 1 กล่อง

- แถบกระดาษ A 1 กล่อง
- แถบกระดาษ B 1 กล่อง
- แถบสีมาตรฐาน (standard color chart) 1 แถบ
- ถุงพลาสติกสำหรับใส่กระดาษที่ใช้แล้ว 1 ถุง

ทั้งหมดบรรจุอยู่ในกล่อง และเขียนหมายเลขกำกับไว้

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

- กรรไกรสำหรับใช้ตัดถุงผง Z
- ถุงมือ
- บีกเกอร์ สำหรับใช้ใส่น้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์
- ขวดน้ำกลั่น
- กระดาษทิชชู
- ถังสำหรับใส่น้ำตัวอย่างที่วิเคราะห์แล้ว
- เอกสารการอบรม ประกอบด้วย ภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ แบบสอบถาม และเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวกับสารเคมีของ MU kit และคำแนะนำในการใช้ชุดทดสอบสารหนู

5.2. ขั้นตอนการอบรม

การอบรมแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นการบรรยายและสาธิตการวิเคราะห์ ช่วงที่สอง ผู้เข้าร่วมทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง สถานที่ให้การอบรม ณ ห้องประชุมโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์

ช่วงที่ 1 สถานที่ในห้องประชุมโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์

1. ผู้เข้าอบรมลงทะเบียนและรับชุดทดสอบพร้อมอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ (ตามข้อ 3.1 และ 3.2)
2. อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับโครงการและวัตถุประสงค์ของโครงการ
3. อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับชุดทดสอบสารหนู คำแนะนำในการใช้สารเคมี การใช้วัสดุอุปกรณ์แต่ละชิ้น ขั้นตอนการวิเคราะห์
4. การสาธิตขั้นตอนการวิเคราะห์ให้ผู้เข้าร่วมอบรมชมการสาธิต และฝึกการวิเคราะห์เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับอุปกรณ์โดยยังไม่ใช้น้ำตัวอย่าง
5. เราได้เตรียม color chart ที่ได้จาการวิเคราะห์ตั้งแต่ความเข้มข้น As 50, 100, 150, 200, 250, 300 ppb เพื่อทำเป็นแถบสีให้ผู้เข้าร่วมอบรมฝึกอ่านค่าการเปรียบเทียบสีกับ standard color chart
6. ผู้เข้าร่วมอบรมฝึกการวิเคราะห์ด้วยตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ ทั้ง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 ครั้ง ผลการวิเคราะห์ไม่นำมาบันทึกผล

ช่วงที่ 2 สถานที่หน้าห้องประชุมโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์

1. ผู้เข้าร่วมอบรมทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ ทั้ง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ได้ผลดังตารางบันทึกผลการวิเคราะห์

กลุ่มประชาชนที่มาเข้าร่วมการอบรม ได้คัดเลือกกลุ่มประชาชนในพื้นที่เสี่ยงทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขหรือแกนนำชุมชน และกลุ่มครูสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีการจัดอบรมทั้งหมด 2 ครั้ง ในครั้งที่ 1 มี 15 คน และครั้งที่ 2 มี 20 คน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 12 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

ลำดับที่	ID No.	เพศ	อายุ	การศึกษา	อาชีพ/ตำแหน่ง
1	A1	ชาย	31	ปริญญาตรี	รับราชการ
2	A2	ชาย	28	ปริญญาตรี	รับราชการ
3	A3	หญิง	25	ปริญญาตรี	รับราชการ
4	A4	หญิง	33	ปริญญาตรี	รับราชการ
5	A5	หญิง	38	ปริญญาตรี	รับราชการ
6	A6	หญิง	40	ปริญญาตรี	รับราชการ
7	B7	หญิง	48	ม.3	ผู้ใหญ่บ้าน
8	B8	ชาย	41	ม.6	สมาชิก อบต.
9	B9	ชาย	32	ปริญญาโท	แกนนำชุมชน
10	B10	ชาย	39	ม.6	ประธานชุมชน
11	B11	หญิง	38	ม.3	อสม.
12	B12	หญิง	35	ม.3	อสม.
13	C13	หญิง	42	ปริญญาตรี	อาจารย์
14	C14	หญิง	32	ปริญญาตรี	อาจารย์
15	C15	หญิง	28	ปริญญาตรี	อาจารย์
16	C16	หญิง	26	ปริญญาตรี	อาจารย์
17	C17	หญิง	25	ปริญญาตรี	อาจารย์
18	C18	หญิง	35	ปริญญาตรี	อาจารย์
19	B19	หญิง	37	ปวส.	อสม.
20	B20	หญิง	30	ม.6	อสม.

หมายเหตุ

A = เจ้าหน้าที่สาธารณสุข

B = อาสาสมัครสาธาณสุขประจำหมู่บ้าน/แกนนำชุมชน

C = ครูสอนวิทยาศาสตร์

อบรมการใช้ชุดทอสอบสารหนูภาคสนามครั้งที่ 1 ผู้เข้าร่วมคือ ลำดับที่ 1 – 15 เป็นจำนวน 15 คน

อบรมการใช้ชุดทอสอบสารหนูภาคสนามครั้งที่ 2 ผู้เข้าร่วมคือ ลำดับที่ 1 – 20 เป็นจำนวน 20 คน

5.3. ผลการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนู ครั้งที่ 1

การอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามครั้งที่ 1 ใช้ standard color chart ของ AAN kit เพื่อเทียบกับแถบสีที่ได้จากการทดลอง โดยเริ่มจากทำการตรวจเช็ค (pretest) ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดสอบสารหนูดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเตรียมไว้สำหรับผู้เข้ารับการอบรมทุกชุด พร้อมทั้งเขียนหมายเลขกำกับไว้ทุกชิ้น และทำการตรวจเช็คก่อนนำไปให้ผู้เข้าอบรมใช้ ด้วย Arsenic standard 100 ppb ทำซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังตาราง 13

ตาราง 13. ผลการตรวจเช็คชุดทดสอบสารหนูสำหรับใช้อบรมด้วย As 100 ppb

ที่	หมายเลขขวด / (หมายเลขชุดทดสอบ)	ผลการทำ pretest ด้วย As 100 ppb			ค่าเฉลี่ย (ppb)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	หมายเลขขวด 6	90	90	85	88.33
2	หมายเลขขวด 7	80	90	90	86.67
3	หมายเลขขวด 8	90	90	90	90.00
4	หมายเลขขวด 9	80	90	90	86.67
5	หมายเลขขวด 10	90	100	100	96.67
6	หมายเลขขวด 11	80	85	90	85.00
7	หมายเลขขวด 12	85	90	95	90.00
8	หมายเลขขวด 13	90	90	95	91.67
9	หมายเลขขวด 14	100	100	95	98.33
10	หมายเลขขวด 15	100	100	90	96.67
11	หมายเลขขวด 16	100	100	95	98.33
12	หมายเลขขวด 17	80	85	85	83.33
13	หมายเลขขวด 18	85	90	90	88.33
14	หมายเลขขวด 19	90	100	95	95.00
15	หมายเลขขวด 20	100	95	90	95.00
16	หมายเลขขวด 21	90	90	85	88.33
17	หมายเลขขวด 22	85	80	90	85.00
18	หมายเลขขวด 23	100	90	90	93.33
19	หมายเลขขวด 24	90	80	85	85.00
20	หมายเลขขวด 25	80	85	85	83.00

ได้คัดเลือกชุดทดสอบไว้ทั้งหมด 20 ชุด สำหรับใช้ในการอบรม ซึ่งทั้งหมดได้ค่าเกินร้อยละ 80 ของ As 100 ppb

การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ในการอบรม

เตรียมตัวอย่างสำหรับใช้ในการอบรม เป็นสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100, 200 และ 250 ppb และได้ทำการ pretest เพื่อตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ โดยใช้ชุดทดสอบเดียวกันตรวจเช็คกับสารละลายมาตรฐาน ได้ผลดังตาราง 14

ตาราง 14. ผลตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการอบรม

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย (ppb)
ตัวอย่าง 1 (As 100 ppb)	100	95	100	98.33 (98.33%)
ตัวอย่าง 2 (As 200 ppb)	200	190	190	193.33 (96.66%)
ตัวอย่าง 3 (As 250 ppb)	220	230	220	223.33 (89.33%)

จากการตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ พบว่า ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppb ได้ค่ามากกว่าร้อยละ 95 ของสารละลายดังกล่าว และที่ความเข้มข้น 250 ppb ได้ค่าน้อยกว่าร้อยละ 95 ของ As standard 250 ppb

ผลการวิเคราะห์ในกลุ่มประชาชน

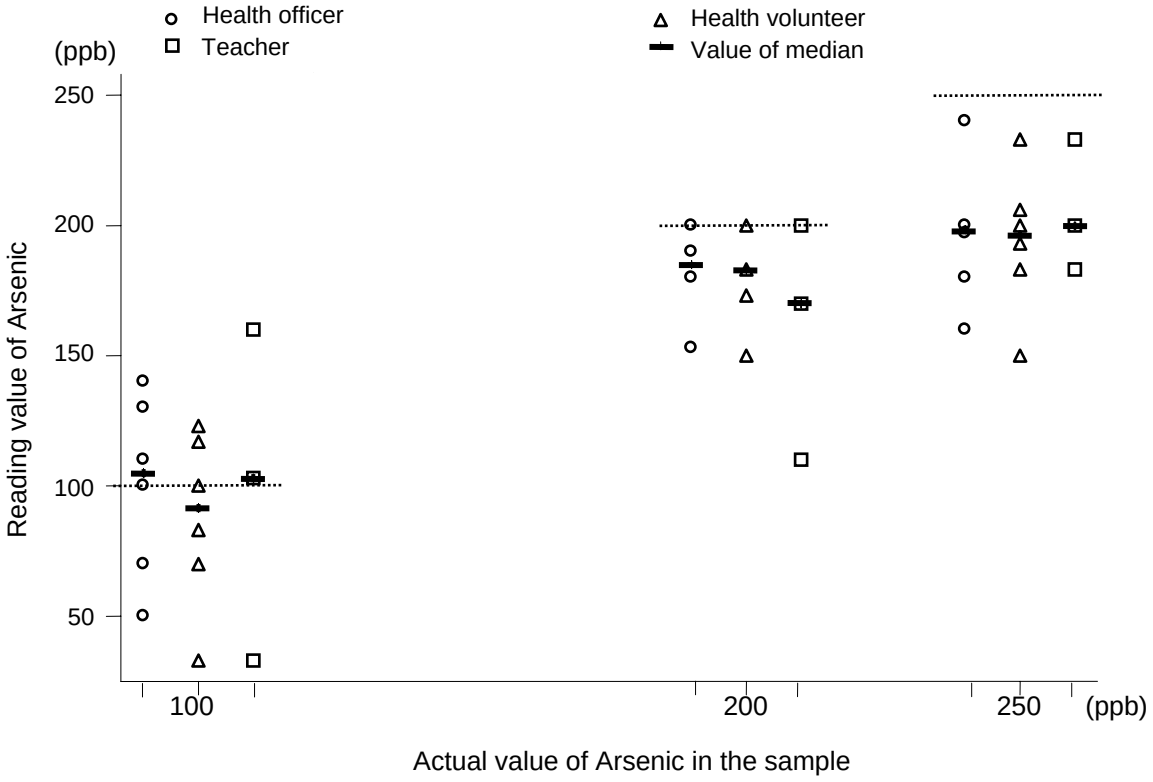
กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุข แกนนำชุมชน และกลุ่มครูสอนวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ตัวอย่างสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของสารหนู 100, 200 และ 250 ppb ด้วย MU kit โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ละ 3 ครั้ง ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตาราง 15 และแสดงอัตราการอ่านค่าจากการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง ±10% ของค่าจริง ในตาราง 16 รวมทั้งแสดงค่าอ่านต่อค่าจริงของตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในกราฟ 8

ตาราง 15. แสดงผลการวิเคราะห์โดยแต่ละคนและแต่ละตัวอย่าง

กลุ่มประชาชน	คนที่	ตัวอย่าง 1 (As 100 ppb)				ตัวอย่าง 2 (As 200 ppb)				ตัวอย่าง 3 (As 250 ppb)			
		1st	2nd	3rd	avg	1st	2nd	3rd	avg	1st	2nd	3rd	avg
A. เจ้าหน้าที่สาธารณสุข	A 1	150	150	120	**140**	180	190	170	**180**	230	250	250	**240**
	A 2	50	50	50	**50**	170	150	250	**190**	200	150	200	**180**
	A 3	60	90	60	**70**	200	200	200	**200**	200	150	150	**160**
	A 4	110	110	110	**110**	150	150	160	**153**	200	200	200	**200**
	A 5	130	130	130	**130**	170	170	200	**180**	190	200	200	**197**
	A 6	50	100	150	**100**	170	200	200	**190**	200	200	200	**200**
B. อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน/แกนนำหมู่บ้าน	B 7	80	70	100	**83**	150	200	200	**183**	220	200	200	**206**
	B 8	50	100	150	**100**	150	150	150	**150**	150	150	150	**150**
	B 9	150	50	150	**117**	200	200	200	**200**	200	200	200	**200**
	B10	70	90	50	**70**	200	200	150	**183**	180	200	200	**193**
	B11	50	25	25	**33**	160	160	200	**173**	200	200	150	**183**
	B12	120	150	100	**123**	150	250	200	**200**	300	200	200	**233**
C. ครูสอนวิทยาศาสตร์	C13	150	160	170	**160**	200	200	200	**200**	200	200	200	**200**
	C14	100	90	120	**103**	150	170	190	**170**	230	220	250	**233**
	C15	25	50	25	**33**	100	150	200	**110**	200	150	200	**183**
Mean		**94.80 (94.80%)**				**175.78 (87.89%)**				**198.22 (79.29%)**			
SD		**43.23**				**28.83**				**30.32**			

ตารางที่ 16. อัตราการของค่าอ่านจากการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง ±10% ของค่าจริงของตัวอย่าง จำแนกตามกลุ่มและระดับสารหนูในตัวอย่าง

ตัวอย่าง	จำนวนผลที่อยู่ในช่วง ±10% / จำนวนผลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด			รวม
	กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข A1 – A6	กลุ่ม อสม B7 – B12	กลุ่ม ครูวิทยาศาสตร์ C13 – C15	
1. As 100 ppb	5/18	4/18	2/9	11/45
2. As 200 ppb	8/18	9/18	5/9	22/45
3. As 250 ppb	3/18	0/18	2/9	5/45
รวม	**16/54**	**13/54**	**9/27**	**38/135**



กราฟ 8. แสดงค่าอ่านต่อค่าจริงของตัวอย่างใน 3 กลุ่ม

จากตาราง 15 อธิบายได้ว่า ในการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสารหนู 200 ppb โดยใช้ MU kit พบประชาชนทั้ง 3 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 98 (44/45) สามารถอ่านค่าความเข้มข้นได้ในช่วง 150 ~ 250 ppb (±25% ของตัวอย่าง 200 ppb) และจากตาราง 16 จะเห็นได้ว่า อัตราของคนที่ได้ค่าอ่านของตัวอย่าง 200 ppb อยู่ในช่วง ±10% จาก 200 ppb มีประมาณครึ่งหนึ่ง (22/45) แต่อัตราของคนที่ได้ค่าอ่านของตัวอย่าง 100 ppb และ 250 ppb อยู่ในช่วง ±10% จาก 100 ppb และ 250 ppb มีจำนวนน้อย คือ 11/45 และ 5/45 ตามลำดับ ถ้าพิจารณาโดยรวมทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า อัตราของค่าอ่านที่อยู่ในช่วง ±10% จากค่าจริงของกลุ่มครูวิทยาศาสตร์ กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข และกลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขหรือแกนนำชุมชนมีจำนวน 9/27, 16/54 และ 13/54 ตามลำดับ

นอกจากนี้ จากกราฟ 8 จะเห็นได้ว่า ค่าอ่านของตัวอย่าง 100 ppb ทั้ง 3 กลุ่ม จะกระจายทางสูงและต่ำจาก 100 ppb แต่ค่าอ่านของตัวอย่าง 200 ppb และ250 ppb ส่วนใหญ่จะต่ำกว่า 200 และ 250 ppb คือ under-estimation และยังพบว่า ค่า Median ของค่าอ่านของตัวอย่าง 100 ppb เท่านั้น ที่มีค่าอยู่ในช่วง ±10% จาก 100 ppb

5.4. ผลการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูครั้งที่ 2

การจัดอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนู ครั้งที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่ากลุ่มประชากรส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดเท่าใด โดยเตรียม Arsenic standard ช่วงความเข้มข้น 5 – 50 ppb สำหรับเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ และใช้ standard color chart ของ MU Kit มาเทียบสี ทั้งนี้ได้ทำการตรวจเช็คตัวอย่างที่เตรียมไว้โดยได้ผลดังตาราง 17

ตาราง 17. ผลตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการอบรม (5 – 50 ppb)

ความเข้มข้นของตัวอย่าง (ppb)	ครั้งที่ 1 (ppb)	ครั้งที่ 2 (ppb)	ครั้งที่ 3(ppb)	ค่าเฉลี่ย (ppb)
As standard 5 ppb	2	2	3	2.33 (46.6%)
As standard 10 ppb	7	8	8	7.67 (76.7%)
As standard 30 ppb	25	30	25	26.67 (88.89%)
As standard 50 ppb	45	45	45	45 (90.00%)

จากการตรวจเช็คความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 30 และ 50 ppb สามารถตรวจเช็คความเข้มข้นได้ค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานมากกว่าร้อยละ 80 แต่ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 5 ppb ตรวจเช็คความเข้มข้นได้ค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานได้น้อยกว่าร้อยละ 80 และ 50 ตามลำดับ

ในการอบรมครั้งที่ 2 มีผู้เข้าร่วมจำนวน 20 คน และมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าผู้เข้าร่วมอบรมสามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่าใด โดยได้แบ่งกลุ่มผู้เข้าอบรมเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 – 6 คน เป็นการจัดกลุ่มแบบอิสระ ไม่ได้จัดตามคุณสมบัติใดๆ ของผู้เข้ารับการอบรม แต่ละกลุ่มจะได้รับตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างกัน และในกลุ่มเดียวกันจะวิเคราะห์ตัวอย่างที่ความเข้มข้นเดียวกัน โดยผู้จัดอบรมได้เตรียมตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 1 (As standard 50 ppb), ตัวอย่างที่ 2 (As standard 30 ppb), ตัวอย่างที่ 3 (As standard 10 ppb) และตัวอย่างที่ 4 (As standard 5 ppb) ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 18

ตาราง 18. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มด้วย MU kit (ความเข้มข้น 5 – 50 ppb)

ผู้	ตัวอย่าง 1 (50 ppb)			ตัวอย่าง 2 (30 ppb)			ตัวอย่าง 3 (10 ppb)			ตัวอย่าง 4 (5 ppb)		
อบรม	กลุ่ม 1	กลุ่ม 3	กลุ่ม 3	กลุ่ม 3	กลุ่ม 2	กลุ่ม 2	กลุ่ม 2	กลุ่ม 4	กลุ่ม 4	กลุ่ม 4	กลุ่ม 1	กลุ่ม 1
1	30	40	40	10	10	30	<5	10	10	<5	<5	2.5
2	30	30	40	10	10	30	<5	6	5	<5	<5	<5
3	30	30	40	10	10	30	<5	5	5	<5	<5	<5
4	30	40	30	1	5	30	<5	5	5	<5	<5	2
5	30	-	-	-	50	30	<5	<5	2	<5	<5	3
6	-	-	-	-	30	30	<5	-	-	-	-	-
mean	30	35	37.5	6.2	19.17	30	<5	5.7	5.4	<5	<5	2.5
%	60%	70%	75%	21%	64%	100%	-	57%	54%	-	-	50%
Mean	**33.85 (67.7%)**			**19.32 (64.4%)**			**3.78 (37.8%)**			**2.5 (50%)**		
SD	**5.06**			**13.88**			**2.64**			**0.19**		

หมายเหตุ : "< 5 " คือ ผลจากการวิเคราะห์ไม่มีสี ดังนั้น Detection limit < 5 เพื่อใช้คำนวณค่า SD และ Mean

จากตารางข้างต้น ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูช่วงความเข้มข้น 5, 10, 30, 50 ppb โดยแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างแรกจะทำการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว ตัวอย่างที่ 2 จะทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ซึ่งพบว่าผลการวิเคราะห์ได้ค่าดีขึ้นเรื่อยๆ ที่ความเข้มข้น As 50 ppb และ 30 ppb กลุ่มที่ทำการวิเคราะห์ได้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงค่าจริงเฉลี่ยรวมประมาณร้อยละ 60 สำหรับค่าความเข้มข้นที่ 10 และ 5 ppb ผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์ได้ค่าใกล้เคียงค่าจริงน้อยกว่าร้อยละ 50

จากการจัดอบรม พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดของสารหนูที่ประชากรจะสามารถตรวจวัดได้ อยู่ในช่วงความเข้มข้น As 5 – 50 ppb มีค่าเฉลี่ยรวมของผลการวิเคราะห์ได้ค่าไม่เกินร้อยละ 70 ของความเข้มข้น As 5 – 50 ppb และพบว่าที่ความเข้มข้น As 50 ppb, 30 ppb, 10 ppb และ 5 ppb ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ทั้งนี้จากการจัดอบรม ผู้เข้ารับการอบรมจะไม่ทราบค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จแต่ละครั้งจะทำการสรุปผลการวิเคราะห์ของแต่ละกลุ่ม และหาจุดที่จะต้องทำการแก้ไขปรับปรุงในการวิเคราะห์ของแต่ละกลุ่ม โดยพบว่าการสรุปผลและหาข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง จะส่งผลให้การทดลองครั้งต่อไปของผู้วิเคราะห์ดีขึ้น เพราะผู้ทดลองจะนำจุดที่ผิดพลาดไปแก้ไขปรับปรุงในการวิเคราะห์ครั้งต่อไป และทำให้ผลการวิเคราะห์ได้ค่าที่ดีขึ้น

จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมจะมีความกระตือรือร้นในการทำให้ผลการวิเคราะห์ของตัวเองออกมาดีขึ้น และเกิดความสงสัยในผลการวิเคราะห์ที่ได้หากผลการวิเคราะห์ของตนเองออกมาไม่เหมือนกับกลุ่มอื่น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ทักษะและเกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกันในด้านเทคนิคการวิเคราะห์และการอ่านค่าจากแถบสีมาตรฐาน ทำให้การวิเคราะห์ในครั้งต่อไปเกิดการพัฒนาที่ดีขึ้น

1. การวิเคราะห์ตัวอย่างของประชากรส่วนใหญ่ ที่ให้ผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับได้อยู่ที่ความเข้มข้น 100 - 200 ppb
2. การวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ยิ่งเพิ่มขึ้น
3. มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการฝึกหัดผู้วิเคราะห์ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

5.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามของกลุ่มประชากร

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามของกลุ่มประชากรที่เข้ารับการอบรมในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ จำนวน 15 คนโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนแรกสอบถามเกี่ยวกับการให้ความรู้ และตอนที่ 2 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม

ตาราง 19. แสดงระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนู

กิจกรรม	ร้อยละของความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
เกี่ยวกับการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์					
1. สถานที่ที่ใช้ในการอบรมมีความเหมาะสมเพียงใด	-	-	6.67	93.33	-
2. เวลาที่ใช้ในการอบรมเหมาะสมเพียงใด	-	-	26.67	66.67	6.67
3. เนื้อหาและรายละเอียดพอเหมาะหรือไม่	-	-	13.33	80.00	6.67
4. สื่อและวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรมเพียงพอหรือไม่	-	-	-	66.67	33.33
5. ผู้ให้การอบรมอธิบายขั้นตอนกาวิเคราะห์ได้อย่างไร	-	-	6.67	73.33	20.00
6. ท่านความเข้าใจการวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบภาคสนาม	-	-	-	86.67	13.34
เกี่ยวกับชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม					
1. สำหรับพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ท่านคิดว่าชุดทดสอบสารหนูภาคสนามมีความจำเป็นเพียงใด	-	-	6.67	33.33	60.00
2. ท่านคิดว่าขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยากเพียงใด	13.34	73.33	13.34	-	-
3. ท่านมีความมั่นใจต่อผลการวิเคราะห์ของท่านอย่างไร	-	-	6.67	80.00	13.34
4. ท่านคิดว่าท่านมีความสามารถที่จะใช้ชุดทดสอบแค่ ไหน	-	-	-	66.67	33.333

รวบรวมความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมอบรม

1. มีความจำเป็นเพราะเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคไข้ดำซึ่งในแต่ละพื้นที่ของตำบลร่อนพิบูลย์มีปริมาณไม่เท่ากัน แม้ว่าเครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือตรวจแบบหยาบๆ แต่ก็ทำให้เราทราบว่าในแต่ละพื้นที่มีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด และสามารถป้องกันในระดับไหนบ้าง โดยเฉพาะ อสม. จะได้เผยแพร่เรื่องเหล่านี้ให้ชุมชนทราบ อยู่กับสารหนูอย่างไรไม่เป็นอันตราย
2. ชุดทดสอบสารหนูมีความจำเป็นมาก เพราะชาวบ้านมีความสงสัยในเรื่องน้ำที่ตนเองใช้เป็นจำนวนหลายครัวเรือน และชาวบ้านจะได้เข้าใจเรื่องการใช้น้ำอย่างปลอดภัย
3. น้ำเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิต ดังนั้นผู้บริโภคควรเข้าใจข้อมูลเกี่ยวกับน้ำที่มีสารหนูเจือปน และควรให้ความรู้กับผู้บริโภคและให้ความรู้ความเข้าใจในเครื่องมือที่ใช้ทดสอบสารหนู
4. ความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ ตอนแรกไม่มีความมั่นใจ แต่พอได้ทำหลายๆ ครั้ง สามารถฝึกปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้มีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น
5. การแปลค่าผลการวิเคราะห์ มีความยุ่งยากพอควร เพราะการกระจายของสีที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน และค่าที่ได้ให้สีจางกว่าแถบสีมาตรฐาน
6. สามารถสอนและให้ชาวบ้านสามารถวิเคราะห์เองได้ เพราะใช้ง่ายและสะดวก
7. ควรอธิบายกลไกในการเกิดปฏิกิริยาของสารหนูกับสารที่จะใช้ทดสอบด้วย

จากตารางและความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมโครงการข้างต้น แสดงให้เห็นว่าคนส่วนใหญ่คิดว่าชุดทดสอบสารหนูภาคสนามมีความจำเป็นมากสำหรับพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ผู้เข้าร่วมการอบรมคิดว่าตัวเองสามารถใช้ชุดทดสอบนี้ได้และมีความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ของตัวเองเกินกว่าถึงร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่าการให้ความรู้และการฝึกปฏิบัติการใช้ชุดทดสอบสารหนูด้วยตัวเองหลายๆ ครั้ง ทำให้เพิ่มความมั่นใจในผลการวิเคราะห์มากขึ้น ซึ่งเมื่อผู้ใช้ชุดทดสอบมาความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างมากขึ้นเท่าไร ยิ่งควรมีการฝึกวิเคราะห์เพื่อความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุดต่อความปลอดภัยของประชาชนในพื้นที่

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้คัดเลือกชุดทดสอบสารหนูเป็น MUkit ซึ่งได้พัฒนาโดยหาวิทยาลัยมหิดล โดยใช้เกณฑ์ประกอบด้วย

1. ราคาไม่เกิน100บาทต่อหนึ่งการวิเคราะห์

2. ความเหมาะที่ใช้สำหรับพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ที่มีตัวอย่างที่มีสารหนูที่ความเข้มข้นสูงๆ

3. วิธีการใช้ง่ายและสะดวก

4. การแปลผลง่ายและได้ผลที่ถูกต้อง

5. ของเสียจากการวิเคราะห์กำจัดได้ง่ายและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

คุณภาพของชุดทดสอบ MU kitได้ถูกตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ และพบว่า

1. Standard color chart ของ AAN kit ให้ความถูกต้องมากกว่า Standard color chart ของ MU kit ในการวิเคราะห์โดยเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์

2. สามารถวิเคราะห์สารหนูได้โดยระดับสารหนูที่เหมาะสมเป็นช่วง 100 ~ 200ppb

3. ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดเป็น 20 นาที

4. ผลการวิเคราะห์ด้วยสารละลายมาตรฐานระหว่าง MUkit กับเครื่อง AAS ใกล้เคียงกันโดยมีค่า correlation coefficient R = 0.9826

5. ผลการวิเคราะห์ด้วยตัวอย่างน้ำบ่อจากตำบลร่อนพิบูลย์ ระหว่าง MUkit กับเครื่อง AAS ใกล้เคียงกันโดยค่า correlation coefficient R = 0.9477

6. เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างชุดทดสอบกับเครื่องAAS ร้อยละ 95ของค่าอ่านด้วย MUkit อยู่ในช่วง -61 ถึง +53ppb จากผลการของ AAS

กลุ่มประชาชนในพื้นที่ได้รับทราบขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการ โดยได้เข้าร่วมการฝึกอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม และวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์โดยกลุ่มประชาชน พบว่า กลุ่มครูวิทยาศาสตร์ กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข และกลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขหรือแกนนำชุมชน ได้ผลการวิเคราะห์ในช่วง ±10% จากทั้ง 3 ตัวอย่าง คิดเป็น 9/27, 16/54 และ 13/54 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า อัตราของคนที่ได้ค่าอ่านของตัวอย่าง 200 ppb อยู่ในช่วง ±10% จาก 200 ppb มีประมาณครึ่งหนึ่ง และประชาชนทั้ง 3 กลุ่ม สามารถวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 200 ppb โดยอ่านค่าความเข้มข้นได้ในช่วง 150 ~ 250 ppb คิดเป็นร้อยละ 98 (44/45)

ผู้เข้ารับการอบรมให้ความเห็นว่า ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามมีความจำเป็นมากสำหรับพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ และคิดว่าตัวเองสามารถใช้ชุดทดสอบนี้ได้โดยมีความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ของตัวเองเกินกว่าร้อยละ 80 และเห็นว่าการให้ความรู้และการฝึกหัดปฏิบัติการใช้ชุดทดสอบสารหนูด้วยตัวเองหลายๆ ครั้ง ทำให้มีความมั่นใจในผลการวิเคราะห์มากขึ้น และผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

วิจารณ์

การศึกษาในครั้งนี้ ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามของ PeCO, HACH, AAN และ MERCK ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเบื้องต้น เนื่องจากชุดทดสอบดังกล่าวต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ การสั่งซื้อมีความยุ่งยากและล่าช้า คงเหลือแต่เพียงชุดทดสอบสารหนูของ MU kit ที่ได้รับการพัฒนาจากมหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งสามารถสั่งซื้อได้สะดวกและรวดเร็ว โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของ MU kit ในเบื้องต้น พบว่า สีที่เกิดขึ้นบน strip A ให้ค่าที่ต่ำมากและสีไม่สม่ำเสมอกัน จึงได้ติดต่อไปทางผู้ผลิตเพื่อตรวจสอบหาสาเหตุ และพบว่า strip A มีการเสื่อมสภาพ เนื่องจากอายุการใช้งานนานแล้ว

จากการทำการวิเคราะห์ของผู้ทดสอบ พบว่า การวิเคราะห์ตัวอย่างในช่วงแรก ได้ค่าที่น้อยกว่าค่าจริงมาก จึงเกิดความสงสัยในขวดทำปฏิกิริยาแต่ละขวดที่ให้ค่าของผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ซ้ำหลายๆ ครั้ง จึงเกิดการเรียนรู้ พัฒนาทักษะและประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น และพบว่าค่าที่แตกต่างกันเกิดจากเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนบุคคล และเมื่อทำการฝึกอบรมให้กับประชากรในพื้นที่ พบว่า ไม่ว่าใครเป็นผู้วิเคราะห์ก็ตาม ควรเรียนรู้เทคนิค ฝึกปฏิบัติและความชำนาญก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงเสมอ จึงจะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีขึ้น

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างชุดทดสอบและเครื่อง AAS พบว่า ค่าที่ได้จากการใช้ชุดทดสอบ MU kit กับเครื่อง AAS มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่า R = 0.9826 เมื่อเปรียบเทียบราคา พบว่า ชุดทดสอบ MU kit ราคา 40 บาทต่อ 1 ตัวอย่าง แต่เครื่อง AAS มีราคาประมาณ 200 บาท ต่อ 1 ตัวอย่าง ซึ่งแตกต่างกันถึง 5 เท่า นอกจากนี้เมื่อทดสอบช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมของ MU kit ได้ค่าความเข้มข้นระหว่าง 100 – 200 ppb ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ และให้ผลการวิเคราะห์มากกว่าร้อยละ 80

สำหรับผลการวิเคราะห์ที่ต่ำกว่านี้ควรได้รับการวิเคราะห์ซ้ำด้วยเครื่อง AAS ซึ่ง เครื่อง AAS ที่โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์ มีความสามารถในการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้น 2 – 30 ppb หากมีความเข้มข้นมากกว่า 30 ppb จะต้องทำการ Dilution ก่อน สำหรับการควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง เช่น น้ำบ่อ น้ำประปาที่มีสารหนูสูง จะใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูก่อนจากนั้นจึงเอาน้ำตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์กับเครื่อง AAS ซึ่งเป็นการเพิ่มขั้นตอนการวิเคราะห์ และทำให้ใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างมากขึ้น ในขณะที่ขีดความสามารถในการวิเคราะห์ของเครื่อง AAS ได้เพียงวันละ 20 ตัวอย่าง จึงจำเป็นต้องกำหนดให้มีการ maintenance เครื่อง AAS เป็นประจำทุกปี ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนี้มาก อีกทั้งทางบริษัทที่รับผิดชอบเครื่อง AAS อยู่กรุงเทพ การติดต่อยากและไม่ค่อยให้บริการแก่ลูกค้าเท่าที่ควร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู โดยปรับปรุงวิธีการใช้เครื่อง AAS ให้มีศักยภาพที่ดีขึ้นควบคู่กับการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามไปด้วย เพื่อที่จะขยายงานการวิเคราะห์น้ำบ่อที่มีระดับสารหนูสูง และสามารถให้บริการแก่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น และประชาชนทั่วไป โดยสามารถนำตัวอย่างน้ำมาตรวจหาปริมาณสารหนูตกค้างก่อนที่จะนำน้ำมาใช้ก่อนทุกครั้งเพื่อความปลอดภัย เมื่อสอบถามถึงความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดสอบสารหนู พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามที่ได้คัดเลือกมา

อย่างไรก็ตาม การใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามและเครื่อง AAS สำหรับพื้นที่ร่อนพิบูลย์ยังคงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะชาวบ้านยังคงสงสัยในน้ำที่ตนเองใช้อยู่ และบางส่วนยังคงใช้น้ำที่มีการปนเปื้อน ดังนั้นควรเลือกวิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมของตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณ และให้ผลการวิเคราะห์ได้แม่นยำถูกต้อง

การอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ทั้งในเรื่องงบประมาณ เวลา วัสดุและอุปกรณ์ การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ และเจ้าหน้าที่ควบคุมดูแล จึงทำให้มีผู้เข้าร่วมจำนวนไม่มากนัก อย่างไรก็ตามผู้เข้าร่วมการอบรมให้ความสนใจต่อชุดทดสอบสารหนูและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี แสดงให้เห็นมิติใหม่ของการให้ความร่วมมือและการเข้ามามีส่วนร่วมของกลุ่มประชาชนในการแก้ปัญหาเรื่องสารหนูในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์มากขึ้น ทั้งนี้กลุ่มที่เข้าร่วมการอบรมครอบคลุมถึงผู้นำชาวบ้าน อาสาสมัครสาธารณสุขหมู่บ้าน ครูสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตำบลร่อนพิบูลย์รวมทั้งเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ซึ่งเป็นกลุ่มคนที่ต้องประสานงานกับเยาวชนและชาวบ้าน และควรมีบทบาทในการแก้ไขปัญหาร่วมกัน

นอกจากนี้ ควรมีการส่งเสริมให้โรงเรียนในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์มีชุดทดสอบสารหนูไว้เพื่อให้นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาได้ร่วมเรียนรู้ถึงขั้นตอนและกระบวนการวิเคราะห์ หรืออาจส่งเสริมให้เป็นเนื้อหาในการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการทางเคมี เพื่อเป็นการปลูกฝังให้ตระหนักถึงอันตรายและการป้องกันสารหนูตั้งแต่เด็กๆ สำหรับหมู่บ้านควรมีชุดทดสอบสารหนูเอาไว้ที่ศูนย์สาธารณสุขมูลฐานชุมชน (ศสมช.) เพื่อให้ชาวบ้านที่สงสัยว่าน้ำที่ตนใช้มีความปลอดภัยแค่ไหน สามารถวิเคราะห์และทราบผลเบื้องต้นได้ทันที โดยอาจจะต้องมีการอบรมการใช้ชุดทดสอบสารหนูแก่กลุ่มชาวบ้านให้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ชาวบ้านมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังน้ำใช้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มศักยภาพการตรวจหาปริมาณสารหนูในพื้นที่ โดยการพัฒนาห้องปฏิบัติการเครื่อง AAS และสนับสนุนการใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามควบคู่ไปด้วย วิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ความเหมาะสมของตัวอย่าง หากตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงก็ใช้ชุดทดสอบภาคสนาม สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ คือ น้อยกว่า 100 ppb ก็ใช้เครื่อง AAS เพื่อเป็นการขยายงานการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมทุกพื้นที่
2. ในการวิเคราะห์สารหนูด้วยโดยเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลร่อนพิบูลย์
    - ควรใช้ Standard color chart ของ AAN kit เพราะว่า Standard color chart ของ AAN kit ให้ความถูกต้องได้มากกว่า Standard color chart ของ MU kit
    - ควรใช้ช่วงเวลาในการวิเคราะห์ 20 นาที
    - ควรทำการ dilution เพื่อให้อยู่ในช่วงที่ 100 ~ 200 ppb สำหรับตัวอย่างที่มีสารหนูที่ความเข้มข้นสูงกว่า 200ppb เนื่องจากความเข้มข้นของสารหนูที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ อยู่ในช่วง 100 ~ 200 ppb
    - เพิ่มประสบการณ์ผู้วิเคราะห์ให้เพียงพอจะสามารถใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามได้โดยมีผลถูกต้องแม่นยำมากกว่านี้
3. กลุ่มประชาชนในโครงการนี้ด้วยควรรับการฝึกหัดอบรมมากกว่านี้แล้วเพิ่มประสบการณ์ให้มากขึ้นให้เพียงพอ จะสามารถใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามได้โดยมีผลถูกต้องแม่นยำมากกว่านี้
4. ผู้ที่วิเคราะห์สารหนูโดยชุดทดสอบสารหนูภาคสนามต้องได้รับการฝึกหัดอบรมก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์น้อยลง และเป็นการเพิ่มประสบการณ์เพื่อที่จะสามารถใช้ชุดทดสอบสารหนูภาคสนามได้โดยมีผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
5. ควรเพิ่มการฝึกหัดอบรมให้ครูวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะสนับสนุนชุดทดสอบสารหนูภาคสนามให้แก่โรงเรียนในพื้นที่สำหรับตรวจสารหนูโดยครูวิทยาศาสตร์และเผยแพร่ความรู้ของสารหนูในนักเรียน
6. ควรเพิ่มศักยภาพของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านให้สามารถวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบสารหนูภาคสนามเพื่อที่จะสนับสนุนชุดทดสอบสารหนูภาคสนามให้แก่หมู่บ้านในพื้นที่และตรวจสารหนูโดยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน
7. ควรเพิ่มศักยภาพของโรงพยาบาลในการบริการตรวจสารหนูให้ประชาชนจนจะมีโครงการเฝ้าระวังและบริการตรวจวัดระดับสารหนูในน้ำบ่อตื้นและบ่อบาดาลของชาวบ้านตำบลร่อนพิบูลย์

เอกสารอ้างอิง

1. รุ่งโรจน์ รัตนโอภาส. อะตอมมิคแอบซอร์ปชัน สเปคโตรสโคปี. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 19th edition, APHA-AWW, US. 1998; 3113B-3114B.
3. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 17th edition, APHA-AWW, US. 1989; 3-76-3-78.
4. Irgolic KJ, et al. The mercuric-bromide-stain method and the Natelson method for the determination of arsenic. In: Abernarthy CO, Calderon RL, Chappell WR. Editors. Arsenic~Exposure and Health Effects. London: Chapman & Hall, 1997; 16-32.
5. Hironaka H. On site analysis of As^{3+} and As^{5+} by mercury bromide paper disk colorimetry method (Gutzeit method modified by Hironaka). Annual report of the Fukuoka-City Health and Environment Institute, Japan, 1998. (in Japanese)
6. Shiowatana J. Develop a Low Cost Arsenic Field Test Kit for Trace Level Detection (phase II), presented to UNICEF East Asia & Pacific Regional Office. Mahidol University, Thailand, 2002.
7. Assessment of Arsenic Field Testing Kits, Final Report of National Environmental Engineering Research Institute, India and WHO Regional Office for South-East Asia, 1998.
8. รายงานเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาพิษสารหนูที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม 2530
9. การศึกษาวิเคราะห์การปนเปื้อนสารหนูในน้ำบ่อตื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ กระทรวงสาธารณสุข 2531
10. ไพจิตร ประภาภรณ์. สถานการณปัญหาและการแก้ไขการแพร่กระจายของสารหนู อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวง อุตสาหกรรม 2540
11. ขวัญยืน ศรีเปารยะ. การเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำ หมู่ที่ 2,12,13 ตำบลร่อนพิบูลย์ 2543
12. Chongsuvivatwong V, Lim A, Dueravee M, et al. Follow up of water use in a tin mining area affected with arsenic poisoning. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2000.
13. วิไลวรรณ พุทธพฤกษ์. การเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำบริโภคของตำบลร่อนพิบูลย์. นครศรีธรรมราช. 2545

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามในงานวิจัย

โครงการการคัดเลือกชุดทดสอบสารหนูภาคสนามสำหรับใช้งานในเขตอำเภอร่นพิบูลย์

ชื่อ – สกลุ .....หน่วยงาน.....

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยชดทดสอบสารหนูภาคสนาม</u>

เตรียมฝาขวด โดย ให้แผ่นกระดาษ A สอดระหว่างแผ่นยางกับฝาขวด

ให้แผ่นกระดาษ B สอดระหว่างแผ่นยางทั้งสอง

↓

เติมน้ำตัวอย่าง 10 ml. ลงในขวดทำปฏิกิริยา

↓

เติมน้ำยา A ลงไป 2 cc.

↓

เติมผง Z ลงไปทั้งซอง

↓

ปิดฝาโดยเร็ว

↓

ตั้งปฏิกิริยาทิ้งไว้ 20 นาที ระหว่างรอเขย่าเบาๆ เป็นระยะ

นำกระดาษ A มาเปรียบเทียบกับ standard color scal

บันทึกผลการทดลอง

ตัวอย่าง / ครั้งที่	ครั้งที่ 1 (ppb)	ครั้งที่ 2 (ppb)	ครั้งที่ 3 (ppb)	ค่าเฉลี่ย (ppb)
ตัวอย่างที่ 1				
ตัวอย่างที่ 2				
ตัวอย่างที่ 3				
ตัวอย่างที่ 4				

แสดงแบบสอบถามในงานวิจัย

กิจกรรม	ระดับ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
<u>เกี่ยวกับการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์</u> 1. สถานที่ที่ใช้ในการอบรมมีความเหมาะสมเพียงใด					
2. เวลาที่ใช้ในการอบรมเหมาะสมเพียงใด					
3. เนื้อหาและรายละเอียดพอเหมาะหรือไม่					
4. สื่อและวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรมเพียงพอหรือไม่					
5. ผู้ให้การอบรมอธิบายขั้นตอนกาวิเคราะห์ได้อย่างไร					
6. ท่านความเข้าใจการวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบภาคสนาม					
<u>เกี่ยวกับชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม</u> 1. สำหรับพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ท่านคิดว่าชุดทดสอบสารหนูภาคสนามมีความจำเป็นเพียงใด อธิบาย……. ……					
2. ท่านคิดว่าขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยากเพียงใด <u>อธิบาย</u>…… …… ……..					
3. ท่านมีความมั่นใจต่อผลการวิเคราะห์ของท่านอย่างไร <u>อธิบาย</u>…… ……					
4.ท่านคิดว่าท่านมีความสามารถที่จะใช้ชุดทดสอบแค่ไหน <u>อธิบาย</u>…… …… ……					

ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะ

……

……

……

…….....

ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีของ MU kit

1. **น้ำยา A :** มีส่วนประกอบของกรดเข้มข้น ซึ่งอาจมีไอกรดเกิดขึ้นได้ หากเข้าตาอาจก่อให้เกิดการระคายเคือง หากสัมผัสผิวหนังอาจจะมีการระคายเคือง
2. **ผงสาร Z :** เป็นผงละเอียด อาจฟุ้งกระจายได้ หากสูดละอองฝุ่นเข้าจมูกจะเกิดอันตรายต่อทางเดินหายใจ เมื่อสัมผัสผิวหนังอาจมีอาการระคายเคืองได้
3. **แถบกระดาษ A และแถบกระดาษ B :**ด้านล่างของกระดาษชุบด้วยสารเคมีที่อาจเป็นอันตราย ด้านบน (เคลือบสี) ไม่มีอันตรายใดๆ เวลาใช้ให้จับได้เฉพาะด้านที่มีสีเท่านั้น

คำแนะนำในการใช้ชุดทดสอบสารหนู

1. ขวดยา A แถบกระดาษ A และ B ควรปิดฝาทันทีที่ใช้เสร็จ
2. ระวังไอและละอองของสารเข้าจมูกและตา
3. ห้ามสัมผัสด้านที่ไม่มีสีของแถบกระดาษ A และ B เพราะเคลือบด้วยสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายได้ เวลาใช้ให้จับด้านที่มีสีเท่านั้น (เก็บแถบกระดาษ A และ B เพราะเคลือบด้วยสารเคมีที่เป็นอันตรายได้ เวลาใช้ให้จับด้านที่มีสีเท่านั้น (เก็บแถบกระดาษ A และ B ที่ใช้แล้วใส่ถุงพลาสติกที่จัดให้)
4. ล้างมือทุกครั้งมือเลิกใช้
5. ขณะเกิดปฏิกิริยาจะมีก๊าซอาร์ซีนและก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นตลอดเวลา (ประมาณ 10 - 20 นาที หลังจากเติมผงสาร Z) ดังนั้น ไม่ควรทำการทดสอบใกล้กับเปลวไฟ
6. เก็บให้ห่างจากมือเด็ก อาหาร เครื่องดื่ม สัตว์เลี้ยง และแสงแดด ตลอดจนที่มีอุณหภูมิสูง

ส่วนประกอบของชุดทดสอบสารหนู

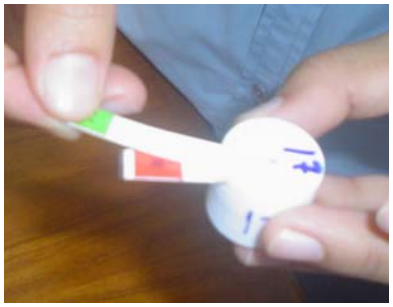
1. ขวดทำปฏิกิริยาพร้อมฝา	1	ชุด
2. หลอดฉีดยาสำหรับดูดน้ำตัวอย่าง	1	หลอด
3. น้ำยา A	1	ขวด
4. หลอดสำหรับดูดน้ำยา A	1	หลอด
5. ผงสาร Z	1	ขวด
6. แถบกระดาษ A	1	กล่อง
7. แถบกระดาษ B	1	กล่อง
8. ถุงพลาสติกสำหรับใส่แถบกระดาษ ที่ใช้แล้ว	1	ถุง

ภาคผนวก ข

ภาพกิจกรรมการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 1

ภาพกิจกรรมการอบรมให้ความรู้เรื่องการวิเคราะห์สารหนูด้วยชุดทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 2

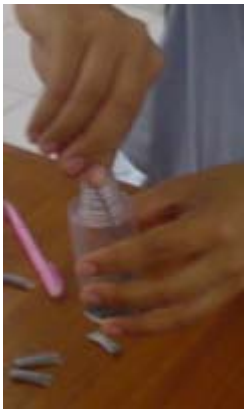
ภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์สารหนูด้วย MU kit



1. เตรียมฝาขวด

2. เติมน้ำตัวอย่าง

3. เติมน้ำยา A

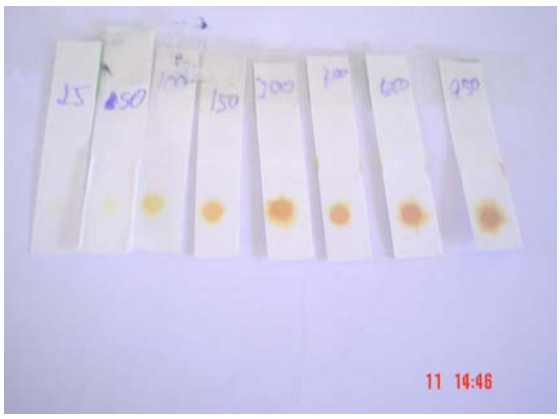


4. เติมผง Z

5. ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา

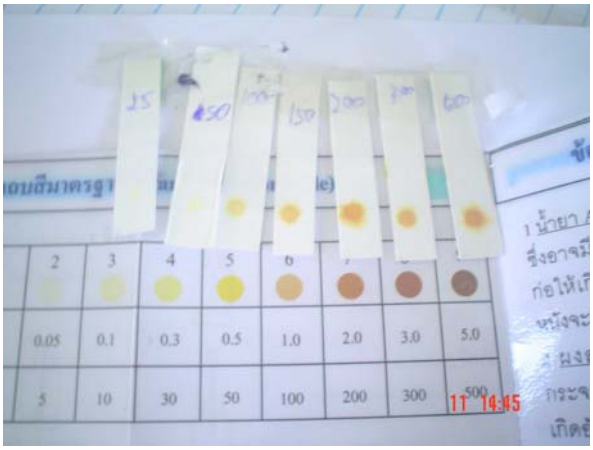
6. อ่านค่าปริมาณสารหนู

ภาพแสดง Standard color chart



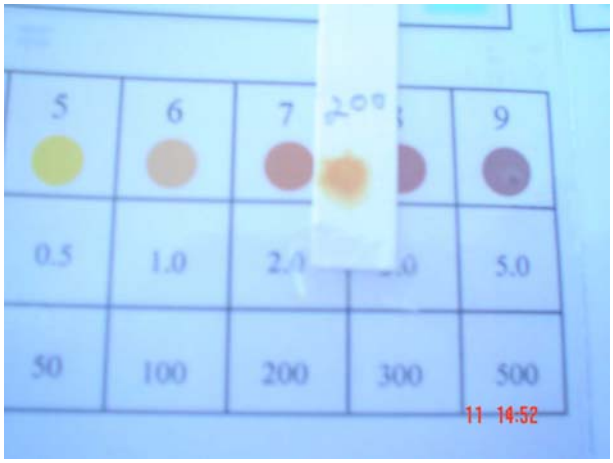
Color chart จากการวิเคราะห์ As Standard 25 – 750 ppb

การเปรียบเทียบ Color chart จากการวิเคราะห์ กับ Standard color chart ของ AAN kit



การเปรียบเทียบ Color chart จากการวิเคราะห์ กับ Standard color chart ของ MU kit

การเปรียบเทียบสีจากการวิเคราะห์ As Standard 200 ppb กับ Standard color chart ของ AAN kit



การเปรียบเทียบสีจากการวิเคราะห์ As Standard 200 ppb กับ Standard color chart ของ MU kit