# รายงานผลการศึกษา

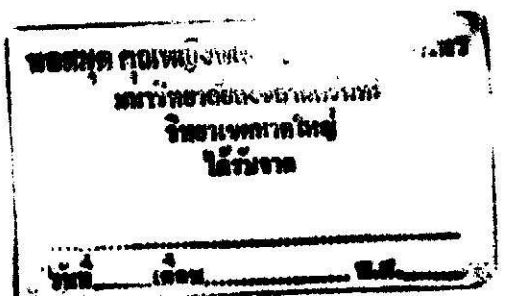
*โครงการตรวจวัดปริมาณสารหนูในอากาศ พืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์*

*ใน ต.ร่อนพิบูลย์ อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช*

โดย

นายสัตวแพทย์ ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์
ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โครงการการป้องกันและแก้ปัญหาพิษสารหนูและโลหะหนักในภาคใต้
สำนักวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2543



# Abstract

**Arsenic Contamination in Ambient Air, Vegetables, Fruits and Various Kinds of Meat in Ron Phibun Subdistrict of Ron Phibun District, Nakhon Si Thammarat Province.**

The aim of this study was to assess the severity of arsenic contamination in ambient air and agricultural produces in Ron Phibun subdistrict. Samples of ambient air, vegetables, fruits and various kinds of meat were collected. Their arsenic contents were analysed by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ambient air samples in the high risk area (village No. 1, 2, 12 and 13) and those in the low risk area (village No. 3, 6, 7, 8, 9, 14 and 16) had arsenic levels averaging $4.6 \times 10^{-5} \pm 2.0 \times 10^{-5}$ mg/m$^3$ and $2.8 \times 10^{-5} \pm 1.2 \times 10^{-5}$ mg/m$^3$, respectively. Their resultant carcinogenic risks were $1.99 \times 10^{-7}$ and $1.23 \times 10^{-7}$, respectively. The arsenic contents in vegetables, fruits and various kinds of meat were less than the standard allowance set by the Ministry of Public Health (2 mg/kg), except those in freshwater snails (***Sinotaia ingallsiana***) of which the average values were $3.690 \pm 0.058$ mg/kg and $2.003 \pm 0.038$ mg/kg for the high risk area and the low risk area, respectively. The average arsenic contents of all agricultural produces in the high risk area and the low risk area were equal to $0.166 \pm 0.591$ mg/kg and $0.098 \pm 0.325$ mg/kg, respectively. In conclusion, the arsenic contents in ambient air and agricultural produces in Ron Phibun subdistrict were considered acceptable except those in freshwater snails which were considered unsafe for consumption.

# สารบัญ

หน้า


สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทคัดย่อ 1

Abstract 2

หลักการและเหตุผล 3

วัสดุอุปกรณ์ 5

วิธีการศึกษา 5

ผลการศึกษา 9

วิจารณ์ 14

สรุปผลการศึกษา 15

ข้อเสนอแนะ 16

กิตติกรรมประกาศ 16

เอกสารอ้างอิง 16

ภาคผนวก 19

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1 | ระดับความเข้มข้นของสารหนูรวมในอากาศ พื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำของตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสูดหายใจสารหนูในอากาศเข้าไป | 11 |
| ตารางที่ 2 | ระดับสารหนูในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำของตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช | 12 |


# สารบัญรูป


| | | |
|---|---|---|
| รูปที่ 1 | แผนที่แสดงขอบเขตหมู่บ้านของตำบลร่อนพิบูลย์ | 6 |

*หลักการและเหตุผล*

ในปี พ.ศ. 2530 ได้มีการตรวจพบโรคพิษสารหนูเรื้อรัง เกิดขึ้นกับประชาชนนับพันคนในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้ป่วยมีอาการทางผิวหนัง ได้แก่ ผิวหนังมีสีกระดำกระด่างทั่วร่างกาย เมื่อคลำที่บริเวณฝ่ามือฝ่าเท้าจะรู้สึกคล้ายมีปุ่มแข็งขนาดเล็กจำนวนหนึ่งอยู่ใต้ผิวหนัง ในรายที่มีอาการรุนแรงจะเกิดโรคมะเร็งของผิวหนังด้วย อาการอื่น ๆ ที่อาจพบในผู้ป่วย ได้แก่ โลหิตจาง ตีช่าน เหน็บชาตามปลายมือปลายเท้า มีไข้ต่ำ ๆ ความดันโลหิตสูง เป็นต้น สาเหตุหลักของการเกิดโรคนี้คือการดื่มน้ำบ่อตื้นที่ปนเปื้อนสารหนูในปริมาณสูงเป็นประจำทุกวัน ทำให้ได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน จนเกิดป่วยเป็นโรคพิษสารหนูเรื้อรังขึ้นมา (นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2531)

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา การดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาพิษสารหนูเรื้อรังที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ของหน่วยราชการต่าง ๆ ได้มุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดื่มน้ำบ่อตื้นของชาวบ้านเป็นหลัก ด้วยการรณรงค์ให้ชาวบ้านหันมาดื่มน้ำฝนและน้ำประปาแทน โดยได้มีการจัดหาแหล่งน้ำสะอาดในพื้นที่ใกล้เคียงและต่อท่อเหล็กลำเลียงน้ำมาให้ชาวบ้านไว้ใช้อุปโภคบริโภค มีการขยายพื้นที่การให้บริการน้ำประปาให้กว้างขวางขึ้น โดยมีทั้งระบบประปาส่วนภูมิภาค ระบบประปาชนบท ระบบประปาบาดาล และระบบประปาภูเขา นอกจากนี้ยังมีการควบคุมการแต่งแร่ และไม่ต่ออายุประทานบัตรเหมืองแร่ในพื้นที่ที่มีปัญหาการปนเปื้อนของสารหนู (อนงค์ ไพจิตรประภาภรณ์, 2540) มาตรการเหล่านี้ได้รับการคาดหวังว่าจะสามารถป้องกันการเกิดโรคพิษสารหนูเรื้อรังได้

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจด้วยการสุ่มตรวจเด็กนักเรียนในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ในปี พ.ศ. 2535 พบว่าร้อยละ 89 ของเด็กนักเรียนอายุต่ำกว่า 10 ปี ยังมีระดับสารหนูในเส้นผมสูงผิดปกติอยู่ ทั้ง ๆ ที่เด็กนักเรียนเหล่านี้งดดื่มน้ำบ่อตื้นแล้ว และตัวอย่างเส้นผมเหล่านั้นได้รับการล้างให้สะอาดก่อนการย่อยและวิเคราะห์หาระดับสารหนู(วิชัย เอกพลากร และอมรา ทองหงษ์, 2539) จึงเกิดคำถามขึ้นว่า เด็กนักเรียนเหล่านี้ซึ่งไม่มีประวัติว่าดื่มน้ำบ่อตื้นมาก่อนได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากแหล่งใด มีความเป็นไปได้ที่เด็กเหล่านี้อาจได้รับสารหนูจากการสูดหายใจฝุ่นสารหนูในอากาศ หรือจากการรับประทานอาหารจำพวกพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ที่ปนเปื้อนสารหนู เป็นต้น

การปนเปื้อนของสารหนูในอากาศมีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่ายในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของสารหนูในผิวดินสูง มีรายงานก่อนหน้านี้ว่าปริมาณสารหนูในผิวดินของพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50-5,000 มก./กก. (Suwanmanee, 1990) ซึ่งสูงกว่าค่าปกติทั่วไปที่ควรมีค่าไม่เกิน 40 มก./กก. (Ishinishi et al., 1986) ลมสามารถพัดสารหนูในฝุ่นดินให้ฟุ้งกระจายในอากาศ ประชาชนในพื้นที่นี้อาจได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากการ

สูดหายใจสารหนูในอากาศเข้าไปเป็นประจำ ฝุ่นบางส่วนในอากาศอาจจะตกลงมาสะสมบนหลังคาบ้านเรือน บนพื้นห้อง บนโต๊ะรับประทานอาหารและสิ่งของต่าง ๆ เคยมีรายงานพบว่าน้ำฝนที่รองได้จากหลังคาบ้านเรือนในพื้นที่เสี่ยงสูงของตำบลร่อนพิบูลย์ มีระดับสารหนูสูง (ประกาย บริบูรณ์, 2539 ; บรรจง วิทยวีรศักดิ์, 2542) ดังนั้นจึงมีคำถามเกิดขึ้นว่าประชาชนในพื้นที่นี้ได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายโดยการสูดหายใจเข้าไปมากน้อยเพียงใด

การปนเปื้อนของสารหนูในผลผลิตทางการเกษตรของตำบลร่อนพิบูลย์ เช่น พืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกาย ในปี พ.ศ. 2530-2531 หน่วยราชการต่าง ๆ ได้เคยสุ่มเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์หาระดับสารหนูมาแล้ว พบว่าผลผลิตส่วนใหญ่มีปริมาณสารหนูค่อนข้างสูง แต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ.2529 (2 มก./กก.) ยกเว้นในกระเพรา 1 ตัวอย่าง (3.72 มก./กก.) จากการสำรวจโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ และหอยขม 1 ตัวอย่าง (2.88 มก./กก.) จากการสำรวจโดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์สงขลา (จันทร์เพ็ญ ชูประภาภรณ์, 2535) แต่เนื่องจากการสำรวจในช่วงนั้นเก็บตัวอย่างมาเพียงชนิดละ 1 ตัวอย่าง ซึ่งน้อยเกินไปที่จะสรุปผลอะไรออกมาได้ จึงควรมีการสำรวจใหม่อีกครั้ง และคัดเลือกตัวอย่างผลผลิตทางการเกษตรที่ชาวบ้านในพื้นที่บริโภคบ่อย ๆ มาชนิดละอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระดับสารหนูที่มีในตัวอย่างชนิดนั้น การสำรวจเช่นนี้จะช่วยบอกได้ว่าผลผลิตเกษตรชนิดใดบ้างที่เป็นแหล่งแพร่กระจายสารหนูสู่ประชาชนในพื้นที่นี้ได้

## *วัตถุประสงค์*

1. ตรวจวัดระดับสารหนูที่มีอยู่ในอากาศในพื้นที่หมู่ต่าง ๆ ของตำบลร่อนพิบูลย์
2. ประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสูดหายใจอากาศที่ปนเปื้อนสารหนูนี้เข้าไป
3. ตรวจวัดระดับสารหนูในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ที่ชาวบ้านรับประทานเป็นประจำ

## *ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ*

1. ข้อมูลปริมาณสารหนูในอากาศและในผลิตผลทางการเกษตร จะช่วยในการระบุแหล่งแพร่กระจายสารหนูเข้าสู่ร่างกายคน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดวิธีการป้องกันการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกาย และยับยั้งการเกิดโรคพิษสารหนูเรื้อรังโดยเฉพาะในเด็กนักเรียน

2. ผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการได้รับสารหนูในอากาศ จะช่วยในการพิจารณาความสำคัญของแหล่งแพร่กระจายสารหนูนั้น ๆ และความคุ้มทุนหรือไม่ ในการจัดสรรงบประมาณเข้าไปแก้ไขปัญหา

## *วัสดุ*

1. สารละลายมาตรฐานสารหนู (Merck, Germany)
2. กรดไนตริกเข้มข้น 70% (Merck, Germany)
3. Palladium chloride (BDH, England)
4. Ascorbic acid (BDH, England)
5. Mixed cellulose ester filter (0.5 pare, 37 mm. diameter) (SKC, USA)
6. Argon (TIG, Thailand)
7. Arsenic hollow cathode lamp (Varian, Australia)
8. Graphite partition tubes (Varian, Australia)

## *อุปกรณ์*

1. ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง
2. เตาอบไมโครเวฟสำหรับห้องปฏิบัติการ MDS-2000 (CEM Corporation, USA)
3. เครื่องชั่งแบบละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง B3100S (Sartorius, Germany)
4. เครื่องเขย่าด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic cleaner) (Mettler Electric Corp., USA)
5. Graphite furnace atomic absorption spectrophotometer (GFAAS) GTA 100 SpectrAA 800 (Varian, Australia)
6. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล Escort ELF (MSA, USA)

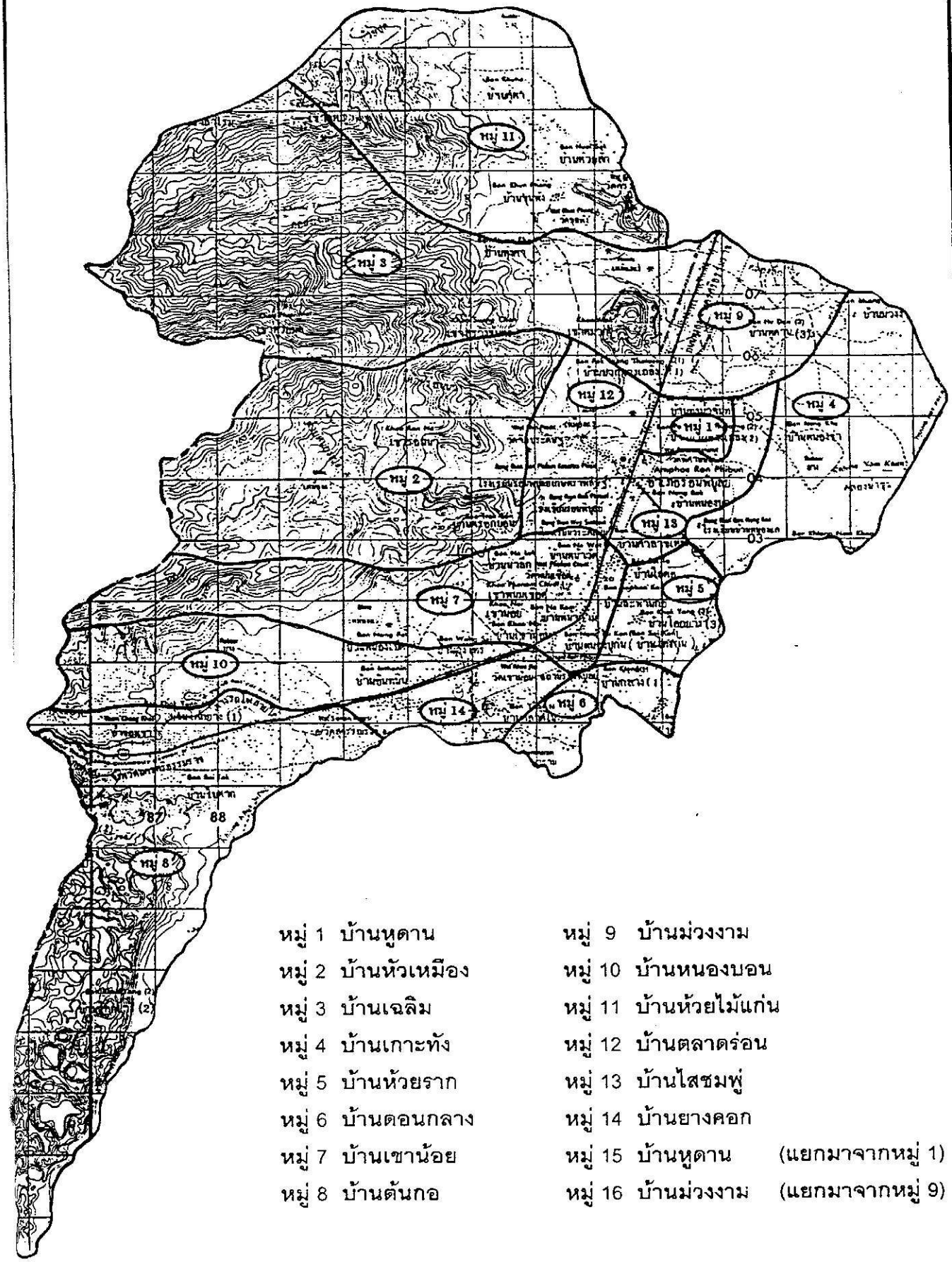
## *วิธีการศึกษา*

**1. การกำหนดพื้นที่ศึกษา**

คณะผู้ศึกษาได้ทำการสุ่มคัดเลือกพื้นที่ศึกษาแบบเจาะจง โดยอาศัยข้อมูลการปนเปื้อนของสารหนูในดิน จำแนกพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ ออกเป็นพื้นที่เสี่ยงสูง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ ดังนี้

พื้นที่เสี่ยงสูง ได้แก่ พื้นที่ในหมู่ที่ 1, 2, 12 และ 13
พื้นที่เสี่ยงต่ำ ได้แก่ พื้นที่ในหมู่ที่ 3, 6, 7, 8, 9, 14 และ 16

(ดูรูปที่ 1)




หมู่ 1 บ้านหูดาน
หมู่ 2 บ้านหัวเหมือง
หมู่ 3 บ้านเฉลิม
หมู่ 4 บ้านเกาะทัง
หมู่ 5 บ้านห้วยราก
หมู่ 6 บ้านดอนกลาง
หมู่ 7 บ้านเขาน้อย
หมู่ 8 บ้านต้นกอ
หมู่ 9 บ้านม่วงงาม
หมู่ 10 บ้านหนองบอน
หมู่ 11 บ้านห้วยไม้แก่น
หมู่ 12 บ้านตลาดร่อน
หมู่ 13 บ้านไสชมพู่
หมู่ 14 บ้านยางคอก
หมู่ 15 บ้านหูดาน (แยกมาจากหมู่ 1)
หมู่ 16 บ้านม่วงงาม (แยกมาจากหมู่ 9)

**รูปที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขตหมู่บ้านของตำบลร่อนพิบูลย์**

2. การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 ตัวอย่างฝุ่นในอากาศ

ตัวอย่างฝุ่นในอากาศในพื้นที่เสี่ยงสูง และพื้นที่เสี่ยงต่ำของตำบลร่อน-พิบูลย์ ได้รับการสุ่มเก็บในบริเวณลานดินนอกบ้านและลานดินในโรงเรียน รวม 54 ตัวอย่าง โดยเก็บจุดละ 3 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล โดยใช้กระดาษกรองชนิด mixed cellulose ester ขนาดรูกรอง 0.8 ไมครอน ตั้งอัตราการไหลของอากาศเข้าเครื่องที่ 1.5 ลิตร/นาที เก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (NIOSH, 1987) แล้วนำกระดาษกรองที่ได้มาย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นในเตาอบไมโครเวฟ จนเป็นสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออน นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูรวม (total arsenic) ด้วยเครื่อง GFAAS ที่ความยาวคลื่น 193.7 นาโนเมตร

2.2 ตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์

ได้เก็บตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ที่ชาวบ้านบริโภคเป็นประจำในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำของตำบลร่อนพิบูลย์ รวมทั้งหมด 230 ตัวอย่าง (ชนิดละ 3 ตัวอย่าง) โดยนำตัวอย่างทั้งหมดมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่น ตามลำดับ ในกรณีของตัวอย่างหอยขม ได้แช่หอยทิ้งไว้ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้คายดินตะกอนออกมาให้หมดก่อน นำเนื้อของตัวอย่างมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยมีดผ่าตัด แล้วบดให้ละเอียดในโกร่งบดยา นำตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วมา 0.5 กรัม ย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นในเตาอบไมโครเวฟ จนกลายเป็นสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออน นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูรวม ด้วยเครื่อง GFAAS โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 193.7 นาโนเมตร

3. การคำนวณปริมาณสารหนูรวม

สูตร ระดับสารหนูรวมในผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ (C) = $\frac{R \times V}{W}$ ไมโครกรัม/กรัม

เมื่อ R = ค่าความเข้มข้นของสารละลายที่อ่านได้ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลาย (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

สูตร ระดับสารหนูรวมในอากาศ (C) = $\frac{R \times V}{Q \times T}$ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

เมื่อ R = ค่าความเข้มข้นของสารละลายที่อ่านได้ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลาย (มิลลิลิตร)

Q = อัตราการไหลของอากาศเข้าเครื่องเก็บตัวอย่าง (ลิตร/นาที)

T = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ (นาที)

**4. การคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการปนเปื้อนของสารหนูในอากาศ**

สูตร $IEC = C \times \frac{ET}{24} \times \frac{EF}{365} \times \frac{ED}{70} \times B$

เมื่อ IEC = ความเข้มข้นของการได้รับสาร (inhalation exposure concentration) (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

C = ความเข้มข้นของสารหนูในอากาศ (ambient air concentraiton) (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

ET = จำนวนชั่วโมงที่ได้รับสารหนูต่อวัน (exposure time) (ชั่วโมง/วัน)

EF = ความถี่ของการได้รับสารหนูต่อปี (exposure frequency) (วัน/ปี)

ED = จำนวนปีที่ได้รับสารหนูตลอดชั่วอายุขัย (exposure duration) (ปี)

B = อัตราส่วนของสารหนูที่เข้าสู่ร่างกาย (bioavalability)

ที่มา : USEPA (1992)

สูตร ความเสี่ยง (risk) = IEC × unit risk factor

เมื่อ unit risk factor ของสารหนู = $4.3 \times 10^{-3}$ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)$^{-1}$

ที่มา : USEPA (1992)

**5. การประกันคุณภาพการวิเคราะห์**

**5.1 การหาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (Detection limit)**

สูตร $dl = \frac{2 \times S.D.}{slope}$

$= \frac{2 \times S.D. \times C}{A}$

เมื่อ dl = ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (detection limit)

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ (การดูดกลืนแสง) (standard deviation)

C = ความเข้มข้นที่วัดได้ (Concentration)

A = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ (average absorbance)

จากการทดสอบ พบว่า

- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์สารหนูรวมในอากาศ มีค่าเท่ากับ 0.1 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์สารหนูรวมในพืชผัก มีค่าเท่ากับ 2.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม
- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์สารหนูรวมในเนื้อสัตว์ มีค่าเท่ากับ 2.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม
- ขีดจำกัดของการวิเคราะห์สารหนูรวมในดิน มีค่าเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

### 5.2 การหาความแม่นยำของการวิเคราะห์ (Precision)

ความแม่นยำสามารถดูได้จากค่า Coefficience of Variation (C.V.) หรือ relative standard deviation (RSD) ซึ่งถ้ายิ่งมีค่าน้อยมากเท่าไร ก็แสดงว่าการวิเคราะห์มีความแม่นยำมากเท่านั้น

**สูตร** $$C.V. = \frac{S.D.}{mean} \times 100 \quad \%$$

เมื่อ C.V. = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน
S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นที่อ่านได้
mean = ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นที่อ่านได้

จากการทดสอบ พบว่า

- ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสารหนูรวมในอากาศ เท่ากับ 4.86% (n = 10)
- ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสารหนูรวมในพืชผักและเนื้อสัตว์ เท่ากับ 12.54% (n = 10)
- ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสารหนูรวมในดิน เท่ากับ 8.20% (n = 10)

*ผลการศึกษา*

**1. ระดับการปนเปื้อนของสารหนูรวมในอากาศ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง**

ความเข้มข้นของสารหนูในอากาศในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำทุกหมู่บ้าน มีระดับไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ในประเทศออสเตรเลีย (ในประเทศไทย ไม่ได้กำหนดไว้) (ตารางที่ 1) พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารหนูในอากาศในพื้นที่เสี่ยงสูงไม่แตกต่างจากในพื้นที่เสี่ยงต่ำ ($p > 0.05$) เมื่อนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยมาประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง พบว่าทุกหมู่บ้านทั้งในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ มีค่าความเสี่ยงอยู่ในช่วง $10^{-8}$ - $10^{-7}$ ซึ่งถือว่าต่ำมาก และจัดว่าเป็นความเสี่ยงที่ไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

**2. ระดับการปนเปื้อนของสารหนูรวมในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์**

ค่าความเข้มข้นของสารหนูรวมในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่าระดับสารหนูเฉลี่ยในพืชผัก และผลไม้ในพื้นที่เสี่ยงสูง มีค่าเท่ากับ 0.074 ± 0.073 มก./กก. และ 0.048 ± 0.021 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนระดับสารหนูเฉลี่ยในพืชผัก และผลไม้ ในพื้นที่เสี่ยงต่ำมีค่าเท่ากับ 0.040 ± 0.049 มก./กก. และ 0.033 ± 0.023 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ระดับสารหนูรวมในไข่และเนื้อสัตว์ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในพืชผัก ผลไม้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.489 ± 1.203 มก./กก. ในพื้นที่เสี่ยงสูง และ 0.587 ± 0.645 มก./กก. ในพื้นที่เสี่ยงต่ำ (ตารางที่ 2) พบว่าหอยขมมีระดับสารหนูรวมสูงที่สุด และมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 2 มก./กก. ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ในอาหารตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529 จึงไม่ปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค เนื้อสัตว์ที่มีระดับสารหนูสูงรองลงมา ได้แก่ ปลานิล (0.258 ± 0.019 มก./กก.) และปลาดุก (0.170 ± 0.014 มก./กก.) ตามลำดับ แต่เนื้อปลาทั้งสองชนิดนี้ ยังสามารถนำมาบริโภคได้ เพราะมีระดับสารหนูเฉลี่ยต่ำกว่า 2 มก./กก. อย่างไรก็ตาม หากนำความเข้มข้นของสารหนูในผลิตผลทางการเกษตรทุกตัวอย่างมาเฉลี่ยรวมกันแล้ว พบว่าระดับสารหนูเฉลี่ยของอาหารในพื้นที่เสี่ยงสูง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.166 ±0.591 มก./กก. และ 0.098 ± 0.325 มก./กก. ตามลำดับ

ตาราง 1 ระดับความเข้มข้นของสารหนูรวมในอากาศในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำของตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสูดหายใจสารหนูในอากาศเข้าไป

| บริเวณ | จำนวนตัวอย่าง (n) | ความเข้มข้นสารหนูรวมในอากาศ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.) | ความเสี่ยง |
|---|---|---|---|
| <u>พื้นที่เสี่ยงสูง</u> | | | |
| หมู่ที่ 1 | 6 | $3.3 \times 10^{-5} \pm 3.6 \times 10^{-5}$ * | $1.42 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 2 | 6 | $2.5 \times 10^{-5} \pm 3.3 \times 10^{-5}$ | $1.08 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 12 | 6 | $7.0 \times 10^{-5} \pm 6.4 \times 10^{-5}$ | $3.01 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 13 | 3 | $5.7 \times 10^{-5} \pm 1.1 \times 10^{-5}$ | $2.45 \times 10^{-7}$ |
| เฉลี่ยพื้นที่เสี่ยงสูง | 21 | $4.6 \times 10^{-5} \pm 2.0 \times 10^{-5}$ | $1.99 \times 10^{-7}$ |
| <u>พื้นที่เสี่ยงต่ำ</u> | | | |
| หมู่ที่ 3 | 3 | $1.6 \times 10^{-5} \pm 1.5 \times 10^{-5}$ | $6.88 \times 10^{-8}$ |
| หมู่ที่ 6 | 6 | $2.6 \times 10^{-5} \pm 1.8 \times 10^{-5}$ | $1.20 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 7 | 6 | $3.8 \times 10^{-5} \pm 3.1 \times 10^{-5}$ | $1.63 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 8 | 3 | $3.0 \times 10^{-5} \pm 2.0 \times 10^{-6}$ | $1.28 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 9 | 6 | $3.2 \times 10^{-5} \pm 8.0 \times 10^{-6}$ | $1.37 \times 10^{-7}$ |
| หมู่ที่ 14 | 6 | $1.1 \times 10^{-5} \pm 8.0 \times 10^{-6}$ | $4.73 \times 10^{-8}$ |
| หมู่ที่ 16 | 3 | $4.8 \times 10^{-5} \pm 2.9 \times 10^{-5}$ | $2.06 \times 10^{-7}$ |
| เฉลี่ยพื้นที่เสี่ยงต่ำ | 33 | $2.8 \times 10^{-5} \pm 1.2 \times 10^{-5}$ | $1.23 \times 10^{-7}$ |

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 2 ระดับสารหนูในพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ ของตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

| ชนิดของตัวอย่าง | กลุ่มเสี่ยงสูง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | กลุ่มเสี่ยงต่ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) |
|---|---|---|
| ถั่วฝักยาว | nd | nd |
| บวบ | $0.010 \pm 0.010$ | $0.010 \pm 4.08 \times 10^{-3}$ |
| ตะไคร้ | $0.063 \pm 8.49 \times 10^{-3}$ | $0.003 \pm 2.16 \times 10^{-3}$ |
| มะเขือ | $0.149 \pm 0.082$ | $0.023 \pm 0.06$ |
| ถั่วพลู | nd | nd |
| แตงกวา | $0.164 \pm 0.071$ | nd |
| ฟักเขียว | $0.01 \pm 0.01$ | nd |
| ผักบุ้ง | $0.012 \pm 6.24 \times 10^{-3}$ | $0.078 \pm 0.021$ |
| ใบโหระพา | $0.119 \pm 0.108$ | $0.043 \pm 0.044$ |
| ใบมะกรูด | $0.050 \pm 0.035$ | $0.036 \pm 0.08$ |
| ใบกระเพรา | $0.116 \pm 0.013$ | $0.012 \pm 2.16 \times 10^{-3}$ |
| ตำลึง | nd | nd |
| ฟักทอง | $0.045 \pm 0.022$ | $0.053 \pm 6.24 \times 10^{-3}$ |
| พริกขี้หนู | $0.012 \pm 2.36 \times 10^{-3}$ | $0.002 \pm 1.24 \times 10^{-3}$ |
| ถั่วงอก | $0.021 \pm 0.011$ | $0.025 \pm 0.023$ |
| ถั่วลิสง | $0.201 \pm 0.145$ | $0.107 \pm 4.24 \times 10^{-3}$ |
| มันเทศ | $0.207 \pm 0.108$ | $0.194 \pm 0.175$ |
| เผือก | $0.185 \pm 0.092$ | $0.095 \pm 0.070$ |
| กระเฉด | $0.040 \pm 0.025$ | $0.045 \pm 0.025$ |
| คะน้า | $0.072 \pm 0.012$ | $0.069 \pm 10.039$ |
| **เฉลี่ยในพืช ผัก** | **$0.074 \pm 0.073$** | **$0.040 \pm 0.049$** |
| แตงโม | $0.032 \pm 0.013$ | $0.052 \pm 0.035$ |
| สับปะรด | $0.025 \pm 0.011$ | $0.025 \pm 0.011$ |
| มะละกอ | $0.060 \pm 4.06 \times 10^{-3}$ | $0.052 \pm 2.36 \times 10^{-3}$ |
| กล้วย | $0.023 \pm 0.014$ | $0.027 \pm 0.015$ |

| ชนิดของตัวอย่าง | กลุ่มเสี่ยงสูง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | กลุ่มเสี่ยงต่ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) |
|---|---|---|
| มะม่วง | $0.055 \pm 0.033$ | $0.068 \pm 0.019$ |
| ฝรั่ง | $0.077 \pm 0.014$ | $0.029 \pm 0.026$ |
| ลูกจันทน์ | $0.068 \pm 0.005$ | na |
| มะเหมี่ยว | $0.062 \pm 0.044$ | nd |
| ชมพู่ | $0.030 \pm 2.45 \times 10^{-3}$ | $0.011 \pm 8.16 \times 10^{-4}$ |
| **เฉลี่ยในผลไม้** | **$0.048 \pm 0.021$** | **$0.033 \pm 0.023$** |
| หมู | $0.049 \pm 0.017$ | $0.018 \pm 6.236 \times 10^{-3}$ |
| ไก่ | $0.015 \pm 0.016$ | $0.060 \pm 9.335 \times 10^{-3}$ |
| ปลาดุก | $0.170 \pm 0.014$ | $0.088 \pm 0.026$ |
| ปลากด | $0.064 \pm 0.024$ | $0.038 \pm 0.046$ |
| ปลานิล | $0.258 \pm 0.019$ | $0.176 \pm 0.046$ |
| ปลาช่อน | $0.082 \pm 2.494 \times 10^{-3}$ | $0.047 \pm 4.19 \times 10^{-3}$ |
| หอยขม | $3.690 \pm 0.058$ | $2.003 \pm 0.038$ |
| ไข่เป็ด | $0.005 \pm 0.008$ | $0.035 \pm 0.032$ |
| ไข่ไก่ | $0.068 \pm 3.29 \times 10^{-3}$ | $0.116 \pm 8.49 \times 10^{-3}$ |
| **เฉลี่ยในเนื้อสัตว์และไข่ไก่** | **$0.489 \pm 1.203$** | **$0.287 \pm 0.645$** |
| **เฉลี่ยรวม** | **$0.166 \pm 0.591$** | **$0.098 \pm 0.325$** |

**หมายเหตุ** ตัวอย่างแต่ละชนิด เก็บจำนวน 3 ตัวอย่าง รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

nd = ตรวจไม่พบสารหนู (น้อยกว่า 2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม)

na = ไม่มีตัวอย่างในพื้นที่นั้น

*วิจารณ์*

แม้ว่าผลการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าระดับการปนเปื้อนของสารหนูในอากาศ ของตำบลร่อนพิบูลย์ ยังอยู่ในระดับต่ำ และมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดโรคมะเร็งก็ตาม แต่ก็เป็นความเสี่ยงหนึ่งที่เมื่อรวมเข้ากับความเสี่ยงที่เกิดจากการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากแหล่งอื่น ๆ เช่น น้ำดื่ม ดิน อาหาร แกส (อาร์ซีน) ก็อาจได้ผลลัพธ์เป็นความเสี่ยงที่เพิ่มมากขึ้นจนถึงขีดอันตรายได้ ดังนั้นจึงควรหาวิธีป้องกันการได้รับฝุ่นเหล่านี้ด้วย เช่น ใช้หน้ากากปิดจมูกในบริเวณที่มีฝุ่นมากหรือในขณะปัดฝุ่นทำความสะอาดภายในอาคาร ควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนรับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ การกักเก็บน้ำฝนไว้ใช้อุปโภคบริโภคควรปล่อยให้น้ำฝนชะล้างหลังคาให้สะอาดก่อน และมีการทำความสะอาดภาชนะเก็บกักน้ำเป็นประจำด้วย เพราะฝุ่นสารหนูที่สะสมบนหลังคาสามารถปนเปื้อนลงมากับน้ำฝนได้ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากรายงานการพบสารหนูระดับสูงในตัวอย่างน้ำดื่มที่เป็นน้ำฝนในบางครัวเรือน (ประกาย บริบูรณ์ 2539 ; บรรจง วิทยวีรศักดิ์ 2542)

สารหนูในอากาศที่เก็บตัวอย่างมานั้น ส่วนใหญ่เป็นสารหนูอนินทรีย์ที่อยู่ในฝุ่นที่ต้องมีขนาดเล็กกว่า 0.8 ไมครอน จึงจะสามารถผ่านรูกรองในเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศได้ แต่ในความเป็นจริง สารหนูในอากาศยังมีบางส่วนที่อยู่ในรูปของสารหนูอินทรีย์บางชนิดที่ระเหยเป็นไอได้ และบางชนิดอยู่ในรูปของแกสอาร์ซีนหรือ alkylarsine ที่เกิดจากการย่อยสลายสารประกอบสารหนูในดินโดยแบคทีเรีย (Ishinishi et al., 1988) สารประกอบสารหนูเหล่านี้ไม่สามารถถูกดักจับด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบนี้ได้ ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ซึ่งได้เคยทดลองนำมาใช้เก็บตัวอย่างแกสในดินในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์แล้ว พบว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับระดับสารหนูในพื้นที่ควบคุม (เจนวิทย์ วงษ์ศานุ และคณะ, 2540) ดังนั้นค่าความเข้มข้นของสารหนูในอากาศที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษานี้จึงเป็นค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารหนูในอาหารจำพวกพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ที่ชาวบ้านรับประทานเป็นประจำ ไม่สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อการเกิดโรคมะเร็งให้ถูกต้องแม่นยำได้ เนื่องจากอาหารแต่ละมื้อที่ชาวบ้านในแต่ละครัวเรือนรับประทานนั้น มีความหลากหลายมาก ไม่สามารถกำหนดสัดส่วนของพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์แต่ละชนิดที่ชาวบ้านบริโภคในแต่ละปีได้ นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยความไม่แน่นอนของระดับสารหนูที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการปรุงอาหาร เช่น การเจือจางด้วยน้ำ การสลายตัวด้วยความร้อนจากการปิ้งย่าง ทอด และต้ม (จริยา อินทรรัศมี, 2537) อัตราส่วนของสารหนูที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบสารหนูแต่ละชนิด และรูปแบบที่แตกต่างกันของการรับประทานอาหาร เช่น ใช้ช้อนส้อม ใช้มือ หรือใช้ปากดูด (ใน

กรณีรับประทานเนื้อหอยขม) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นน่าจะมีค่าต่ำ เพราะระดับสารหนูในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้อยู่ค่อนข้างมาก

การที่ระดับสารหนูในหอยขมมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข (2 มก./กก. น้ำหนักเปียก) เป็นเพราะหอยขมเป็นสัตว์ที่หากินตามหน้าดินในลำคลองต่าง ๆ ที่พบว่ามีการปนเปื้อนด้วยสารหนูในระดับสูง จึงได้รับสารหนูเข้าไปมาก (บรรจง และ ตรีรัตน์ 2541) การรับประทานเนื้อหอยขมโดยการดูดด้วยปาก นอกจากจะได้รับสารหนูที่อยู่ในเนื้อหอยแล้ว ยังได้รับสารหนูในเศษดินตะกอนที่ติดค้างอยู่ภายในตัวหอยด้วย ดังนั้นหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง ควรทำการรณรงค์อย่างจริงจังให้ชาวบ้านในตำบลร่อนพิบูลย์หลีกเลี่ยงการรับประทานหอยขม เพื่อความปลอดภัยจากพิษสารหนูเรื้อรัง

## *สรุปผลการศึกษา*

1. การปนเปื้อนของสารหนูในอากาศทั่วไปของพื้นที่เสี่ยงสูง (หมู่ที่ 1, 2, 12 และ 13) ของตำบลร่อนพิบูลย์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.6 \times 10^{-5} \pm 2.0 \times 10^{-5}$ มก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสูดหายใจเข้าไป จะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ $1.99 \times 10^{-7}$ ซึ่งถือว่าเป็นความเสี่ยงที่น้อยมากและไม่มีนัยสำคัญ

2. การปนเปื้อนของสารหนูในอากาศทั่วไปของพื้นที่เสี่ยงต่ำ (หมู่ที่ 3, 6, 7, 8, 9, 14 และ 16) ของตำบลร่อนพิบูลย์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.8 \times 10^{-5} \pm 1.2 \times 10^{-5}$ มก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสูดหายใจเข้าไป จะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ $1.23 \times 10^{-7}$ ซึ่งถือว่าเป็นความเสี่ยงที่น้อยมากและไม่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

3. การปนเปื้อนของสารหนูในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ มีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในอาหาร (2 มก./กก.) ทุกตัวอย่าง ยกเว้นหอยขม ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของสารหนูเท่ากับ $3.690 \pm 0.058$ มก./กก. และ $2.003 \pm 0.038$ มก./กก. ในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ ตามลำดับ

4. ระดับความเข้มข้นของสารหนูในพืชผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ในพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ มีค่าเฉลี่ย $0.166 \pm 0.591$ มก./กก. และ $0.098 \pm 0.325$ มก./กก. ตามลำดับ

*ข้อเสนอแนะ*

1. ควรมีการรณรงค์ให้ชาวบ้านในพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ งดบริโภคหอยขม เช่นเดียวกับการงดบริโภคน้ำบ่อตื้น
2. ควรมีการรณรงค์ให้ชาวบ้านทำความสะอาดหลังคา รางน้ำ และภาชนะเก็บ-กักน้ำ ก่อนที่จะรองรับน้ำฝนไว้บริโภค
3. ควรมีการรณรงค์ให้ทำความสะอาดพืชผัก ผลไม้ ให้สะอาดก่อนนำมาปรุงอาหารหรือบริโภค
4. ควรให้ความรู้แก่ชาวบ้านเรื่องสุขศึกษา โดยเฉพาะการล้างมือให้สะอาดก่อนรับประทานอาหารทุกครั้ง
5. ควรนำดินที่ปลอดสารหนูมาเทคลุมผิวดินที่ปนเปื้อนสารหนูสูงในบริเวณที่มักจะเกิดฝุ่น เช่น ถนนหนทางที่ยังไม่ได้ลาดยาง ลานดินที่เด็ก ๆ มักเล่นเป็นประจำ ลานดินในพื้นที่โล่งทั่วไป เป็นต้น
6. ควรประชาสัมพันธ์ ห้ามชาวบ้านนำกองขี้แร่มาถมที่ดินเพื่อการก่อสร้างใด ๆ เพราะจะทำให้ยิ่งมีการปนเปื้อนและแพร่กระจายของสารหนูออกไปยังพื้นที่อื่น ๆ ที่ปกติ ไม่ปนเปื้อนสารหนู

*เอกสารอ้างอิง*


1. จริยา อินทรัศมี. 2537. การลดปริมาณสารหนูในปลาช่อนจากแหล่งที่มีการปนเปื้อนสารหนูโดยวิธีการต้มหรือการทอด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.
2. เจนวิทย์ วงษ์ศานุน, สุกัญญา บุญเฉลิมกิจ, สุเทียบ ศรีลาชัย และคณะ. 2540. การประยุกต์เทคนิคการตรวจวัด soil gas เพื่อการตรวจวัดการปนเปื้อนของสารหนูบริเวณอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการเรื่องการศึกษาและวิจัยโลหะมีพิษในลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำปัตตานี ณ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วันที่ 17 ตุลาคม 2540. หน้า 3-11.

3. จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ. 2535. ปัญหาพิษสารหนูที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมปฏิบัติการระหว่างคณะกรรมการระบาดวิทยาแห่งชาติและกระทรวงสาธารณสุข ณ โรงแรมรอยัลการ์เดนรีสอร์ท หัวหิน วันที่ 20-21 พฤศจิกายน 2535.

4. นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2531. การแก้ไขปัญหาสารหนูเป็นพิษที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช, เมษายน 2531 หน้า 29-34.

5. บรรจง วิทยวีรศักดิ์ และตรีรัตน์ ทองบริบูรณ์. 2540. การปนเปื้อนของสารหนูในบ่อน้ำตื้นและในสิ่งแวดล้อมของน้ำผิวดินในตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อน-พิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการ เรื่องการศึกษาและวิจัยโลหะมีพิษในลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำปัตตานี ณ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วันที่ 17 ตุลาคม 2540. หน้า 13-21.

6. บรรจง วิทยวีรศักดิ์. 2542. รายงานผลการศึกษาโครงการตรวจวัดปริมาณสารหนูในน้ำดื่มของครัวเรือนในตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. โครงการป้องกันและแก้ปัญหาพิษสารหนูและโลหะหนักในภาคใต้ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

7. ประกาย บริบูรณ์. 2539. การศึกษาการได้รับสารหนูจากการบริโภคอาหารประจำวัน. การประชุมวิชาการ เรื่องความก้าวหน้าของการศึกษาวิจัยและแนวทางป้องกันโรคพิษสารหนูเรื้อรัง ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ณ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี วันที่ 11 มิถุนายน 2539. หน้า 31-44.

8. วิชัย เอกพลากร และอมรา ทองหงษ์. 2539. ระบาดวิทยาโรคพิษสารหนู ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการเรื่องความก้าวหน้าของการศึกษาวิจัยและแนวทางป้องกันโรคพิษสารหนูเรื้อรัง ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ณ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี วันที่ 11 มิถุนายน 2539. หน้า 15-19.

9. อนงค์ ไพจิตรประภาภรณ์. 2540. สถานการณ์ปัญหาและการแก้ไขการแพร่กระจายของสารหนู อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมเสนอผลงานการแก้ไขปัญหาผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารหนู อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ณ โรงแรมนิกโก้ กรุงเทพมหานคร วันที่ 2 กรกฎาคม 2540 .

10. Ishinishi N, Tsuchiya K, Vahter M and Fowler BA. 1986. Arsenic In : Friberg L, Nordberg GF and Vouk V (eds.) **Handbook on The Toxicology of Metal.** 2nd edition. Elsevier Science Publishers BV. p. 43-83.

11. NIOSH. 1987. **Manual of Analytical Methods.** 3rd edition. US Department of Health, Education and Welfare, PHS, CDC, NIOSH, DHEW (NIOSH) Publication.

12. Suwanmanee A, Arrykul S and Kooptarnon K. 1990. Arsenic in soils and stream sediments, Ronpibul district, Nakhon Si Thammarat province. 16th Conference on Science and Technology of Thailand DO5:147-148.

13. US Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Guidelines for exposure assessment. **57FR22888.** May 29, 1992.

# ภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในอากาศของพื้นที่เสี่ยงสูงและพื้นที่เสี่ยงต่ำ ของตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Central Library
Prince of Songkla Unive...



## พื้นที่เสี่ยงสูง

| หมู่ที่ | จำนวนตัวอย่าง | ความเข้มข้นของสารหนู (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) | ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 0.107, 0.012, 0.025, 0.020, 0.025, 0.011 | 0.033 ± 0.037 |
| 2 | 6 | 0.089, 0.038, 0.008, 0.009, 0.005, 0.003 | 0.025 ± 0.034 |
| 12 | 6 | 0.081, 0.053, 0.181, 0.090, 0.005, 0.011 | 0.070 ± 0.065 |
| 13 | 3 | 0.071, 0.050, 0.052 | 0.058 ± 0.012 |

## พื้นที่เสี่ยงต่ำ

| หมู่ที่ | จำนวนตัวอย่าง | ความเข้มข้นของสารหนู (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) | ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| 3 | 3 | 0.027, 0.005, 0.016 | 0.016 ± 0.011 |
| 6 | 6 | 0.054, 0.015, 0.020, 0.018, nd, nd | 0.018 ± 0.020 |
| 7 | 6 | 0.094, 0.022, 0.017, 0.025, 0.030, 0.018 | 0.034 ± 0.030 |
| 8 | 3 | 0.032, 0.028, 0.029 | 0.030 ± 0.002 |
| 9 | 6 | 0.034, 0.022, 0.047, 0.033, 0.025, 0.034 | 0.033 ± 0.009 |
| 14 | 6 | 0.009, 0.028, 0.007, 0.005, 0.007, 0.011 | 0.011 ± 0.008 |
| 16 | 3 | 0.075, 0.017, 0.052 | 0.048 ± 0.029 |