



รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม ในผักสดและผักปลูกสาธารณูปมิท  
จากห้างสรรพสินค้า

**Analytical of Lead Copper and Cadmium in Fresh Vegetable and  
Organic Vegetable from Department store**

สุพรรษี กาญจนสิชล  
อัครีมา แอกหาด

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา



ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาชีววิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียมในผักสดและผักปลูกอุดารพิษจาก  
ห้างสรรพสินค้า

Analytical of Lead Copper and Cadmium in Fresh Vegetable and Organic Vegetable  
From Department store

ผู้วิจัย นางสาวสุพรรณี กาญจนสิชล รหัส 494273038  
นางสาวอัครีมา แอกลุย รหัส 494273041

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา..... *Jan 16* ..... วันที่ 28 มิ.ย. 53

(นางสาวปิยธรรม นาคินชาติ)

อาจารย์ประจำวิชา..... *Jan 16* ..... วันที่ 28 มิ.ย. 53

(นางสาวสายสิริ ไชยชนะ)

อาจารย์ประจำวิชา..... *Jan 16* ..... วันที่ 28 มิ.ย. 53

(นางสาวนิยวรรณ นาคินชาติ)

อาจารย์ประจำวิชา..... *Jan 16* ..... วันที่ 28 มิ.ย. 53

(นางสาวนักดา โปคำ)

ประธานบริหาร โปรแกรมวิชา..... *Jan 16* ..... วันที่ 28 มิ.ย. 53

(นางสาวณุกนล บุนพิทักษ์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

*.....*  
(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนาพิทยาธร)

คณะศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่ 30 มิ.ย. 53

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณการให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางและแก้ไขข้อบกพร่องจากอาจารย์ ปิยวรรณ นาคินชาติ และอาจารย์ วรลักษณ์ จันทร์ศรีบุตร อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยรวมถึงอาจารย์ ขวัญกุมล ชุนพิทักษ์ ประธานกรรมการบริหารโปรแกรมวิชาชีวภาพศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ สายสิริ ไชยชนะ และอาจารย์ นัคดา โปคำ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการทำวิจัย จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่านที่เอื้อเฟื้อ อุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเพื่อทำการย่อยตัวอย่าง และขอขอบคุณ นางอาสา ชุมรักษา ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตะกั่วโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ขอขอบคุณนายอุดม สุขบุญพันธ์ และ นายอังคาร คงศรี ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการย่อยตัวอย่าง

ขอขอบคุณสำนักงานอุดสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 1 สงขลาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) และขอขอบคุณ นายศักดิ์ ชนากีรติ ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในเรื่องของการใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

ขอกราบขอพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่อุปถัมถ์กำลังทรัพย์และเคยเป็นกำลังใจตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาโปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและนักศึกษาโปรแกรมพัฒนาชุมชนที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนกระทั่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้

สุพรรณี กาญจนศิษล  
อัครินา แฉลุย

Bil # 107/1509

363.๗๙๘.  
๔๖๗

ชื่อการวิจัย	การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แ砧เมียมในผักสดและผักปลอດสารพิษจากห้างสรรพสินค้า
ผู้วิจัย	1. นางสาวสุพรณี กัญจนสิชล 2. นางสาวอัคริมา แอหลุย
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยวารรณ นาคินชาติ

### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ทองแดง แ砧เมียมที่ตกค้างในผักสดและผักปลอດสารพิษจากห้างสรรพสินค้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดขาว ผักกะน้ำ และผักกระหล่ำปลี จากการวิเคราะห์พบว่าตรวจไม่พบตะกั่วและแ砧เมียมในผักสดและผักปลอດสารพิษ ปริมาณทองแดงในผักสดและผักปลอດสารพิษ พบมากที่สุดในผักกาดขาว (ผักสด) จากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 จากห้างโลตัสมีปริมาณ  $0.228 \text{ mg/kg}$  และพบน้อยที่สุดในผักกะน้ำ (ผักปลอດสารพิษ) จากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 จากห้างบีกซี มีปริมาณ  $0.003 \text{ mg/kg}$  เมื่อเปรียบเทียบกับเกลที่กำหนดคตตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยและมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศไทยอังกฤษ พบว่าตัวอย่างผักทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดทั้ง 2 มาตรฐาน

<b>Research Title</b>	Analytical of Lead Copper and Cadmium in Fresh Vegetable and Organic Vegetable from Department store
<b>Researchers</b>	1. Ms. Supanee Kanchanasichon 2. Ms. Akreema Airlues
<b>Bachelor of Science</b>	Environmental Science (Technology Environment)
<b>Adviser</b>	Ms. Piyawan Nakinchart

### **Abstract**

The analysis of contamination of lead, copper and cadmium residues in fresh vegetables and organic vegetables from three department stores in Hatyai District,- Big-C, Carrefour and Tesco Lotus in 3 kinds of vegetables, Chinese Cabbage, Chianese Kale and cabbage. The analysis found that, non detected lead and cadmium in fresh vegetables and organic vegetables. Copper in fresh vegetables and organic vegetables most found in Chinese Cabbage (fresh vegetable) of third sampling from Lotus department store, were 0.228 mg/kg and found the least in Chianese Kale organic vegetable of third sampling from Big-C department store were 0.003 mg/kg. When compare with Food Standard Criteria-identified by the Ministry of Public Health of Thailand and the standard heavy metal contamination of vegetables in the UK found that all vegetable samples were lower than the standards.

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	3
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ความรู้ทั่วไปเรื่องผัก	4
2.2 โภชหนัก	7
<b>บทที่ 3 วิธีการวิจัย</b>	
3.1 การเก็บและรักษาตัวอย่าง	19
3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	19
3.3 วิธีการทดลอง	20
<b>บทที่ 4 ผลและการอภิปัลยาณผลการวิจัย</b>	
4.1 ตะกั่ว	21
4.2 ทองแดง	22
4.3 แ cacium	28
4.4 การเผยแพร่ข้อมูล	30

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ ๕ สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก	34
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการวิจัย	35
ภาคผนวก ค ภาพการย้อมตัวอย่าง	36
ภาคผนวก ง ภาพเครื่องมือการวิจัย	37
ภาคผนวก ช การเผยแพร่ข้อมูล	38

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2 ระดับตะกั่วในเลือดและอันตรายที่มีต่อสุขภาวะร่างกาย	14
4.1.1 ปริมาณตะกั่วในผักคะน้า	21
4.1.2 ปริมาณตะกั่วในผักกาดขาว	22
4.1.3 ปริมาณตะกั่วในผักกะหล่ำปลี	22
4.2.1 ปริมาตรทองแดงในผักคะน้า	23
4.2.2 ปริมาณทองแดงผักกาดขาว	25
4.2.3 ปริมาณทองแดงผักกะหล่ำปลี	27
4.3.1 ปริมาณแ cacium เมื่ยมผักคะน้า	29
4.3.2 ปริมาณแ cacium เมื่ยมผักกาดขาว	29
4.3.3 ปริมาณแ cacium เมื่ยมผักกะหล่ำปลี	29
ก-1 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย	34
ก-2 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศไทยอังกฤษ	34

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.2.1 ปริมาณทองแดงในผักคะน้า (a) ผักปลดสารพิษ (b) ผักสด	23
4.2.2 ปริมาณทองแดงในผักกาดขาว (a) ผักปลดสารพิษ (b) ผักสด	25
4.2.3 ปริมาณทองแดงในผักกะหล่ำปลี (a) ผักปลดสารพิษ (b) ผักสด	27
ข-1 การเก็บตัวอย่างผักสด	35
ข-2 ตัวอย่างผัก	35
ข-3 การเตรียมผักสำหรับนำไปย้อม	35
ข-4 ตัวอย่างผักอบที่อุณหภูมิ95องศาเซลเซียส	35
ข-5 ตัวอย่างผักอบที่อุณหภูมิ750องศาเซลเซียส (ถ้าสีขาว)	35
ข-6 ตัวอย่างผักเผาที่อุณหภูมิ1000องศาเซลเซียส (ถ้าสีฟ้า)	35
ค-1 การให้ความร้อนบน water bath	36
ค-2 การให้ความร้อนบน water bath จนสารละลายใส่ไม่มีสี	36
ค-3 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการกรองตัวอย่าง	36
ค-4 ขั้นตอนการกรองตัวอย่าง	36
ง-1 ตู้อบ (hot air oven)	37
ง-2 เตาเผาไฟฟ้า (electric funace)	37
ง-3 เครื่องอังไอน้ำ (water bath)	37
ง-4 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)	37

## บทที่ 1

บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมคนไทยทำอาชีพเกษตรกรรมมาช้านานแล้วรัฐบาลไทยมีการส่งเสริมน้ำสินค้าทางการเกษตรเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทย จึงทำให้ประชาชนหันมาทำการเกษตรมากขึ้น และอาชีพทางการเกษตรที่ประชาชนสนใจและนิยม คือ การปลูกผักสดเพื่อส่งออกไปยังประเทศไทยเพื่อนบ้านอย่างเช่น ลาว กัมพูชา พม่า เวียดนาม สิงค์โปร์ มาเลเซีย เป็นต้น และปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ในประเทศไทยหันมาบริโภคผักกันมากขึ้น ทั้งในกลุ่มคนที่รักสุขภาพและในกลุ่มผู้หญิงที่กำลังคุ้มครองตัวเองในเรื่องของการลดน้ำหนัก เพื่อเป็นการสนับสนุนความต้องการเก็บผู้บริโภคที่นิยมรับประทานผักที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกษตรกรรมมีการเร่งปลูกผักกันมากขึ้น มีการใช้สารเคมีช่วยเร่งผลผลิตและใช้ยากำจัดศัตรูพืชเพื่อให้ผักดูสดน่ารับประทานเป็นที่ต้องการของท้องตลาด ทำให้ผักที่ส่งขายตามท้องตลาดมีสารพิษตกค้างจากการป่นเปื้อนของสารเคมี ซึ่งไม่ปลอดภัยและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการรับประทานผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่

เมื่อผักตามท้องตลาดไม่ปลดภัยจากสารเคมี จึงมีการปลูกผักปลดสารพิษขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคหันมาเลือกรับประทานผักปลดสารพิษที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยไม่ต้องกังวลถึงสารพิษที่จะตกค้างจากผักที่รับประทาน เพราะเป็นผักปลดสารพิษ ประชาชนเริ่มให้ความสนใจ และหันมารับประทานผักปลดสารพิษกันมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามก็มีความกังวลถึงว่า ผักปลดสารพิษปลดภัยจริงหรือ เพราะโครงการเฝ้าระวังความปลอดภัยของผักสดปลดสารเคมี ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ที่ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 โดยกองวิชาการและกองสารวัตร ร่วมกับกองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ทำการเก็บตัวอย่างผักสดปลดสารเคมีในชุมชนริมแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพฯ เพาะเป็นแหล่งที่มีการจำหน่ายผักสดปลดสารพิษแหล่งใหญ่ ชนิดของผักที่ได้สุ่มตรวจในเบื้องต้น คือ ผักกะ奴 ผักกาดขาว ผักหวานดี้ แต่ละปี พนสารเคมีตกค้างในผักสดปลดสารพิษ ปี 2537 จำนวน 15 ตัวอย่าง จากจำนวนผักที่ตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 38 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 39.5 และในปี 2538 ที่ยังมีอยู่ถึงร้อยละ 34.5 โดยพนสารเคมีตกค้างที่เกินมาตรฐานกำหนดหรือในปริมาณสูงทั้งหมด 5 ตัวอย่างจาก 67 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 7.5 แต่แนวโน้มพนสารตกค้างน้อยลงในปี 2538 ที่ผ่านมาแต่ไม่ได้ลดลงมากนัก ในปี 2538 จากการวิเคราะห์พบว่า จำนวน

ตัวอย่างผักทั่วไปที่ไม่ได้อ้างชื่อว่าเป็นผักปลอดสารพิษมีสารเคมีตกค้างในอัตราที่น่าตกใจ คือ ร้อยละ 48.1 ในขณะที่มีการพบสารตกค้างในตัวอย่างของผักที่อ้างว่าปลอดสารเคมี ในอัตราที่ยังน่าเป็นห่วงอยู่คือ ร้อยละ 34.5 และจากการเก็บตัวอย่างผักปลอดสารเคมีที่แปลงเพาะปลูกพบว่ามีสารเคมีตกค้าง แต่ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาซึ่งยืนยันว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัย (<http://www.bangsaiagro.com/webboard/show.asp?topicid=103&itotalview=9&itotalreply=0>)

ดังนั้นจากการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้เลือกเห็นความสำคัญถึงความปลอดภัยทั้งผักสดและผักปลอดสารพิษจึงได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ทองแดง แแคดเมียม ในผักสดและผักปลอดสารพิษจากห้างสรรพสินค้า 3 แห่ง คือ คาร์ฟู โลตัส บิ๊กซี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการให้ความรู้และสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อผักรับประทาน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว ทองแดง และแแคดเมียม ที่ตกค้างในผักสดและผักปลอดสารพิษ จากห้างสรรพสินค้า 3 แห่ง คือ คาร์ฟู โลตัส และบิ๊กซี ในผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดขาว และผักคะน้า ผักกะหล่ำปลี
- เพื่อให้ความรู้และสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อผักรับประทาน

### 1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : ปริมาณโลหะหนักในผักสดและผักปลอดสารพิษ

ตัวแปรตาม : ตะกั่ว ทองแดง แแคดเมียม

ตัวแปรควบคุม : ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

### 1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ผักปลอดสารพิษ หมายถึง ผักที่ปราศจากการพิษตกค้าง (pesticide residue free) โดยหลักการนี้ต้องเพาะปลูกในพื้นดินที่ปราศจากการเคมี โดยจะใช้วิธีธรรมชาติในการเพาะปลูก และต้องได้รับการดูแลจากเกษตรกรเป็นอย่างดี

แต่อีกความหมายหนึ่ง ผักปลอดภัยสารพิษนั้น รวมถึงผักที่ยังคงมีสารพิษตกค้างปนอยู่บ้าง แต่ไม่เกินค่า MRL (maximum residue limit) ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจระดับของสารพิษตกค้างที่กำหนดโดยองค์กรอนามัยโลก (<http://www.waiwai.th.com/health/health43.htm>)

ผักสด หมายถึง ผักสดเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์เรา คือ เป็นอาหารที่ให้วิตามินและเกลือแร่ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการรักษาสมดุลของร่างกาย ซึ่งจะทำให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรง เจริญเติบโต มีระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายที่ดี อย่างไรก็

ตาม พักสดก็อจจะก่อให้เกิดอันตรายได้ ถ้าหากพักสดนั้น มีการป่นเปื้อนของเชื้อโรค พยาธิ และสารเคมีที่เป็นอันตราย (<http://www.thaiparents.com/vegtwash1.html>)

### **1.5 สมมติฐาน**

ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แ砧เมียน ที่ตกค้างอยู่ในพักสดและพักปลดสารพิษมีความแตกต่างกันแต่ไม่เกินมาตรฐานโลหะหนักในผักของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2532 และไม่เกินมาตรฐานโลหะหนักในผักของประเทศไทยอังกฤษ

### **1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ทราบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แ砧เมียน ที่ตกค้างในพักสดและพักปลดสารพิษจากหัวบรรพสินค้า
2. ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในการเลือกซื้อพักสดและพักปลดสารพิษจากหัวบรรพสินค้ามารับประทาน

### **1.7 ระยะเวลาในการวิจัย**

ตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ.2553

บทที่ 2

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ความรู้ทั่วไปเรื่องผัก

### 2.1.1 កະអត្ថា<sup>១</sup>ប្រើ

## ชื่อสามัญ : กะหล่ำปลี (Cabbage)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica oleracea L. var. capitata*

จะหล่อปี ไม่ใช่ผู้ที่คุณไทยรู้จักกันมาตั้งแต่โบราณ แต่เกิดได้รับความนิยมในการบริโภคภายในประเทศไทยเป็นอย่างมาก และเป็นผู้ที่ส่งออกขายต่างประเทศโดยเฉพาะ ประเทศไทยเลี้ยงมากที่สุดในกลุ่มของผู้สดที่ส่งออก ซึ่งมีจะหล่อปีและผู้ภาคขาวปีที่ส่งออกมาก เมล็ดพันธุ์จะหล่อปีเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ซื้อจากต่างประเทศทั้งสิ้น ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ภายในประเทศไทย

กะหล่ำปลีเป็นพืชที่มนุษย์นำมาปลูกเพื่อบริโภคเป็นเวลานานกว่า 4,500 ปีมาแล้ว และได้ปรับปรุงคัดเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมต่อการบริโภคในลักษณะต่างๆ กะหล่ำปลีในปัจจุบัน จึงมีลักษณะแตกต่างไปจากกะหล่ำป่า (wild cabbage) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรปตอนใต้และ แฉลงเมดิเตอร์เรเนียน สำหรับประเทศไทยนั้น มีผู้นำเข้ามาทดลองปลูกพบว่าปลูกได้ดีเฉพาะ ภาคเหนือและอีสานซึ่งมีอากาศเย็น ต่อมามีการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนร้อน จึงสามารถปลูกได้ทั่ว ประเทศไทยและทุกฤดูกาล กะหล่ำปลีเป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่ให้คุณค่า หากรับประทานง่ายในบ้านเรา กะหล่ำปลีมี ถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรป โดยชาวกรีกเป็นชนชาติแรกที่เริ่มปลูกกะหล่ำปลี ผักชนิดนี้มีประโยชน์ ตรงที่เป็นพืชที่ให้維生素 C สูง แคลเซียมและฟอสฟอรัสสำหรับสร้างกระดูก คน ในสมัยโบราณใช้กะหล่ำปลีเป็นยา ว่ากันว่ากะหล่ำปลีช่วยสลายหนองจากแผลและมะเร็ง ดังนั้น กะหล่ำปลีจึงถูกใช้เป็นยาครอบจักรวาลในประวัติศาสตร์โรมัน

## สรรพคุณและประโยชน์

ในเชิงโภชนาการจะหล่อปัลสิตด มีวิตามินซีมากถึง 23 มิลลิกรัม/การบริโภค 100 กรัม นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยแคลเซียมและฟอสฟอรัสสำหรับสร้างกระดูก จะหล่อปัลสิตได้ชื่อว่าเป็นผักต้านมะเร็งอีกด้วย

ปัจจุบันมีคนให้ความสนใจกระหล่ำปลีกันมากเนื่องจากมีการทดลองหลายอย่างที่แสดงให้เห็นว่ากระหล่ำปลีมีฤทธิ์ด้านมะเร็งได้ เช่น มีการทดลองให้หนูกินพืชตระกูลกระหล่ำหลายชนิด แล้วเจ็บสารก่อมะเร็งเข้าในตัวหนู พบว่า หนูส่วนใหญ่ไม่เป็นมะเร็ง และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่านำคืนจากกระหล่ำปลี สามารถหยุดยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งในลำไส้ จากผลวิจัยเหล่านี้ทำให้เชื่อกันว่า การบริโภคกระหล่ำปลีมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ จะช่วยลดโอกาสการเป็นมะเร็งลำไส้ในผู้ชายลงถึง 66% การกินกระหล่ำปลีปรงสุขวันละ 2 ช้อน โต๊ะป้องกันมะเร็งในช่องท้อง และการกินกระหล่ำปลีสดก็จะดีกว่ากระหล่ำปลีสุกอีกด้วย เพราะจะไม่สูญเสียวิตามินไปกับความร้อนมากนัก

### **ชนิดและพันธุ์ของกระหล่ำปลี**

#### **แบ่งออกด้วยกัน 3 ชนิด**

1. กระหล่ำปลีธรรมชาติ (cabbage, white cabbage) มีลักษณะหัวหลาวยแบบ มีทั้งหัวกลม หัวเหลี่ยม หัวแบบราน นิสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน เป็นพันธุ์ที่ทนอากาศร้อน อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 50-60 วัน นิยมปลูกมากที่สุด
2. กระหล่ำปลีแดง (red cabbage) มีลักษณะหัวค่อนข้างกลม ในนิสีแดงทับทิม ส่วนใหญ่มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน
3. กระหล่ำปลีใบย่น (savoy cabbage) เป็นกระหล่ำปลีที่มีผิวใบขรุขระเป็นคลื่น ต้องการอากาศที่หนาวเย็นในการปลูก

(<http://www.horhook.com/section/sec4social/veget/00507.html>)

#### **2.1.2 ผักคะน้า**

**ชื่อสามัญ : คะน้า (Chinese Kale)**

**ชื่อวิทยาศาสตร์ :Brassica alboglabra Bailey**

ผักคะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคกันเป็นอย่างแพร่หลาย ผักคะน้าเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ช่องกง ไต้หวัน จีน และไทย เป็นต้น ผักคะน้าเป็นผักที่หาง่าย ราคาไม่แพง เป็นผักที่มีวิตามินหลาຍชนิด คะน้า เป็นผักที่สามารถชื่นได้ในดินแทนทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงスマ່าเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี

## ลักษณะโดยทั่วไป

พักจะน้ำสามารถปลูกได้ตลอดปี ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน ปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คงน้ำในบ้านเรามีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน คงน้ำจะโตเต็มที่ และยังได้คงน้ำอ่อนหรือที่เรียกว่ายอดคงน้ำ ซึ่งได้จากการถอนแยกขณะที่มีอายุประมาณ 30 วัน

### พันธุ์คงน้ำที่นิยมปลูกกัน แบ่งออกเป็น 3 พันธุ์คือ

1. พันธุ์ใบกลม ลักษณะใบกว้างปล้องสัน ปลายใบมน ผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย
2. พันธุ์ใบแหลม ลักษณะใบแคบกว่า ปลายใบแหลมข้อห่าง ใบผิวเรียบ
3. พันธุ์ก้าน ลักษณะเหมือนคงน้ำใบแหลม แต่ใบมีนัยอยกว่าปล้องขาว

### ประโยชน์และสารอาหารในคงน้ำ

คงน้ำมีสารอาหารมากมายที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินซี โฟเลต เบต้าแครอทีน วิตามินบี 3 เหล็ก พอฟฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม คงน้ำมีวิตามินซีสูงมาก ช่วยบำรุงผิวพรรณ และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย การกินคงน้ำสดช่วยให้ร่างกายได้รับวิตามินซีมากกว่านำไปผัด คงน้ำมีเบต้าแครอทีนสูงซึ่งเป็นสารส่วนหนึ่งของวิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตาให้การมองเห็นเป็นปกติ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อ การเกิดมะเร็งที่กระเพาะอาหาร ลำไส้ ลำคอ ปอด และกระเพาะปัสสาวะ ได้ คงน้ำมีแคลเซียมสูงและสามารถดูดซึมได้ดีกว่าแคลเซียมจากผักอื่นๆ พบนากบริเวณก้านและใบของคงน้ำ ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง ป้องกันโรคกระดูกพรุน และช่วยให้ก้านเนื้อทำงานเป็นปกติ (<http://www.geocities.com/psplant/kale.htm>)

#### 2.1.3 ผักกาดขาว

ชื่อสามัญ : ผักกาดขาว (Crucifera)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica pekinensis Lour*

ผักกาดขาว มีชื่อเรียกน้ำหลายชื่อ เช่น ผักกาดขาวปลี แปะล่าย แปะล่ายถี่ เป็นต้น เป็นพืชอายุปีเดียว มีระบบ rakดี ในมีลักษณะห่อปลีขาวหรืออาจห่อหลวงฯ หั้งน้ำขึ้นอยู่กับพันธุ์ ในมีสีขาวถึงสีเขียวอ่อน เป็นพืชวัฒนา คงมีสีเหลืองขาวประมาณ 1 เซนติเมตร ผักกาดขาวส่วนใหญ่มีการผสมข้าม โดยแบ่งลงแต่ละพื้น ผักกาดขาวมีถิ่นกำเนิดในตอนเหนือของประเทศจีน แผ่นดินใหญ่ จากนั้นก็แพร่ออกไปสู่ประเทศไทยในแถบเชียง โดยมีเส้นทางสำคัญ 2 สาย คือ ทาง

ตะวันออก ซึ่งมีเส้นทางแพร่ไปสู่ประเทศไทย แล้วแพร่เข้าสู่ประเทศญี่ปุ่น ส่วนอิกทางหนึ่งเป็นเส้นทางแพร่กระจายผ่านภาคกลางแล้วลงสู่ภาคใต้ของประเทศไทย จากนั้นก็เข้าสู่ประเทศไทร์หัวน และเผยแพร่ไปสู่ประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตลอดจนแหลมอินโดจีน ได้แก่ ประเทศไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ เมื่อตอนก่อนสมัยโบราณโลกครั้งที่ 2 เล็กน้อย ปัจจุบันผักกาดขาวได้ถูกพัฒนาพันธุ์ขึ้นให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละประเทศ แต่ละท้องถิ่น โดยรักษาให้มีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสูง

ผักกาดขาว นับเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย ส่วนที่ใช้บริโภคคือ ส่วนของใบ ซึ่งมีลักษณะเป็นผืนเดียว กันตลอด มีก้านใบกว้างและแบน ผักกาดขาวนอกจากจะใช้บริโภคสด และประกอบอาหารได้หลายอย่าง แล้วยังเป็นผักที่นำมาใช้แปรรูปเป็นผักตากแห้งและกิมจิ ตลอดจนเป็นผักที่ใช้ในอุตสาหกรรมรูปปั้นๆ อีก

ผักกาดขาวปลี เป็นผักกาดที่มีอายุปีเดียว (Annual) ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ปลูกได้ผลดีที่สุด ในช่วงเดือน ตุลาคม-กุมภาพันธ์ ซึ่งได้ในคืนเกือบทุกชนิด แต่ชอบคืนร้อนที่มีความอุ่นสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดค่อนข้างของคืนอยู่ในช่วง 6-8 นาฬิกา นี้ ความชื้นในคืนต้องสูงตลอดฤดูปลูก และควรได้รับแสงตลอดวัน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 15-22 องศาเซลเซียส

### การใช้ประโยชน์และคุณค่าอาหาร

ผักกาดขาวปลี ประกอบไปด้วยคุณค่าทางอาหาร หลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส วิตามินเอ และวิตามินซี ค่อนข้างสูง มีกรดโฟลิก (folic acid) ที่มีบทบาทควบคุมความเป็นปกติของหารกในครรภ์มาระยะ 3 เดือนแรก และช่วยกระบวนการ สังเคราะห์สารพันธุกรรม DNA ทำให้มีเดลีออดเดงแข็งแรง ถ้ามีกรดโฟลิกไม่เพียงพอ อาจทำให้ทรงพิการ ได้ โดยกระดูกสันหลังปิดไม่นสนิท นอกจากนี้ ผักกาดขาวปลียังช่วยย่อยอาหาร ขับปัสสาวะ แก้ไอ ขับเสมหะ และแก้พิษสุรา สามารถนำมาประกอบอาหาร ได้หลายชนิด เช่น ใส่ซุป ผัด ทำแกงจืด จิ้นน้ำพริก และยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผักตากแห้ง ทำกิมจิ (ผักดองเกาหลี) ผักกาดคง หรือนำมาตากแห้งจานอาหาร (<http://www.doae.go.th/library/html/detail/whitecab/white2.htm>)

## 2.2 โลหะหนัก

โลหะหนักหมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตั้งแต่ 5 ขึ้นไป และมีเลขอะตอมระหว่าง 23-92 อยู่ในคานที่ 4-7 ซึ่งมีอยู่ 68 ธาตุจากจำนวนธาตุทั้งหมด 105 ธาตุคุณสมบัติของโลหะหนัก

คือ นำไฟฟ้าและความร้อนดี มีความนิวนิว สามารถนำมาติดแผ่นเป็นแผ่นบางๆ ได้ และ สะท้อนแสง ได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของโลหะนักคือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้น โลหะนักจึงสามารถที่จะรวมกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ได้หลายรูปโดยเฉพาะ อย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ แต่เดิม โลหะนักที่พบในสิ่งแวดล้อมมีไม่นัก แต่ด้วย ในปัจจุบัน มีการนำโลหะนักมาใช้ผลิตวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการอุปโภคกันอย่างกว้างขวาง ทำให้ โลหะนักมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และ ค่าวัสดุสมบัติของ โลหะนักที่สามารถ รวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ ได้สารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิม จึงทำให้มีการสะสมใน สิ่งมีชีวิต และ ถ่ายทอดตามห่วงโซ่ออาหารมีผลทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ ถ้าได้รับในปริมาณที่มาก ก็เกิดการปัจจัยสำคัญต่อระดับความเป็นพิษของ โลหะนักต่อสิ่งมีชีวิตคือ คุณสมบัติความเป็นพิษ ของ โลหะนักนั้นๆ ขนาดหรือปริมาณที่ได้รับ อายุความแตกต่างของความต้านทานในแต่ละบุคคล (สุรภี โภจน์อารยานนท์, 2530)

### 2.2.1 แหล่งกำเนิดของโลหะนัก

แหล่งกำเนิดของโลหะนักโดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งตามธรรมชาติ เนื่องจากในธรรมชาติมีโลหะนักต่างๆ ปะปนอยู่กับหิน แร่ธาตุต่างๆ เช่น ในหินอ่อนและหินแปร มีตะกั่ว 10-20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโลหะนัก ที่จะมีในบรรยากาศจะขึ้นอยู่กับ

ก. ความมากน้อยของการเผาไหม้โดยตรง

ข. ของประมงทางเคมีของฝุ่นละอองน้ำ

ค. ความมากน้อยของการตก降มาสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำของฝุ่นละอองน้ำ

#### 2. แหล่งที่มนุษย์สร้างขึ้น

1) แหล่งอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้น โอกาสที่ โลหะนักซึ่งปนเปื้อนกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทจะถูกถ่ายเท ลงในแหล่งน้ำ จึงเป็นไปได้สูง ซึ่งบางส่วนอาจสะสมอยู่ในตะกอนดินและบางส่วนอาจถูกพัด เคลื่อนย้ายลงสู่ทะเล โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ ได้แก่ โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานทำสีย้อมผ้า โรงงานผลิต แบบต่อรีรอลน์ โรงงานกลุ่มเร่อ ฯลฯ

2) แหล่งเกษตรกรรม ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม อาชีพและรายได้หลัก ของประเทศจึงเกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ไม่ว่าจะเป็นการทำไร่หรือทำสวน ดังนั้น จึง จำเป็นต้องคำนึงถึงผลผลิตต่อเนื่องที่ ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศที่อยู่ในแต่ละร่องชื้น แมลงและ เชื้อโรคต่างๆ ที่เป็นศัตรุพืชจึงเจริญ ได้ดีจึงจำเป็นที่เกษตรกรจะต้องมีการนำยาฆ่าแมลงศัตรุพืชมาใช้

ทำให้มียาจำจัดศัตรูพืชสะสมอยู่ในพื้นที่เกย์ตระրรมเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยาจำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมี โลหะหนักเป็นส่วนประกอบอยู่ เช่น ยาจำจัดเชื้อรา มีทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ เป็นต้น ซึ่ง ยาจำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่ถูกตัวได้ยาก และจะตกค้างอยู่ในดินจากนั้นจะถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อเกิดการกัดเซาะหน้าดินโดยน้ำฝน

3) แหล่งชุมชน ชุมชนเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำได้มากโดยส่วนใหญ่เป็น โลหะหนักที่ปนอยู่กับสิ่งปฏิกูล เช่น ขยะมูลฝอยต่างๆ ซึ่งมีชิ้นส่วนวัสดุที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบอยู่ เช่น กระดาษ สีทาบ้าน ถ่านไฟฉาย กาแฟม้อเบตเตอร์ รถยนต์ และเศษภาชนะที่เคลือบด้วยโลหะ เป็นต้น (สภាពรرض จันทร์รัตน์, 2545)

### 2.2.2 การสะสมของโลหะหนัก

สารพิษโลหะหนักชนิดต่างๆ เมื่อยื่นในแหล่งน้ำสามารถสะสมตัวอยู่กับตัวกลาง เช่น ดินตะกอน พืชน้ำ สัตว์น้ำ หรือแวดล้อมอยู่ในน้ำอย่างอิสระ ได้ในปริมาณต่างๆ กัน ซึ่ง ปริมาณโลหะหนักที่ปะปนหรือสะสมอยู่ในตัวกลางเหล่านี้ สามารถที่จะเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายไปตามห่วงโซ่ออาหาร ได้ ลักษณะการสะสมและการเคลื่อนย้ายในตัวกลางแต่ละชนิด ในแหล่งน้ำ สามารถแยกกล่าวรายละเอียดได้ ดังนี้

1) การสะสมของโลหะหนักในน้ำ โลหะหนักที่สะสมในแหล่งน้ำมีทั้งในรูปที่ ละลายน้ำ (dissolved) และอยู่ในรูปสารแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของ โลหะหนักในน้ำมีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของ สารแขวนลอยและพวกที่ละลายน้ำแตกต่างกัน โดยพวกที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยจะมี residence time ยาวนานกว่าพวกที่ละลายน้ำ และจากการที่น้ำมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา มีผล ทำให้ตะกอนได้น้ำลอยตัวขึ้น (resuspension) จึงมีทั้งกระบวนการดูดซับ (adsorption) และการราย (desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำและตะกอน

2) การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน การสะสมโลหะหนักในดินตะกอนนั้น ส่วนหนึ่งเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ การชะล้างพวก เกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือเป็นโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของแร่ที่มีอยู่ใน ธรรมชาติบริเวณนั้น ตามสภาพทางธรณีวิทยาแล้วลายออกมายังปะปนอยู่ในน้ำได้ และอีกส่วน หนึ่งเป็นผลมาจากการใช้และการปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำอันเป็นผลมาจากการทำการกิจกรรม ต่างๆ ของมนุษย์ โดยทั่วไปโลหะหนักสามารถเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอน โดยมีปริมาณความ เข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำมาก เนื่องจากมีขบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งทางเคมี พิสิกส์ และ

ชีวภาพ องค์ประกอบในคินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนักได้แก่ พิภพาร์บอเนตและออกไซซ์ของแมงกานีสและเหล็ก ตลอดจนองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ

3) การสะสมของโลหะหนักในพืชนำ การสะสมของโลหะหนักในพืชนำจะสะสมด้วยการคุกซับจากน้ำโดยตรง ซึ่งพืชนำจะไม่สามารถควบคุมปริมาณโลหะหนักในตัวเองได้ ปริมาณการสะสมจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายน้ำหรือแหวนคลอยอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ รวมถึงอายุของพืชนำเหล่านี้ด้วย ทั้งนี้พืชนำต่างชนิดกันก็จะมีการสะสมปริมาณโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน

4) การสะสมของโลหะหนักในสัตว์นำ สัตว์นำส่วนใหญ่ได้รับสารพิษโลหะหนักเข้าไปด้วยการกินอาหารในลักษณะต่างๆ ตามชนิดของสัตว์นำนั้นๆ การสะสมโลหะหนักโดยการคุกซึมจากน้ำเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้เนื่องจาก ส่วนใหญ่การสะสมโลหะหนักในสัตว์นำจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค (จิระ ชาตรานันท์, 2526)

### 2.3.3 พิษของโลหะหนัก

ลักษณะการเป็นพิษของโลหะหนักจะสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและในกระบวนการทางชีวภาพเมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปโดยตรงหรือโดยทางอ้อม เช่น บริโภคผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์ที่มีโลหะหนักสะสมอยู่ ก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ อย่างไรก็ได้ในระหว่างห่วงโซ่อาหารนั้นพิษของโลหะหนักจะสะสมเพิ่มขึ้นกล่าวคือ ถ้าคำนึงถึงโลหะหนักเข้าสู่ดิน สู่พืช สู่สัตว์ และคนที่รับบริโภคเป็นคนสุดท้ายก็จะได้รับมากขึ้นกว่าพืชหรือสัตว์ เพราะมีการสะสมเพิ่มขึ้นๆ นั่นเอง โลหะหนักจะเป็นสารพิษกีต่อเมื่อมีระดับความเข้มข้นสูงกว่าที่กำหนดและเกิดจากการที่ร่างกายได้รับทางระบบต่างๆ ของร่างกายไปรับทราบการทำงานของระบบเอ็นไซม์ของเซลล์ และขับยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป โลหะหนักบางชนิดมีผลต่อสมบัติทางด้านโครงสร้าง หรือเคมีไฟฟ้าของเซลล์ ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวนัง

สิ่งมีชีวิตตอบสนองต่อพิษของโลหะหนักได้หลากหลายแบบ โดยเฉพาะมีผลที่สำคัญต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์ โดยแบ่งออกเป็นแบบต่างๆ ได้ 5 แบบ คือ

- (1) ทำให้เซลล์ตาย
- (2) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
- (3) เป็นตัวการซักนำให้เกิดมะเร็ง
- (4) เป็นตัวทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด
- (5) ทำความเสียหายต่อโครโนโซม (Chromosome)

ในชีวิตประจำวัน คนเรามีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการบริโภคอาหาร หรือดื่มน้ำที่มีสารเหล่านี้ปนเปื้อนอยู่ โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโรงงานที่ขาดจิตสำนึก ซึ่งมักจะลักลอบเทขายเสียงดินหรือลงแม่น้ำ กำจัดกาของเสียอย่างผิดวิธี ทั้งนี้เนื่องจากต้องการลดรายจ่าย โลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป ตัวอย่างเช่น แบกที่เรียกว่าต้องการ โคบัลต์ (Cobalt-Co) ทองแดง (Copper-Cu) แมงกานีส (Manganese-Mn) โมลิบเดียม (Molybdenum-Mo) แวนเดียม (Vanadium-V) และสังกะสี (Zinc-Zn) ในปริมาณที่พอเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ปริมาณโลหะที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านี้ ส่งผลให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท (Mercury-Hg) และแคดเมียม (Cadmium-Cd) จัดเป็นสารพิษต่อร่างกาย และถูกจัดให้เป็นบัญชีดำ (black list) เนื่องจากมีพิษร้ายแรงมากต่อมนุษย์ จึงขอถ่อมากถึงรายละเอียด โลหะหนักบางชนิดที่เป็นที่รู้จักกันดีที่เกี่ยวข้องกับการทำเกษตร

### ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุโลหะชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติทั่วไปคือ มีลักษณะอ่อน สามารถโถงง่าย น้ำหนักเบา เป็นตัวนำไฟฟ้าและนำความร้อนที่เหวอและกลาบเป็นໄโอได้ที่อุณหภูมิสูง ในธรรมชาติจะไม่พบตะกั่วในรูปโลหะอิสระ แต่จะพบในรูปสารประกอบ โดยอาจอยู่ในลักษณะของสินแร่ชัลไฟฟ์หรือแร่กลีนาหรือรวมอยู่กับโลหะอื่นๆ เช่น ทองแดง สังกะสี เงิน และแคดเมียม ตะกั่วในธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดจากหินประเกทต่างๆ ทั้งหินชั้น หินแปร และหินอัคนี ฯลฯ ทั้งนี้จะพบมากในหินดินดาน สีดำ มีค่าประมาณ 30 ในโครงสร้างต่อกัน และนอกจากรูปแบบทั่วไปในดิน หิน อากาศ พืชและน้ำ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่าคือ ในดินและหินมีค่าเฉลี่ย 5-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอากาศ 0.0001-0.001 ในโครงสร้างต่อกันในประเทศไทย 0.1-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง และในน้ำที่ไม่ถูกการปนเปื้อนในประเทศไทย 0.2-2.5 ในโครงสร้างต่อกัน และจากการสำรวจปริมาณตะกั่วในดินต่อกันจากอ่าวจาร์กตา ประเทศไทยในโคนีเซีย พบว่ามีความเข้มข้นระหว่าง 9.0 - 438 ในโครงสร้างต่อกัน ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ทั้งอุตสาหกรรมสีกระเจลเลนส์ ตัวพิมพ์โลหะ บัคกรี แบตเตอรี่ راجรถไฟ ยาฆ่าแมลง ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ในการสังเคราะห์ tetraethyl lead

การนำตัวก้าวมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายนั้น ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตาก้าวในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยปนเปื้อนมาจากน้ำฝนหรือของชำร่วยกับน้ำทึ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน ชุมชน การเกษตรกรรม

ทางการเกษตรกรรมตาก้าวจะมีปนเปื้อนอยู่ในปุ๋ย สารเคมีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตและปรับศัตรูพืชที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยฟอสเฟตและ酇ดอะซีเนต ซึ่งจะมีปริมาณตาก้าวปะปนอยู่ในปริมาณที่สูงเมื่อถูกนำมาใช้จะทำให้ตาก้าวติดค้างอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก ตาก้าวเมื่อเข้าสู่ร่างกายทั้งทางอาหาร ผิวนัง และการหายใจ จะทำให้เกิดโรคได้ โดยสามารถสะสมในกระเพาะโลหิต กระดูก เอ็น ฟัน ผม กล้ามเนื้อ น้ำเหลือง ทั้งนี้ตาก้าวสามารถถ่ายทอดผ่านจากการคำไปสู่ทารกในครรภ์ได้ และถ้าร่างกายได้รับตาก้าวในปริมาณที่สูง อย่างเฉียบพลัน ก cioè 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดอาการปอดห้องอย่างรุนแรง ห้องร่วง กล้ามเนื้อ ตับ ไต และสมองล้มเหลวถึงตายในที่สุด ปริมาณตาก้าวในเลือดของมนุษย์โดยเฉลี่ย ประมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดโรคพิษของตาก้าว แต่สำหรับเด็กปริมาณจะน้อยกว่านี้ ทั้งนี้เนื่องจากความด้านทานตาก้าวและกล่าวว่าการสะสมของตาก้าวในมนุษย์จะเพิ่มขึ้นตามอายุ ระยะเวลาที่ได้รับและเพศชายมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณตาก้าวในเลือดสูงกว่าเพศหญิง สำหรับพิษเรื้อรังของตาก้าวจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เนื่องจากตาก้าวไปขัดขวางการสร้างชีโวโนกลบิน ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีหมู่ -SH (Sulhydrin) อยู่ด้วย เช่น โคเอนไซม์ A (CoA.SH) ทั้งก่อให้เกิดเนื้องอกและมะเร็ง การกำจัดตาก้าวของร่างกายมีได้หลายทาง กล่าวคือ ขับออกทางปัสสาวะ 76 เปอร์เซ็นต์ ทางอุจจาระ 16 เปอร์เซ็นต์ และทางผิวนัง เส้นผมหรือเส้นขนอีก 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในวันหนึ่งๆ ร่างกายจะขับตาก้าวออกได้รวมกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัมเท่านั้น

### การได้รับสารตาก้าวเข้าสู่ร่างกาย

ตาก้าวเป็นวัตถุมีพิษที่มีการใช้กันอย่างมากในวงการอุตสาหกรรมประมาณการว่าปีหนึ่งๆ ทั่วโลกจะใช้ตาก้าว 3 ล้านตันโดย 2 ใน 3 ส่วนจะใช้ในรูปของโลหะ ที่เหลือจะใช้ในรูปของสารประกอบ ซึ่งมีการปลดปล่อยตาก้าวในรูปของสารน้ำมันก่อสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตาก้าวทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ตาก้าวสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร ทางการหายใจ และทางผิวนัง เมื่อสารตาก้าวเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะจับยึดอยู่กับเม็ดเลือดแดง หมุนเวียนไปกับกระเพาะเลือดกระจายไปทั่วร่างกายสู่เนื้อเยื่อส่วนต่างๆ โดยสะสมมากที่สุดที่ไต โดยตาก้าวรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์ภายในไตทำให้หลอดไตทำงานผิดปกติ นักจากนี้ตาก้าวยังมีผลต่อตับ หัวใจและเส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโนไซน์ และเป็นสารซักนำให้เกิดโรคมะเร็ง และความพิการแต่กำเนิดอีกด้วย

### ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. ทางการหายใจ ถ้าหายใจเอาฝุ่นละออง ไอระเหยหรือควันตะกั่ว ซึ่งเป็นทางเข้าสู่ร่างกายอันดับแรกในผู้ป่วย ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว เช่น คนงานที่ทำงานในโรงงานผลิตตะกั่ว โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานผลิตสี เป็นต้น
2. ทางปาก โดยพฤติกรรมนิสัยการกินไม่ถูกต้องและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารน้ำดื่มหรือเจือปนในภาชนะ
3. ทางผิวนัง โดยสารตะกั่วที่ปนเปื้อนหรือผสมอยู่ในสีทาบ้าน สีทาของเด่นเด็ก ตะกั่วที่เข้าทางผิวนังได้ง่าย คือ ตะกั่วอินทรีย์ เพราะสามารถละลายไขมันได้ เมื่อซึมผ่านผิวนังแล้วก็จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของโลหิตในร่างกาย

(<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK22/chapter6/t22-6-11.htm#sect2>)

### ปริมาณตะกั่วที่มีผลต่อร่างกาย

การตรวจวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยจากตะกั่ว จะใช้ข้อมูลระดับตะกั่วในเลือดเป็นตัวชี้ระดับพิษเรื้อรังได้ นับตั้งแต่ปี 2535 ศูนย์ควบคุมโรคแห่งสหราชอาณาจักร ได้กำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วที่ไม่ปรากฏอาการชัดเจนในเด็กเล็กไว้ว่า ตะกั่วในเลือด ไม่ควรเกิน 10 ไมโครกรัม ส่วนกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2532) ได้กำหนดมาตรฐานระดับตะกั่วในเลือดของคนไทย ในคนงานและประชาชนทั่วไปเท่ากัน คือ ผู้ใหญ่ไม่เกิน 40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในสตรีมีครรภ์และเด็กไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดจะต้องพบแพทย์และเฝ้าระวัง ระดับตะกั่วในเลือดที่ต่ำกว่านี้แม้ไม่ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ แต่มีอันตรายต่อสุขภาพร่างกายได้หลายระบบ

ตารางที่ 2 ระดับตะกั่วในเลือดและอันตรายที่มีต่อสุขภาพร่างกาย

ระดับตะกั่วในเลือด( $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ )	อันตรายที่มีต่อสุขภาพ
10-20	เริ่มขึ้นของการสร้างขึ้นครั้งแรก
15-20	ในหญิงมีครรภ์ทำให้เกิด neurological damage ต่อทารกได้
25	ขึ้นชี้ metabolic activation ของวิตามินดีที่ cell lining proximal tubule ของไต เป็นจุดเริ่มต้นให้ต่อพิการมี progressive destruction ของ tubular cell
25-30	ขึ้นชี้การสร้างขึ้นที่สองต่อไปจะมีอาการซีด
30-40	ทำให้ motor nerve conduction velocity ช้าลง เป็นผลต่อระบบประสาทส่วนปลาย

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2532

### ทองแดง

สภาพธรรมชาติแร่ปูรุณภูมิของทองแดงเกิดอยู่ในรูปชัลไฟค์เป็นจำนวนมาก แต่เหล่านี้สลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพกรดทำให้ทองแดงถูกปลดปล่อยออกมารูปไอออน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุโลหะหนักทั่วไป ทองแดงซึ่งจัดได้ว่าเป็นพากเคลื่อนที่ได้แต่เมื่อหินหรือแร่น้ำกลาญสภาพมาเป็นคิณ ทองแดงซึ่งเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยา กับแร่และอินทรีย์สารในคิณได้ง่ายจึงสามารถตกลงกันได้กับแอนไออกอนหลาบนิคเช่น ชัลไฟค์ คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ ทองแดงซึ่งจัดเป็นพากที่ค่อนข้างไม่เคลื่อนที่ในคิณ ดังนั้นเมื่อคิณได้รับทองแดงจาก การปนเปื้อนจึงมีการสะสมทองแดงในคิณชั้นบน

ทองแดงในรูปไออกอนถูกยึดไว้ได้ทั้งโดยสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ในคิณ กระบวนการตรึงทองแดงในคิณจึงประกอบด้วยปฏิกิริษานิคต่างๆ ดังนี้

- 1) การคุคชับ (adsorption)
- 2) การคุคครึ่ง (occlusion) และตกลงกันร่วม (coprecipitation)
- 3) การเกิดคีเลต (chelation) กับสารอินทรีย์
- 4) การตรึงโดยจุลินทรีย์ (microbial fixation)

แร่ในคิณส่วนใหญ่สามารถคุคชับไออกอนของทองแดงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ส่วนประกอบของตัวคุคชับนั้น ซึ่งประจุบันผิวน้ำของตัวคุคชับขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของพืช ในคิณเป็นอย่างมาก ดังนั้นการคุคชับทองแดงซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพกรด-ค่างของคิณ

### **ปริมาณทองแดงในคิณและพืช**

ทองแดงมีค่าเฉลี่ยในคิณตั้งแต่ 9 ถึง 29 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของคิณ ส่วนใหญ่ในค่าระหว่าง 13 ถึง 24 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณที่พบในคิณปนเปื้อนด้วย ทองแดงและถือว่าคิณมีการปนเปื้อนนั้นใช้ค่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอาจพบทองแดงได้มากถึง 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณทองแดงในพืชพบได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ในคิณที่มีการปนเปื้อนจากพบทองแดงในพืชในปริมาณที่สูง ปริมาณทองแดงในพืชทั้งต้นที่ถือว่า มีการปนเปื้อนคือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ทองแดงมีการสะสมที่รากอยู่มากที่สุด และมี ในเมล็ดในปริมาณที่ต่ำ

## การป่นเปื้อน

แหล่งการป่นเปื้อนของทองแดงในคืนที่สำคัญมี 4 แหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันคือฝุ่นผงจากโรงงานน้ำโซโกรกและน้ำทึ้งจากการบำบัดน้ำเสียในเมือง น้ำจากเหมืองแร่และจากสารม่าราที่เข้าทองแดง

ในพื้นที่ที่ใช้สารม่าราหลายแห่งจะพบปริมาณทองแดงในคืนบนในปริมาณที่สูงมาก เช่น ในคืนเนื้อหบานบริเวณสวนส้มในรัฐฟลอริดา สารม่าราทำให้เกิดอาการเป็นพิษของทองแดง ในพืช ในบริเวณสวนอุ่นในประเทศฟรังเศสและอิตาลี ประเทศฟรังเศสมีปริมาณทองแดงในคืนบนสูงถึง 845 มิลลิกรัม/ลิตร (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539)

## ผลของทองแดงต่อสภาพแวดล้อม

โดยปกติพืชจะคุกคินทองแดงได้ในปริมาณไม่มากแต่ในบริเวณที่มีการป่นเปื้อนของแดงได้สูง เช่นบริเวณท้ายเหมือง หรือในฟาร์มที่ใชู้ลสุกรเหลวที่มีการผสมทองแดง และสังกะสีในอาหารสุกรก็จะมีธาตุทองแดงในพืชที่ปลูกได้มาก

พืชตระกูลถั่วได้รับผลกระทบจากพิษของทองแดงได้ง่ายกว่าพืชพืช ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ด้วย EDTA ตั้งแต่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไปจะเริ่มเป็นพิษต่อถั่วเหลือง และจะเป็นพิษต่อถั่วโคลเวอร์ (clover) เมื่อมีปริมาณในคืนถึง 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่พืชพืช เช่นข้าวโอ๊ตจะยังไม่แสดงอาการเป็นพิษจนถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงในถั่วจะสูงกว่าในหญ้า เช่น กัน การปลูกถั่วผสมหญ้าจึงเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ที่ต้องการทองแดงมาก

อย่างไรก็ตามสถานที่พบทองแดงในคืนเป็นอันตรายต่อมนุษย์นั้นแทบจะไม่มีเลย เพราะทองแดงเป็นพิษต่อพืชได้ง่าย พืชโดยส่วนใหญ่จะมีอาการเป็นพิษเมื่อมีทองแดงในสารละลายคินแม่ในปริมาณไม่มาก พืชที่มีอาการเป็นพิษจากทองแดงจะพบว่ามีปริมาณทองแดง 25-40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำหนักแห้ง ในสูญญาน้ำสูงสุดของทองแดงที่ยอมให้มีไว้ในคืนน้ำ คือไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีการสกัดด้วย 0.1 N HCL สำหรับในน้ำดื่มน้ำท้องแดงได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอาหารสัตว์และหญ้าเดียงสัตว์มีไฝไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นพิษของทองแดงในอาหารสัตว์อาจทำให้ลดลงได้โดยให้อาหารที่มีธาตุสังกะสี เหล็ก หรือโมลิบดินมอยู่สูง นอกจากรักษาการป่นเปื้อนของทองแดงในน้ำแล้วจะเป็นอันตรายต่อปลาได้ง่ายเพราะปลาเป็นสัตว์ที่ไวต่อพิษของทองแดงมาก

ทองแดงเข้าสู่ร่างกายจะถูกคุกคักเท่าที่จำเป็นซึ่งผู้ใหญ่ต้องการทองแดงวันละ 2 มิลลิกรัมต่อวัน และร่างกายของคนเรามีทองแดงอยู่ 100 - 150 มิลลิกรัม ทองแดงส่วนที่เกินพอกจะถูกขับออกมาก หลังจากคุกคักซึ่งแล้วทองแดงจะเข้าสู่กระแสงโลหิตรวมตัวกับอัลบูมิน

และที่ตับก็จะเกิดขบวนการเปลี่ยนแปลงทองแดง ถ้าร่างกายมีปริมาณทองแดงมากเกินไปจะทำให้เกิดโรคได้ เช่น โรควิลสัน เป็นโรคทางประสาทชนิดหนึ่ง

### แคดเมียม

เป็นโลหะอ่อน มีสีเงิน มีจุดหลอมตัว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส และมีความหนาแน่น 8.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เนื่องจากแคดเมียมมีโครงสร้างอะตอมและคุณสมบัติทางเคมีคล้ายสังกะสี จึงมักพบแคดเมียมในแหล่งแร่สังกะสีและแร่โลหะอื่นๆ แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ ซึ่งมักจะพบแคดเมียมอยู่ในรูปชัลไฟฟ์ (Cds) โดยปกติพบบนผิวโลกประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำจืดมีอยู่ปริมาณ 0.001-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทะเลมีประมาณ 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจานนี้แคดเมียมยังถูกคุณชับคัวของน้ำภาคดินเหนียวทำให้ตกลงกอนได้ ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมในดินจะเปลี่ยนไปตามลักษณะและกำเนิดของดินคัวย เช่นกัน โดยดินที่เกิดจากหินซึ่งมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าดินที่เกิดจากหินอัคนีหรือหินแปร

การนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มปริมาณสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากข้อมูลการใช้ทั่วโลกในปี 1985 มีปริมาณ 11,000 ตัน เพิ่มเป็น 19,000 ตัน ในปี 1990 โดยมีการนำมาใช้ในหลายๆ ด้าน คือ ใช้ร่วมกับนิกเกิลเพื่อทำแบตเตอรี่ ใช้ทำโลหะผสม ใช้ผสมสีบางอย่าง ใช้ในอุตสาหกรรมยางและพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวหรือชุบโลหะ และใช้ผสมในสารฟ้อเข็รวาและปูย โดยเฉพาะปูยฟ้อสเฟฟะจะมีแคดเมียมเจือปนมากกว่าปูยชนิดอื่น

เนื่องจากแคดเมียมในธรรมชาติเองมีน้อย ดังนั้นแคดเมียมที่เจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจึงมักเป็นผลมาจากการกิจกรรมมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับในอาหารทั่วไปความเข้มข้นที่พบน้อยที่สุดอยู่ในน้ำนม เนื้อ ปลา และผลไม้จะพบอยู่ในช่วง 1-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในข้าว มันฝรั่ง ข้าวสาลี ความเข้มข้นจะอยู่ในช่วง 10-150 มิลลิกรัมต่อลิตร อาหารที่มีแคดเมียมสูงสุด คือ หอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง ซึ่งอยู่ในช่วง 100-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจานนี้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในพืชที่ใช้บริโภค พบร่วมมีความเข้มข้นระหว่าง 0.038 - 0.088 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณแคดเมียมอยู่ในดินและพืชจะสัมพันธ์กับการระบายน้ำ คือ ดินที่อยู่ติดกันจะมีแคดเมียมอยู่สูงกว่าดินที่อยู่ห่างจากกัน สภาพการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน บันทึกของจังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณแคดเมียมในดินต่ำของพื้นที่ที่ทำเกษตรกรรมมีปริมาณที่สูงสุดคือ 2.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ พื้นที่มีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่ป่าดินเขา ซึ่งมีปริมาณ 1.83, 0.56 และ 0.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

แคดเมียมเป็นโลหะที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและบังกอกให้เกิดพิษต่อร่างกาย แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหารและการหายใจ การดูดซึม การสะสม และการกำจัด แคดเมียมออกจากร่างกายจะขึ้นอยู่กับทางที่ได้รับแคดเมียมเข้าไป คุณสมบัติทางเคมีหรือยาภาพ ของแคดเมียม ทั้งนี้พึ่งว่าการดูดซึมที่บริเวณทางเดินอาหารจะต่ำกว่าประมาณร้อยละ 2-8 ซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบของอาหารอันได้แก่ โปรตีน วิตามิน แคลเซียม ส่วนการได้รับแคดเมียมทางลมหายใจ จะขึ้นอยู่กับขนาด และการละลายของแคดเมียม โดยร่างกายจะดูดซึมร้อยละ 10.5 ของปริมาณที่หายใจเข้าไป สำหรับคนที่สูบบุหรี่นั้นจะได้รับแคดเมียมประมาณ 30-35 ไมโครกรัมต่อวัน ความเป็นพิษของแคดเมียมนั้น จากรายงานกล่าวว่า ถ้าร่างกายได้รับแคดเมียมจากอาหารในปริมาณสูง หรือได้รับ 10-15 มิลลิกรัม จากเครื่องดื่มจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปอดหัว เป็นตะคริว ปวดท้อง ท้องร่วงอย่างรุนแรงและอาจข้อคตายได้ ส่วนการหายใจเอาอากาศที่มีแคดเมียมออกไซด์เข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือมีความเข้มข้นสูงกว่าในระยะเวลาสั้นจะเกิดอาการคอแห้ง แน่นหน้าอก หายใจไม่ออ กปอดหัว เป็นตะคริว ในที่สุดจะเป็นโรคปอดบวม ปอดอักเสบ และตายได้ใน 4-7 วัน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดไตอักเสบและการทำงานของตับเสื่อมลง ในกรณีที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเป็นเวลานานจะทำให้ร่างกายผู้ป่วยร้อนเสียรูปแบบทำให้เจ็บป่วยมากที่เรียกว่าอิไต-อิไต แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายแล้วประมาณร้อยละ 10 เท่านั้นที่ถูกขับออกจากร่างกาย ส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ โดยสะสมอยู่ที่ตับและไทดมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 50-70

#### 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระวีวรรณ เสี้ยนนุย และ อะภิรัชตี ถิรประดิษฐ์ (2548) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม ในผักบริเวณด้านล่างเที่ยง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา พบร่วมกับแม่น้ำเบรินเทียนค่าเฉลี่ยตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมในผัก 3 ชนิด ได้แก่ ผักกะ奴 ผักกวางตุ้ง และมะเขือยาว ปรากฏว่าผักกะ奴 และกวางตุ้งมีปริมาณการตกค้างของตะกั่วเกินมาตรฐานที่กำหนดในผักตามเกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย

อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฐรา เลาหกุลจิตต์ (2540) ได้ทำการศึกษาการสะสมโลหะหนัก 5 ชนิด คือ โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และนิกเกิลในผักกาดหอมที่ปลูกโดยวิธีไฮโดรโปนิกชนิดสารละลายไม่หมุนเวียน ใช้น้ำทึบจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายราชบูรี 5 ระดับคือร้อยละ 0 (น้ำประปา) 25, 50, 75 และ 100 พบร่วมกับกาดหอมที่ปลูกในน้ำทึบร้อยละ 100 มีการสะสมโลหะหนัก 3 ชนิด คือ โครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว มากกว่าผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำทึบผสมน้ำประปา สำหรับโลหะหนักอีก 2 ชนิด คือทองแดงและนิกเกิล มีปริมาณการสะสมในผักกาดหอมที่ปลูกใน

น้ำประปามากที่สุด นอกจากนี้ผักกาดหอมที่ปลูกในไฮโดรโปนิกมีโครเมียม (Cr) และแแคดเมียม (Cd) น้อยกว่าในผักกาดหอมที่ปลูกในดิน ดังนั้นถ้าจะนำน้ำทึบมาใช้ในการปลูกพืชที่รับประทานในควรกำจัดโลหะหนักในน้ำทึบออกก่อน รวมทั้งกำจัดทองแดงและนิเกลที่ปนเปื้อนในน้ำประปาด้วย และหรืออาจนำน้ำทึบมาใช้ในการปลูกพืชที่ไม่ได้นำมาบริโภค เช่น ไม้คอก

ชาญวิชย์ อร่ามวิทย์ (2541) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในผักคะน้าโดย เทคนิค Proton Induced X-ray Emission (PIXE) พบว่า ผักคะน้าที่ได้มาจากผักคะน้าปลูกสารพิษ และผักคะน้าจากแผงในตลาดด้านพะยอมมีธาตุหลักๆ เมื่อนับกันและมีปริมาณใกล้เคียงกัน ได้แก่ ธาตุ ซิลิคอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) กำมะถัน (S) คลอรีน (Cl) แคลเซียม (Ca) และเหล็ก (Fe) ซึ่งพบ ธาตุ โลหะหนักที่เป็นอันตรายในการบริโภคในปริมาณที่น้อยมากกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของ ผักคะน้าได้แก่ นิกเกิล (Ni) ปรอท (Hg) สารทอน (As) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผักคะน้า ที่ได้มาจากทั้งสองแหล่งดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการนำไปบริโภค

อภิรดี ยะ โนรา และ อุ่น หลี โซ๊ะ (2548) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะหนักในดินและผักบริเวณสวนผักดำเนินการเพาะปลูก สำหรับต้นกลม จังหวัดสงขลา พบว่า ในดิน มีปริมาณเฉลี่ยของ เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว และ นิกเกิล เป็น 0.37, 0.25, 0.72, 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณ โลหะหนักในผัก พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยของ เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว และ นิกเกิล เป็น 0.50, 0.07, 0.06, 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การเปรียบเทียบ โลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในตัวอย่าง ดินและผักพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม ในผักสดและผักปลูกสารพิษจากห้องสรรพสินค้า คือ คาร์ฟูร์ โลตัส บีกซี โดยทำการศึกษาในผัก 3 ชนิดคือ ผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกะหล่ำปลี แบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 ครั้ง โดยเริ่มเก็บจากเดือนมกราคม - เดือนเมษายน 2553 เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการป่นเปื้อนโลหะหนักในผักของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2532 โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกะหล่ำปลี ทั้งผักสดและผักปลูกสารพิษ ชนิดละ 1 กิโลกรัม จากห้องสรรพสินค้า 3 แห่ง คือ คาร์ฟูร์ โลตัส บีกซี โดยทำการเก็บ 3 ครั้งเป็นเวลา 3 เดือน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่เดือนมกราคม - มีนาคม 2553 รวมทั้งสิ้น 54 ตัวอย่าง (รายละเอียดตัวอย่างแสดงในภาคผนวก)

#### 3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

##### 3.2.2 วัสดุอุปกรณ์

1. กระดาษกรองขนาด 125mm ยี่ห้อ whatman
2. ตู้อบแห้ง (hot air oven)
3. เครื่องอุ่นไอน้ำ (water bath)
4. เตาเผาไฟฟ้า (electric furnace )
5. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (volumetric flask)
6. เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
7. ตู้ดูดควัน (hood)
8. บีกเกอร์ (beaker)
9. แท่งแก้วคน
10. หลอดทดลอง (tect tebe)
11. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

### 3.3.3 สารเคมี

1. Standard Lead เข้มข้น 1000 ppm
2. Standard Copper เข้มข้น 1000 ppm
3. Standard Cadmium เข้มข้น 1000 ppm
4. กรดไนโตริกเข้มข้น (Conc. $\text{HNO}_3$ )
5. น้ำกลั่น

## 3.3 วิธีการทดลอง

### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างผักหั่ง 3 ชนิด หั่นแยกใส่บีกเกอร์ เสียงหมายเลขกำกับชื่อผักแต่ละตัวอย่าง
2. นำผักตัวอย่างทั้งหมดอบที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกระหึ้งตัวอย่างแห้ง
3. ผักที่อบแห้งแล้วนำไปเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากเผาเสร็จจะได้ถ่านขาว
4. นำถ่านขาวที่ได้จากการเผาขึ้นแรกมาซึ่งตัวอย่างละ 2 กรัม จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าอีกครั้งที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้ตัวอย่างผักที่เป็นถ่านไฟฟ้าซึ่งพร้อมสำหรับนำไปย่อยในขั้นตอนต่อไป

### 3.3.2 การย่อยและวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. นำถ่านไฟฟ้าที่เผาเสร็จแล้วใส่ในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้แล้วเติมกรดไนโตริกเข้มข้นตัวอย่างละ 10 มิลลิลิตร
2. นำสารที่ได้ไปให้ความร้อนบน water bath จนสารละลายใส่ไม่มีสี (ในขั้นตอนนี้ทำใน hood เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดจากการระเหยของไออกไซด์ระหว่างการย่อยตัวอย่าง)
3. กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรองแล้วปรับปริมาตร เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

## บทที่ 4

### ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง และแคนเดเมียม ในผักสดและผักปลอตสารพิษจากห้างสรรพสินค้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกะหล่ำปลี โดยทำการเก็บตัวอย่างช่วงเดือน มกราคม 2553 ถึงเดือน พฤษภาคม 2553 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 18 ตัวอย่าง รวม 54 ตัวอย่าง ซึ่งมีผลดังนี้

#### 4.1 ตะกั่ว

##### 4.1.1 ปริมาณตะกั่วในผักคะน้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในผักคะน้าของผักสดและผักปลอตสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่วได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 ปริมาณตะกั่วในผักคะน้า

ห้าง	ผักสด (mg/kg)			ผักปลอตสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

##### 4.1.2 ปริมาณตะกั่วในผักกาดขาว

จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในผักกาดขาวของผักสดและผักปลอตสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่วได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.1.2

#### ตารางที่ 4.1.2 ปริมาณตะกั่วในผักกาดขาว

ห้าง	ผักสด (mg/kg)			ผักปลดสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

#### 4.1.3 ปริมาณตะกั่วในผักกะหล่ำปลี

จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในผักกะหล่ำปลีของผักสดและผักปลดสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ใน การเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณตะกั่วได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.1.3

#### ตารางที่ 4.1.3 ปริมาณตะกั่วในผักกะหล่ำปลี

ห้าง	ผักสด (mg/kg)			ผักปลดสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

### 4.2 ทองแดง

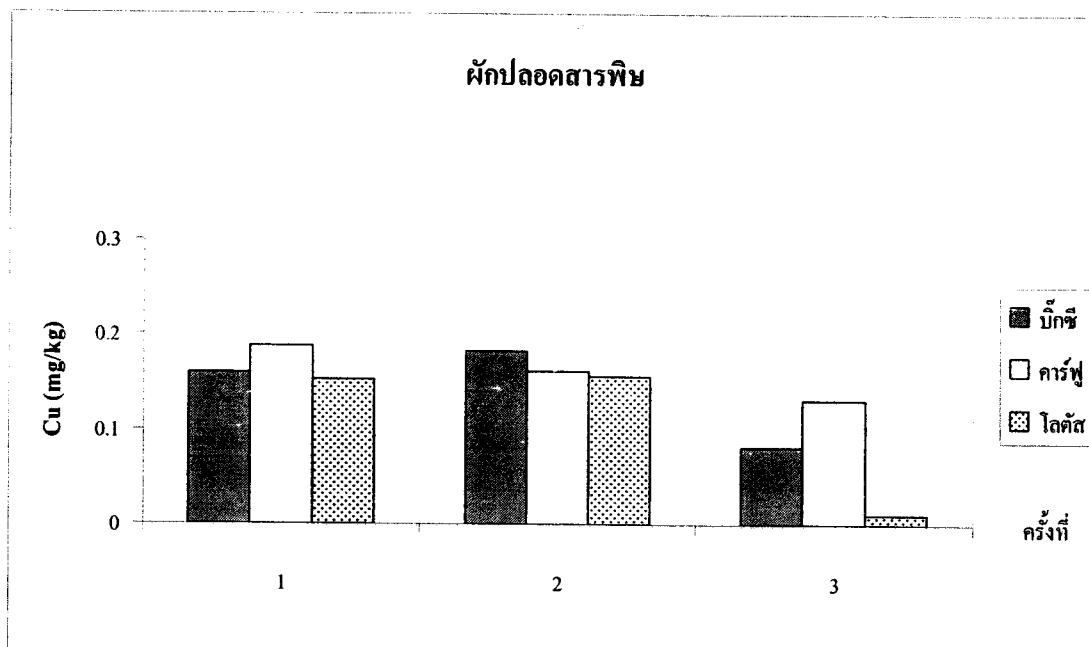
#### 4.2.1 ปริมาณทองแดงในผักคน้ำ

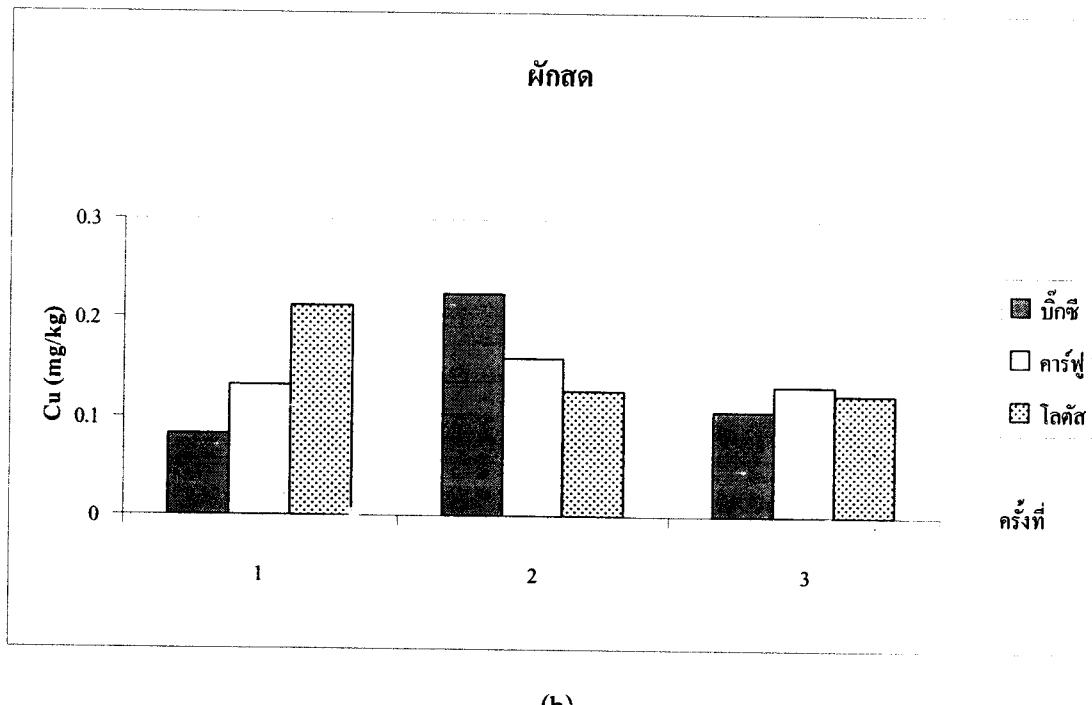
จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักคน้ำปลดสารพิษของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย 0.115, 0.171 และ 0.106 mg/kg ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 1 ของห้างคาร์ฟูมีปริมาณ 0.189 mg/kg และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างบีกซีมีปริมาณ 0.003 mg/kg ดังตารางที่ 4.2.1 และภาพที่ 4.2.1 (a)

จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักคน้ำจากผักสดของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย 0.137, 0.141 และ 0.154 mg/kg ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ของห้างบีกซีมีปริมาณ 0.225 mg/kg และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 1 มีปริมาณ 0.082 mg/kg ดังตารางที่ 4.2.1 และภาพที่ 4.2.1 (b)

ตารางที่ 4.2.1 ปริมาณทองแดงในผักคะน้า

หาง	ผักสด (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย	ผักปลดสารพิษ (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3		1	2	3	
บีกซี่	0.082	0.225	0.106	0.137	0.160	0.182	0.003	0.115
ควรฟู	0.132	0.159	0.132	0.141	0.189	0.161	0.132	0.171
โอลต์ส	0.213	0.127	0.123	0.154	0.153	0.156	0.010	0.106





ภาพที่ 4.2.1 ปริมาณทองแดงในผักคะน้า (a) ผักปลอດสารพิษ (b) ผักสด

ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่า ปริมาณทองแดงในผักคะน้าปลอດสารพิษและผักสด มีความแตกต่างกันไม่นักโดยค่าสูงสุดจะพบในผักสดของห้างบีกซีจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 มีปริมาณ 0.225 mg/kg และพบค่าต่ำสุดในผักปลอດสารพิษของห้างบีกซีจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 มีปริมาณ 0.003 mg/kg

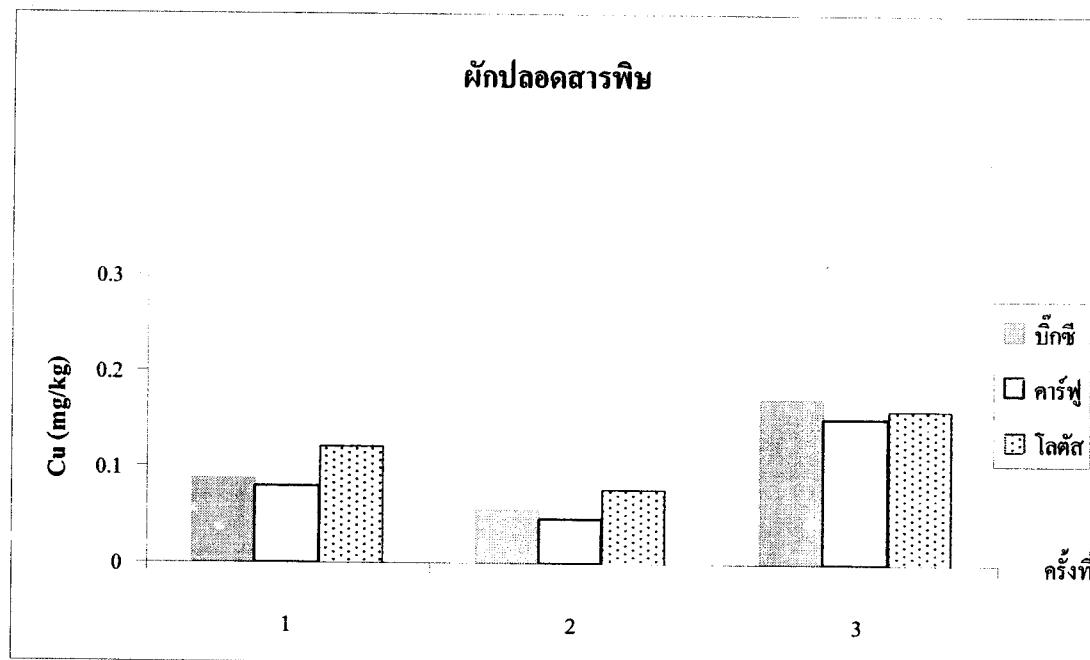
#### 4.2.2 ปริมาณทองแดงในผักกาดขาว

จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักกาดขาวปลอດสารพิษของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย 0.105, 0.092 และ 0.120 mg/kg ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างบีกซีมีปริมาณ 0.173 mg/kg และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ของห้างคาร์ฟูมีปริมาณ 0.046 mg/kg ดังตารางที่ 4.4.2 และภาพที่ 4.2.2 (a)

จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักกาดขาวจากผักสดของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย 0.081, 0.1 และ 0.162 mg/kg ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างโลตัสมีปริมาณ 0.228 mg/kg และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ของห้างคาร์ฟูมีปริมาณ 0.043 mg/kg ดังตารางที่ 4.2.2 และภาพที่ 4.2.2 (b)

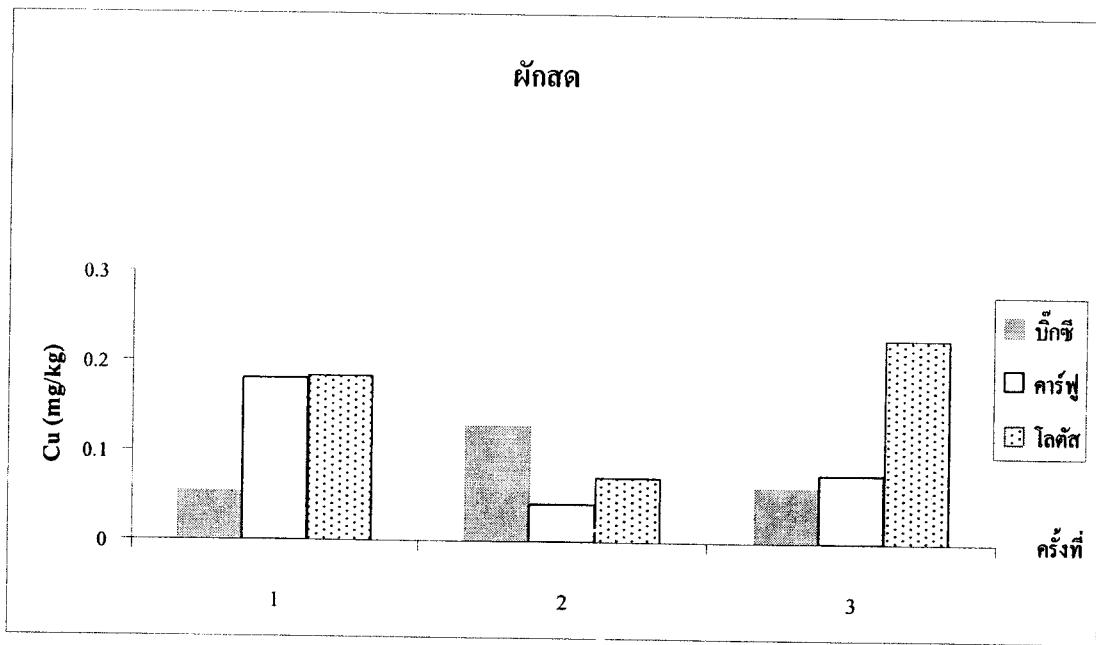
ตารางที่ 4.2.2 ปริมาณทองแดงในผักกาดขาว

ห้อง	ผักสด (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย	ผักปลดสารพิษ (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3		1	2	3	
บีกซี	0.053	0.128	0.062	0.081	0.087	0.056	0.173	0.105
การ์ฟู	0.180	0.043	0.077	0.100	0.080	0.046	0.151	0.092
โอลัตส์	0.185	0.073	0.228	0.162	0.122	0.078	0.162	0.120



(a)

21.8.51964  
๖๔๖ ๙



(b)

ภาพที่ 4.2.2 ปริมาณทองแดงในผักกาดขาว (a) ผักปลอດสารพิษ (b) ผักสด

ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่า ปริมาณทองแดงในผักกาดขาวปลอດสารพิษและผักสดมีความแตกต่างกันไม่นักนัก แต่จะพบค่าสูงสุดในผักสดของห้างโลตัสจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 มีปริมาณ  $0.228 \text{ mg/kg}$  และพบค่าต่ำสุดในผักสดของห้างคาร์ฟูจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 มีปริมาณ  $0.043 \text{ mg/kg}$

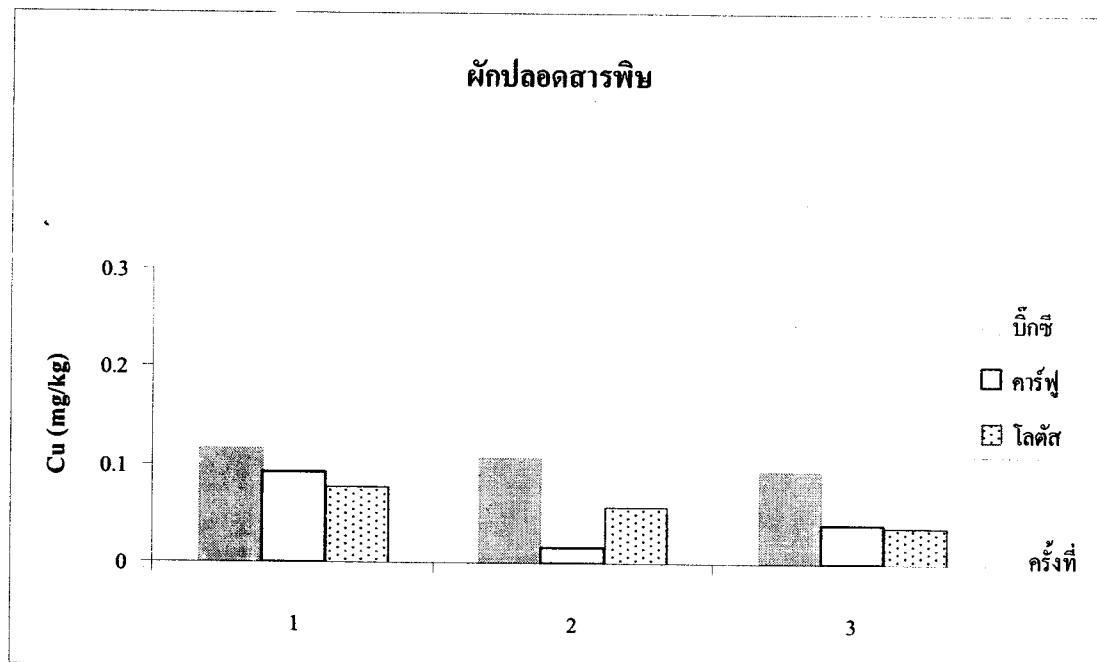
#### 4.2.3 ปริมาณทองแดงในผักกะหล่ำปลี

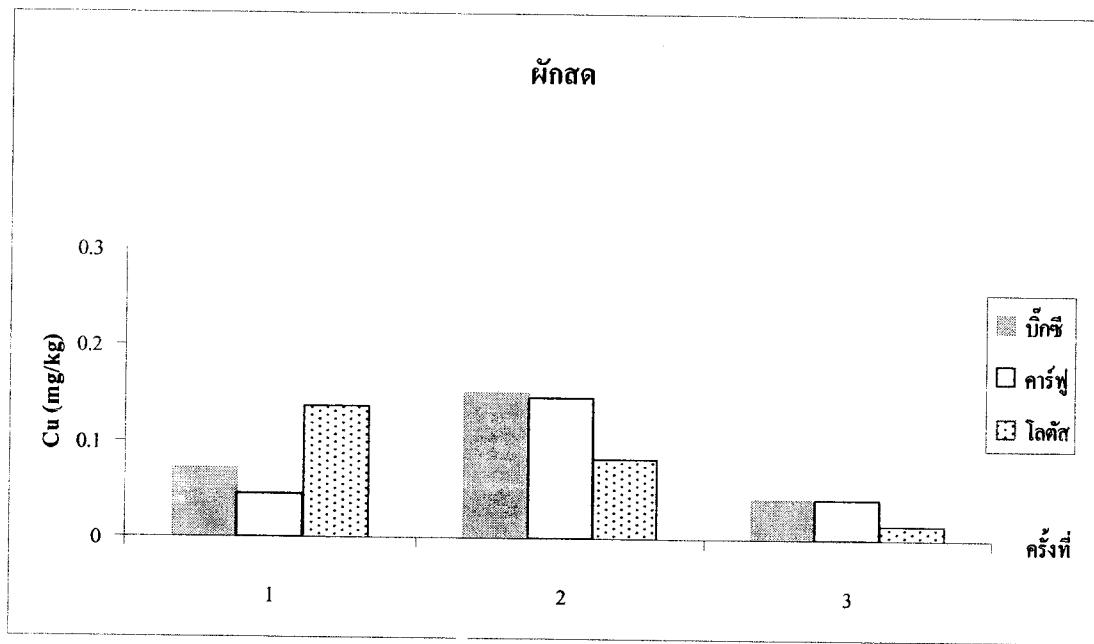
จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักกะหล่ำปลีปลอດสารพิษของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย  $0.005, 0.049$  และ  $0.057 \text{ mg/kg}$  ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 1 ของห้างบีกซีมีปริมาณ  $0.116 \text{ mg/kg}$  และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ของห้างคาร์ฟูมีปริมาณ  $0.017 \text{ mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.2.3 และภาพที่ 4.2.3 (a)

จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักกะหล่ำปลีจากผักสดของห้างบีกซี คาร์ฟู โลตัส มีค่าเฉลี่ย  $0.088, 0.077$  และ  $0.078 \text{ mg/kg}$  ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ของห้างบีกซีมีปริมาณ  $0.152 \text{ mg/kg}$  และพบน้อยที่สุดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างโลตัสมีปริมาณ  $0.015 \text{ mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.2.3 และภาพที่ 4.2.3 (b)

ตารางที่ 4.2.3 ปริมาณทองแดงในผักกากหล้าปลี

ห้าง	ผักสด (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย	ผักปลดสารพิษ (mg/kg)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3		1	2	3	
บีกซี	0.071	0.152	0.042	0.088	0.116	0.106	0.094	0.105
ควรฟู	0.045	0.146	0.041	0.077	0.093	0.017	0.039	0.049
โลตัส	0.138	0.083	0.015	0.078	0.077	0.058	0.038	0.057





(b)

ภาพที่ 4.2.3 ปริมาณทองแดงในผักกระหล่ำปลี (a) ผักปลอดสารพิษ (b) ผักสด

ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่า ปริมาณทองแดงในผักกระหล่ำปลีปลอดสารพิษและผักสดมีความแตกต่างกันไม่มากนัก แต่จะพบค่าสูงสุดในผักสดของห้างบิ๊กซีจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 มีปริมาณ  $0.152 \text{ mg/kg}$  และพบน้อยที่สุดในผักสดของห้างโลตัสจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 มีปริมาณ  $0.015 \text{ mg/kg}$

### 4.3 แอดเมี่ยน

#### 4.3.1 ปริมาณแอดเมี่ยนในผักคะน้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอดเมี่ยนในผักคะน้าของผักสดและผักปลอดสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บิ๊กซี คาร์ฟู โลตัส ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจพบปริมาณแอดเมี่ยนได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.3.1

#### ตารางที่ 4.3.1 ปริมาณแอดเมียโนในผักคะน้า

หัว	ผักสด (mg/kg)			ผักปลดสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

#### 4.3.2 ปริมาณแอดเมียโนในผักกาดขาว

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอดเมียโนในผักกาดขาวของผักสดและผักปลดสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจพบปริมาณแอดเมียโนได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.3.2

#### ตารางที่ 4.3.2 ปริมาณแอดเมียโนในผักกาดขาว

หัว	ผักสด (mg/kg)			ผักปลดสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

#### 4.3.3 ปริมาณแอดเมียโนในผักกะหล่ำปลี

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอดเมียโนในผักกะหล่ำปลีของผักสดและผักปลดสารพิษจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งพบว่า ไม่สามารถตรวจพบปริมาณแอดเมียโนได้ (ND : Non detected) ดังตารางที่ 4.3.3

#### ตารางที่ 4.3.3 ปริมาณแอดเมียโนในผักกะหล่ำปลี

หัว	ผักสด (mg/kg)			ผักปลดสารพิษ (mg/kg)		
	1	2	3	1	2	3
บีกซี	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คาร์ฟู	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โลตัส	ND	ND	ND	ND	ND	ND

#### 4.4 การนำเสนอด้วยวิดีโอ

จากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง และแคลแมกนีเซียม ในผักสดและผักปลูกสารพิษจากห้องสรรพสินค้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในผัก 3 ชนิด คือผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกะหล่ำปลี โดยทำการเก็บตัวอย่างช่วงเดือน มกราคม 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2553 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 18 ตัวอย่าง รวม 54 ตัวอย่างมาวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลรวมถึงองค์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าของการทำวิจัยมาเผยแพร่ผ่านทางแผ่นพับ ให้แก่ประชาชนทั่วไป เพื่อไว้เป็นแนวทางที่จะช่วยให้ประชาชนรู้จักเลือกซื้อผักและเป็นการสร้างความมั่นใจว่าปลอดภัยในการเลือกซื้อผักมาบริโภคด้วย รายละเอียดของวิธีการนำเสนอข้อมูลแสดงในภาคผนวก ๑

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง และแคนเดเมียม ในผักสดและผักปลอตสารพิษจากหางสรรพสินค้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 3 แห่ง คือ บีกซี คาร์ฟู โลตัส ในผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกะหล่ำปลี โดยทำการเก็บตัวอย่างช่วงเดือน มกราคม 2553 ถึงเดือน พฤษภาคม 2553 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 18 ตัวอย่าง รวม 54 ตัวอย่าง ใน การวิเคราะห์ตะกั่วในผักสด และผักปลอตสารพิษ ไม่พบปริมาณตะกั่ว และในการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในผักสดและผักปลอตสารพิษ พบมากที่สุดในผักกาดขาวของผักสดจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างโลตัส มีปริมาณ  $0.228 \text{ mg/kg}$  และพบน้อยที่สุดในผักคะน้าของผักปลอตสารพิษจากการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 3 ของห้างบีกซี มีปริมาณ  $0.003 \text{ mg/kg}$  เมื่อนำปริมาณทองแดงที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศไทยอยู่ ( $0.84 \text{ mg/kg}$ ) พบว่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณแคนเดเมียมในผักสดและผักปลอตสารพิษ ไม่พบปริมาณแคนเดเมียม

จากการวิเคราะห์ที่ได้มีการนำปริมาณตะกั่ว ทองแดง และแคนเดเมียม ในผักสดและผักปลอตสารพิษจากหางสรรพสินค้ามาเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดตะกั่วในผักตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย และเปรียบเทียบกับมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศไทยอยู่ พบว่าตัวอย่างผักทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ดังนี้ จึงพบว่าตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถเลือกซื้อผักสดและผักปลอตสารพิษมารับประทานได้อย่างปลอดภัย

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บตัวอย่างผัก 2 ฤดู คือ ฤดูแล้งและฤดูฝน เพื่อศึกษาความแตกต่างปริมาณการตกค้างของโลหะหนักในผักแต่ละฤดู
2. ควรมีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในผักที่ผู้คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคในชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ผักบุ้ง ถั่วงอก และผักกาดตุ้ง เพราะผักเหล่านี้นิยมซื้อมาบริโภคมาก เช่นเดียวกัน
3. ควรมีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในผักประเภทอื่นที่บริโภคใบ ผล หรือต้น เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของผักแต่ละประเภท
4. ควรตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐาน ตรวจสอบและเฝ้าระวังการตกค้างของโลหะหนักในผักให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

## บรรณานุกรม

Jarvis นักค้า และ อภิชาติ ใหม่ช่วง. 2548. การวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว ทองแดง แคมเมี่ยม ใน  
 ทะเลสาบสงขลา บริเวณอู่ต่อเรือ : กรณีศึกษาอู่ต่อเรือ หมู่ที่ 2 ต.หัวเข้า อ.สิงหนคร  
 จังหวัดสงขลา. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

มนีฉัตร นิกรพันธุ์ กะหลា. 2545. กรุงเทพฯ: โอดีียนสโตร์

ยงยุทธ โอสถสถา. 2546. ชาคุอาหารพืช พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ระวีวรรณ เชิงนุ้ย และอะภิรัชดี ถีระผลลิกก. 2548. การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง  
 แคมเมี่ยนในผักบริเวณต้นลมบางเรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา (กรณีศึกษา : หมู่ที่  
 5). รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. หน้า 16-27.

วันรุสลัน แวงโคล. 2550. การวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว ทองแดง แคมเมี่ยม ในทะเลสาบสงขลา  
 บริเวณอู่ต่อเรือ หมู่ที่ 1 ต.หัวเข้า อ.สิงหนคร จังหวัดสงขลา. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัย  
 ราชภัฏสงขลา.

ไสวพวรรณ จรินิรัตศัย. 2534. ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคมเมี่ยม สังกะสี ในน้ำและดินตะกอน  
 จากชั้นคุณภาพดูมีแม่น้ำกลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิรัช ยะโนรา และ อุไร หลีโส๊ะ. 2548. การวิเคราะห์หานปริมาณตะกั่ว ทองแดง เหล็ก และนิกเกิล  
 ในดินและผักในจังหวัดสงขลา. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อรรถพล หอมจันทร์. 2535. ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากภาคตะกอนบ้านด่าน้ำเสีย  
 ชุมชนต่อผักคน้ำ. วุฒิวารสารมหาวิทยาลัย.

### เอกสารอ้างอิงอิเล็กทรอนิกส์

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.geocities.com> [31 มีนาคม 2552]

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.kalathai.com> [20 มกราคม 2552]

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.lenntech.com> [13 มีนาคม 2552]

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.mweb.co.th> [14 มีนาคม 2552]

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.trf.or.th> [13 มีนาคม 2552]

ออนไลน์เข้าถึงได้จาก <http://www.watsrisukschool.th>. [31 มีนาคม 2552]

ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก

#### มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก

ตารางที่ ก-1 เกณฑ์กำหนดค่าก่อในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย

ประเภทอาหาร	เกณฑ์กำหนด (ppm)
ผลไม้	0.1
ผัก	0.1
หัวพืช	0.2
เนื้อสัตว์ (หมู วัว ไก่)	0.1
เครื่องไข่ (หมู วัว ไก่)	0.5
ปลา	0.2
กุ้ง	0.5
หอย	1.0
น้ำผลไม้	0.05
ไข่น้ำ	0.2
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตารางที่ ก-2 มาตรฐานการปนเปื้อน โลหะหนักในผักของประเทศไทยอังกฤษ

กลุ่มอาหาร	ปริมาณ โลหะหนัก (mg/kg)							
	As *10 <sup>-3</sup>	Cd *10 <sup>-3</sup>	Cr	Cu	Pb *10 <sup>-3</sup>	Hg *10 <sup>-3</sup>	Ni *10 <sup>-3</sup>	Zn
ผักสีเขียว	3	23	0.2	0.84	61	0.4	88	3.9
มันฝรั่ง	2	26	0.1	1.30	3	1.0	62	3.3
ผักอื่นๆ	5	11	0.1	0.91	15	0.6	78	2.4
ผักระบง	1	6	0.1	1.50	12	0.9	31	4.2
ผลไม้สด	2	2	<0.1	0.94	3	0.6	38	0.9
ผลิตภัณฑ์ผลไม้	2	1	<0.1	0.73	18	0.8	48	0.7

ที่มา : [http://ec.europa.eu/food/plant/protection/pesticides/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/plant/protection/pesticides/index_en.htm)

## ภาคผนวก X

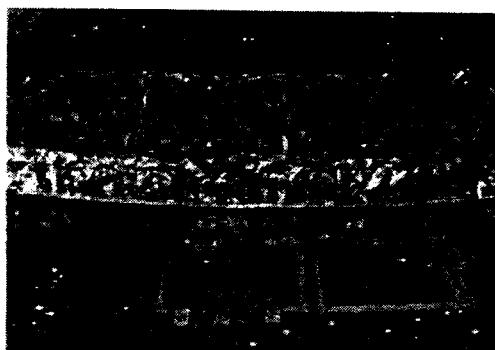
### ภาพประกอบการทำวิจัย



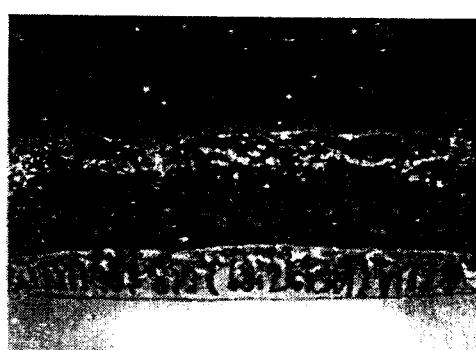
ภาพที่ X-1 การเก็บตัวอย่างผักสด



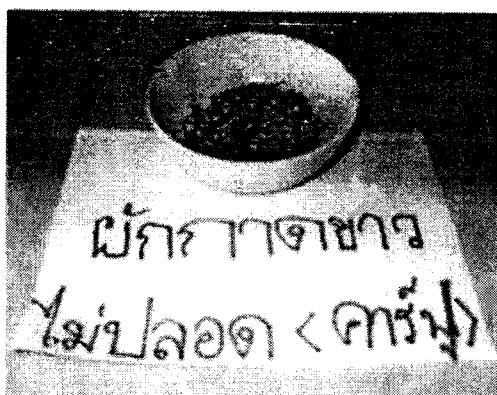
ภาพที่ X-2 ตัวอย่างผัก



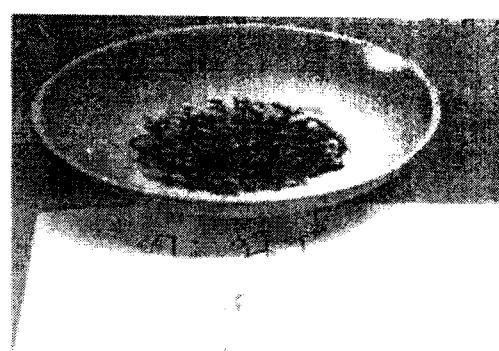
ภาพที่ X-3 การเตรียมผักสำหรับนำไปย่าง



ภาพที่ X-4 ตัวอย่างผัก อบที่อุณหภูมิ 95 °C



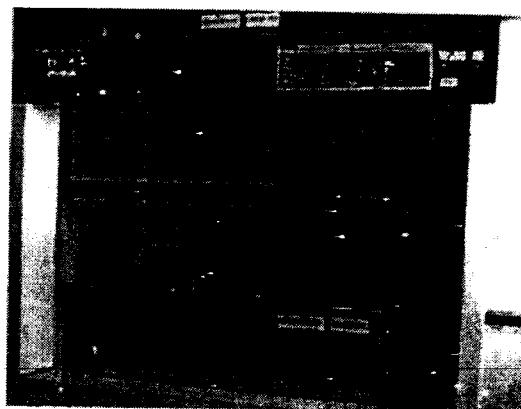
ภาพที่ X-5 ตัวอย่างผัก เผาที่อุณหภูมิ 750 °C  
(เด็กสีขาว)



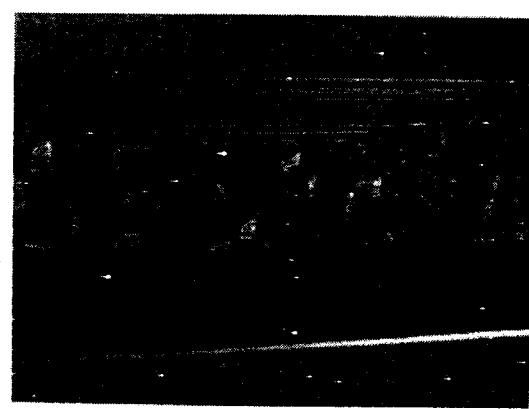
ภาพที่ X-6 ตัวอย่างผัก เผาที่อุณหภูมิ 1000 °C  
(เด็กสีฟ้า)

## ภาคผนวก ค

### ภาพการย้อมตัวอย่าง



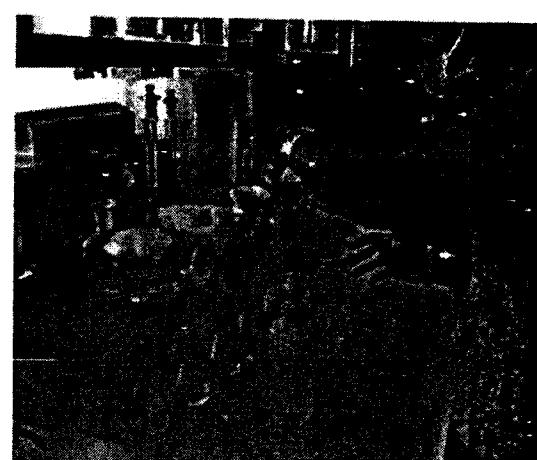
ภาพที่ ค-1 การให้ความร้อนบน water bath



ภาพที่ ค-2 การให้ความร้อนบน water bath  
บนสารละลายใส ไม่มีสี



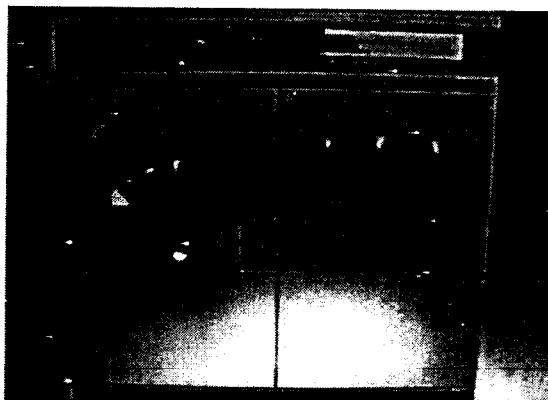
ภาพที่ ค-3 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับกรอง  
ตัวอย่าง



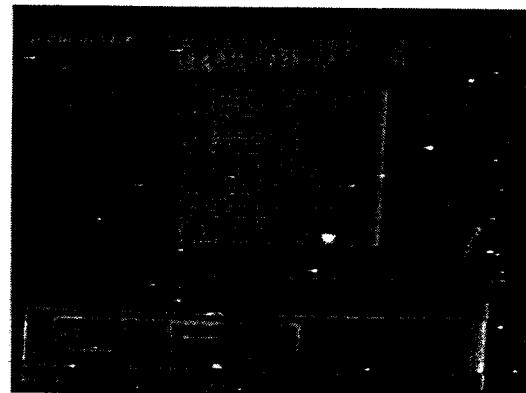
ภาพที่ ค-4 ขั้นตอนการกรองตัวอย่าง

## ภาคผนวก ง

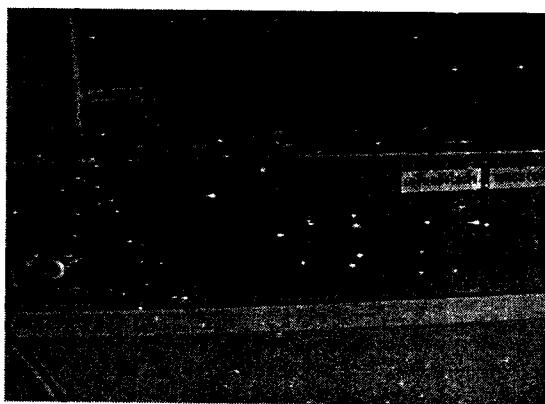
### ภาพเครื่องมือการทำวิจัย



ภาพที่ ง-1 ตู้อบ (hot air oven)



ภาพที่ ง-2 เตาเผาไฟฟ้า (electric furnace)



ภาพที่ ง-3 เครื่องอ่างไอน้ำ (water bath)



ภาพที่ ง-4 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

" វិធានការធ្វើការនៅក្នុងក្រសួងពេទ្យ និងក្រសួងពេទ្យ " នៃ



ມີບົດແນ່ນກົມຄົມຕັ້ນ ຜັກທ້ານພຸດ ເຫັນ ມະເຂົ້າ ແຫງກວາ  
ໃຫ້ເລືອກທີ່ບໍ່ຈົດແນ່ນ ຕີສັດໃໝ່ ປົວຈຶງ ໄນແກ່ໄໝແກ່ກ່ຽວ

การวิเคราะห์ปริมาณตัวก้าว ท่องแท้ แต่เดิม ไม่ใช่การวิเคราะห์ปริมาณตัวก้าว ท่องแท้ แต่เดิม

อ่อนนิ่นไปควรซื้อห้องทามทุกคราวจะได้ผัก  
ดูดมากเพลิด หวานๆ

และการติดต่อสื่อสารที่ดี จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบริหารจัดการอย่างมาก



୪୮

สังเกตุคนริบภัยกำาบิน กำาดตา หรือโภคเต้น ต้องไม่  
มีสีขาหรือสีตา เหราจะเป็นสีของชือร่า สำหรับผู้ที่  
ทางบิน นั่งต้องสตูล ไม่แห้ง ว่า เหลือง หรือมีรากนั้น ผู้คนควร

ព្រះសាសនា ព្រះពិធីរាជ ព្រះអង្គភាព



38

## ຄວາມສຳຄັງແລະທີ່ການອອນນາງວິຊຍ

ປົງຈຸນໍ້າຜູ້ອ່ານໃຫຍໍໃນປະເທດທັນມາບັນໄກ

ຜູ້ກັນມາຈັ້ນ ພ້າໃນກຸ່ມຄຸນທີ່ວັດຖຸພາແລະໃນກຸ່ມຜູ້ຢືນເງິນທີ່ກໍາລັງຈຸດຕ້ວອນໃນເຮືອງຂອງກາຣຄົນນໍ້າຫັນັກຈົ່ງໄດ້ສົ່ງເຫັນຄວາມສຳຄັງສົງຄວາມປົກລົງດັບຍັງຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ

ຜູ້ກັນສົ່ງຄວາມສຳຄັງສົງຄວາມປົກລົງດັບຍັງຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ

ວັດຖຸປະສົງຫຼຸກຂອງກາຣວິຊຍ

- 1.ເຫຼືອວິຄຣາະບົປົມາລ ດະກັບປົກລົງຄວາມຕົກລົງ ແລະ ພັດເນີຍ ໃນຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ ໂດຍກັບປົກລົງຄວາມຕົກລົງ ດະກັບປົກລົງຄວາມຕົກລົງ
- 2.ເຫຼືອວິຄຣາະບົປົມາລ ແລະ ຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ

ຫັງສຽນພົນກັນ

2.ພົນໄຫ້ຄວາມຮູ້ແລະຕັ້ງຈາກຄວາມມັນໃຈແກ່

ຜູ້ບົກໂກໃນກາຣເລືອງຊື້ຜູ້ກັບປົກລົງ

ປະໂຍບພົນທົກຕ່າວລະໄຫວ້ມູນຄາງວິຊຍ

- 1.ກວານວິມາຍຕະກັບ ແລະ ປົກລົງຄວາມຕົກລົງ ແລະ ສົ່ງຄວາມຕົກລົງ ທັກຄ້າໃຈຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ
- 2.ຜູ້ບົກໂກເກີດຄວາມນີ້ໃນກາຣເລືອງຊື້ຜູ້ກັບປົກລົງ

ສົດແລະຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ ຫັງສຽນພົນກັນ ຕ່າງໆ ຢັບປະກວດ

ວັດທະນາຫາຮ່ວມມືດ້ວຍຫຼຸດແບບໄອດັງກັນ

## ເກົ່າເກົ່າສາຮະ ຕີ່ ຈ່າເອມາຝຶກ ?

ສະບູປະກວກວິຊຍ

ຈາກກາຣວິຄຣາະບົປົມາລຕະກັບ ທອງແດງ

ແລະແຄດນີ້ຍືນ ໃນຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ ແລະຜູ້ຜູ້ອັດເຊີຍ  
ຫັງສຽນພົນກັນ ເສື່ອໄວ່ຢືນເຖິງກັນເກົ່າສາຮະ ດັບຍັງ  
ໃນອາຫາດາມມາຫາຮ່າງສາງສາງສາງສາງສາງສາງສາງ

ປະຫວາງໃຫຍ່ແລະມາຫາຮ່າງສາງກາປະປົນໂດຍໃຫ້ກັນໃນຜູ້

ຂອງປະຫວາງຄັ້ງຄົມ ພົນວ່າຕ້ວຍເສັ້ນກັ້ງທຸນມີມຳໄນ້ເກີນ

ມາຫາຮ່າງທີ່ກັນດັ່ງ 2 ມາດຮູ້

ຫັງສຽນພົນກັນ

ປົງທີ່ກັນດັ່ງ “ຜູ້ກັນ” ມີປະໂຍບໂຫຼດຕ່ອງຈາກຍ

ນາກມາຍແຫ່ງໜອກຈາກໜ້າໃນເວົ້າຂອງກາກົບຕ່າງໆ  
ລົດນິນ ແວ່ນຫຼຸ ແລະ ຄວາມອາຫາຮ່ອນໆ ອີການນາຍ ໃນຜູ້

ສ້າງໜ່າຍແຕ່ມີຄວາມຮູ້ຈາກຍິ່ນສູ່ຂອງພົນກັນ

ຮະຍະກັບນີ້ ຄັມຮ້ານມາໂດຍໃຫ້ແມ່ຊັງກັນມາກັນມາກ  
ນີ້ນ ຄວາມຕ້ອງກາວໃນກາຣບົກພົກພັກໃຫ້ໄປປະໂຍບນີ້ນາກ  
ທີ່ສຸດນັ້ນຈະຕ້ອງຮັນຕະຮັງເວົ້າຂອງຄວາມພິມທີ່ກໍາໃນຜູ້

ຕ້າຍ ໂດຍພະເຕີເສີ່ງ ແລະ ຖືແນ່ວັງຄວາມກົດກວ

ວັດທະນາຫາຮ່ວມມືດ້ວຍຫຼຸດແບບໄອດັງກັນ

