การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิ กรณีศึกษาร้านซูชิขนาดเล็ก โดยรอบมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Health Risk Assessment of Sushi Consumption: A Case Study of the Small-scale Sushi Shop around Huachiew Chalermprakiet University

พวงทอง พิมพ์เลขา, ธารินี นามมีศรี, อัญรินทร์ พิธาภักดิสถิตย์, วรางคณา วิเศษมณี ลี*
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : varangkana_v@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจหาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในซูชิและเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิ กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยครั้งนี้ใช้ซูชิจำนวน 10 หน้า ข้าวปั้น และสาหร่ายโนริ แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในซูชิ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยการใช้เทคนิค Graphite Furnace Atomic Absorption ผลการสำรวจ พบว่ามีปริมาณตะกั่วในหน้าแซลมอนมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0022 mg/kg ในขณะที่ปริมาณแคดเมียมพบว่ามีในกุ้งมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0078 mg/kg นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนโลหะหนักในสาหร่ายโนริมี ซึ่งปริมาณการปนเปื้อนทั้งตะกั่วและแคดเมียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.0050 mg/kg และ 0.0146 mg/kg ตามลำดับ และในข้าวมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมเฉลี่ย 0.0003 และ 0.0010 mg/kg ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม โลหะหนักที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิ ข้าว และสาหร่ายโนริ มีค่าไม่เกินข้อกำหนดของ CODEX Alimentarius Food Standard นอกจากนี้ ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิ พบว่า การปนเปื้อนโลหะหนักจากการรับประทานซูชิยังไม่อยู่ในระดับที่ส่งผลต่อความเสี่ยงสุขภาพ

คำสำคัญ : โลหะหนัก การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ซูชิ

Abstract

The objectives of this research were to survey the heavy metals contaminating sushi and to assess the health impact from sushi consumption. The samples of this study were collected for 10 types of sushi toppings, rice and Nori seaweed and they were analyzed using Graphite Furnace Atomic Absorption. The results found that Lead contamination was maximized in salmon topping with the average concentration as 0.0022 mg/kg. Cadmium concentration was maximized in shrimp topping with the average concentration as 0.0078 mg/kg. In addition, average concentration of Lead and Cadmium were found in Nori seaweed to be 0.0050 mg/kg and 0.0146 mg/kg, respectively, while these heavy metals were found in the rice with the average concentration as 0.0003 and 0.0010 mg/kg, respectively. However, heavy metals in all samples did not exceed than

The CODEX Alimentarius regulation. Moreover, the health risk assessment from sushi consumption was not to have any impact to health.

Keywords : heavy metals, health risks assessment, sushi

บทนำ

ซูชิเป็นหนึ่งในอาหารญี่ปุ่นที่มีการใช้สีผสมอาหารเพื่อความสวยงาม ประกอบกับซูชิเป็นกลุ่มอาหารญี่ปุ่นที่ได้รับความนิยมบริโภคเป็นอย่างมากในผู้บริโภคหลายกลุ่ม อีกทั้งยังมีการวางจำหน่ายทั่วไป หาซื้อได้ง่าย ทั้งที่มีราคาแพง และไม่แพง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาทำซูชิ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอันตรายจากสีผสมอาหารซึ่งเป็นสีอินทรีย์จากการสังเคราะห์ ที่มีส่วนผสมของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) เป็นต้น (กระทรวงสาธารณสุข. 2551) นอกจากนี้โลหะหนักดังกล่าวอาจมีโอกาสปนเปื้อนในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของสัตว์น้ำที่นำมาทำหน้าซูชิซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคเช่นกัน (พัชรา เพ็ชร์พิรุณ. 2531)

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในอาหารญี่ปุ่นประเภทซูชิจากร้านขายซูชิขนาดเล็กหรือแผงลอยบริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เพื่อเป็นกรณีศึกษาในการสำรวจการปนเปื้อนของโละหนักในซูชิ รวมทั้งการนำผลการสำรวจดังกล่าวมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงนำไปสู่ความตระหนักในการตัดสินใจการเลือกบริโภคซูชิในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในซูชิ
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิ

ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก คือ ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิที่มีการใช้วัตถุดิบเพียง 1 ชนิด รวมทั้งส่วนประกอบที่เป็นสาหร่ายโนริ และข้าวปั้น โดยมีการเก็บตัวอย่างร้านซูชิขนาดเล็กและแผงลอย รอบมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยมีการเก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม - 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 แล้วนำผลการสำรวจดังกล่าวมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ร่วมกับการใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการประเมิน ได้แก่ น้ำหนักตัวเฉลี่ยของผู้บริโภค และปริมาณอ้างอิงของโลหะหนักทั้งสองชนิดจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรม

อันตรายของตะกั่ว (Lead: Pb) และแคดเมียม (Cadmium: Cd)

อาการชนิดเฉียบพลัน คือ ลิ้นรู้รสโลหะ อุจจาระสีดำ อาเจียนสีขาวน้ำนม เม็ดเลือดแดงแตกเฉียบพลัน ทำให้เลือดจาง ปัสสาวะมีสีคล้ำเหมือนโคคาโคลา ไตวายเฉียบพลัน ไม่มีปัสสาวะ หรือมีน้อย อาการชนิดเรื้อรังที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ พบเส้นสีดำที่เหงือกเรียกว่า Lead Line เลือดจาง ซีด พบความผิดปกติในระบบประสาทส่วนกลางใน

เด็กมากกว่าในผู้ใหญ่ ปวดเมื่อย กล้ามเนื้ออ่อนแรง รู้รสโลหะ เบื่ออาหาร ท้องผูก ลำไส้บิดตัว ในขณะที่แคดเมียม ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง อุจจาระร่วง มีอาการคล้ายอาหารเป็นพิษ และเกิดโรค Itai-Itai คือ เจ็บปวดหลังหรือขา กระดูกเปราะ และปวดอย่างรุนแรงถ้าได้รับสารน้อยแต่เป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ไตทำงานผิดปกติ กระวนกระวาย ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง ถ้ามีอาการอ่อนเพลียอาจหมดสติและเสียชีวิตได้ (สุนิสา ชายเกลี้ยง. 2557) โดยโลหะหนักทั้ง 2 ชนิด มีเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	ตะกั่ว (Pb)	แคดเมียม (Cd)
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน	*1 mg/kg	-
Codex Alimentarius Commission (March,2011)	0.3 mg/kg	2 mg/kg

หมายเหตุ : *เว้นแต่อาหารที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนตามธรรมชาติในปริมาณสูง ให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

วิธีการวิจัย

(1) การเก็บตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้การศึกษาครั้งนี้เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อกำหนดชนิดของหน้าซูชิ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างซูชิที่เลือกใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียว จำนวนหน้าละ 2 ชิ้น ทั้งหมด 10 หน้า รวมข้าวปั้น และสาหร่ายโนริ นับเป็น 12 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างซูชิของทั้ง 3 ร้าน รวมทั้งหมดเป็น 72 ตัวอย่าง และใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ในการเลือกซูชิที่วางจำหน่าย ซึ่งจะทำการเลือกซูชิมาหน้าละ 2 ชิ้น จากการวางขายในภาชนะ

(2) การเตรียมตัวอย่างและการย่อยตัวอย่าง

นำหน้าซูชิ สาหร่ายโนริ และข้าวปั้น ที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดละเอียด มาชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 70% ปริมาตร 10 ml ใส่ลงในตัวอย่าง และต้มย่อยด้วยความร้อนบนเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะละลายจนหมด หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 โดยมีการเทสารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml พร้อมกับปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน (APHA, AWWA and WPCF,1975)

(3) การวิเคราะห์ตะกั่วและแคดเมียม

ตัวอย่างทั้งหมดจะทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) โดยเทคนิคกราไฟต์เฟอร์เนส-อะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Graphite Furnace Atomic Absorption) รุ่น iCE 3000 Series AA Thermo Fisher Scientific

ผลการวิจัย

(1) ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในซูชิ

1) ปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในซูชิแต่ละหน้า

จากการสำรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในหน้าของซูชิ ข้าว และสาหร่ายโนริ มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.0001-0.0050 โดย สาหร่ายโนริพบปริมาณตะกั่วมากที่สุด คือ 0.0050±0.0067 รองลงมา คือ แซลมอน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของตะกั่วเท่ากับ 0.0022±0.0004 mg/kg สำหรับ แคดเมียม พบว่า มีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.0010 ถึง 0.0146 mg/kg ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมที่พบมากที่สุด พบใน สาหร่ายโนริเช่นกัน โดยมีความเข้มข้น 0.0146±0.0075 mg/kg รองลงมาคือ กุ้งพบที่ความเข้มข้น 0.0078±0.0038 mg/kg อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในทุกตัวอย่างยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน และ Codex Alimentarius Commission (March,2011) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิ ข้าว และสาหร่ายโนริ

ประเภทตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนัก	
	ตะกั่ว	แคดเมียม
กุ้ง	0.0016±0.0007	0.0078±0.0038
ยำสาหร่าย	0.0002±0.0002	0.0023±0.0020
ซาบะ	0.0006±0.0006	0.0055±0.0011
หมึก	0.0003±0.0002	0.0043±0.0009
แมงกะพรุน	0.0002±0.0002	0.0027±0.0026
แซลมอน	0.0022±0.0004	0.0023±0.0022
ไข่กุ้ง	0.0003±0.0002	0.0031±0.0023
หอยเชลล์	0.0003±0.0003	0.0028±0.0015
ทูน่า	0.0001±0.0001	0.0023±0.0008
ปูอัด	0.0004±0.0003	0.0016±0.0015
ข้าว	0.0003±0.0003	0.0010±0.0017
สาหร่ายโนริ	0.0050±0.0067	0.0146±0.0075

(2) ผลการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคซูชิ

สำหรับการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคซูชิ กรณีการได้รับตะกั่วและแคดเมียม หากได้รับเข้าสู่ร่างกายเป็นเวลานาน (พงษ์เทพ วิวรรธนะเดช. 2547) ดังสมการ

$$\text{Intake (mg/kg-day)} = (CF)(IR)/(BW)$$

CF คือ ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนโดยเลือกหน้าซูชิที่มีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมมากที่สุด กล่าวคือ แซลมอน (0.0022 mg/kg) และกุ้งสด (0.0078) ตามลำดับ รวมทั้งปริมาณตะกั่วในสาหร่ายโนริ และข้าว เท่ากับ 0.0050 และ 0.0003 mg/kg ตามลำดับ สำหรับแคดเมียมในสาหร่ายโนริ และข้าว มีปริมาณเท่ากับ 0.0146 และ 0.0010 mg/kg

IR คือ ปริมาณน้ำหนักของหน้าแซลมอน กุ้งสด ข้าว และสาหร่ายโนริ โดยคิดเป็นน้ำหนักต่อซูชิจำนวน 10 ก้อน (ปริมาณคาดการณ์ในการบริโภค 1 ครั้ง) ดังนี้ 43.8322 g (0.0438 kg), 35.8125 g (0.0358 kg), 58.7653 g (0.0587 kg) และ 13.5150 g (0.0135 kg)

BW คือ น้ำหนักตัว หน่วยเป็น กก. (Kg) โดยน้ำหนักเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่าเท่ากับ64.24 kg และวัยรุ่นหญิงไทยมีค่าเท่ากับ 52.07 kg (มาตรฐาน Size Thai. 2552)

การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิ อธิบายได้โดยค่า Hazard Quotient (HQ) ซึ่งแสดงค่าสัดส่วนของตัวแปร (พงษ์เทพ วิวรรธนะเดช. 2547) ดังสมการ

$$HQ = Daily\ Intake / RfD^*$$

(โดยค่า *RfD ของตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 0.0035 (mg/kg/day) และแคดเมียม มีค่าเท่ากับ 0.0010 (mg/kg/day) (EPA-IRIS, 2018)

ทั้งนี้ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคซูชิที่มีปริมาณตะกั่วและแคดเมียม พบว่า ค่า HQ น้อยกว่า 1 (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่า การบริโภคซูชิภายใต้กรอบการประเมินดังกล่าวในการรับประทานครั้งละ 10 ก้อน ยังไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเสี่ยงในวัยรุ่นชายและวัยรุ่นหญิง

ปริมาณการได้รับสัมผัส	**การประเมินความเสี่ยงที่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (HQ)**			
	ตะกั่ว (Pb)		แคดเมียม (Cd)	
	วัยรุ่นชาย	วัยรุ่นหญิง	วัยรุ่นชาย	วัยรุ่นหญิง
ความเสี่ยงจากการบริโภคแซลมอน	0.0029	0.0571	-	-
ความเสี่ยงจากการบริโภคกุ้งสด	-	-	0.2000	0.3000

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

- ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิพบว่ามีปริมาณต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน และ Codex Alimentarius Commission (March, 2011)
- ปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิ พบว่าในแซลมอน มีปริมาณตะกั่วเข้มข้นสูงสุด โดยมีความเข้มข้น 0.0022±0.0004 mg/kg ในขณะที่ปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในหน้าซูชิ พบว่าใน กุ้ง มีแคดเมียมเข้มข้นสูงสุด โดยมีความเข้มข้น 0.0078±0.0038 mg/kg อย่างไรก็ตามในส่วนประกอบของซูชิที่เป็นสาหร่ายโนริ พบว่า มีความเข้มข้นสูงสุดทั้งตะกั่วและแคดเมียม
- การประเมินที่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในกรณีการบริโภคซิ 10 ก้อนในครั้งเดียว ยังไม่ก่อเกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ได้รับสัมผัสผ่านทางการกิน

อภิปรายผลการวิจัย

ปริมาณตะกั่วที่พบในเนื้อปลาแซลมอนอาจมาจากการขนส่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของคุณสมชาย วิบุญพันธ์ (2558) โดยพบว่าจากการเก็บตัวอย่างเนื้อปลาแซลมอนนำเข้าจากต่างประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2555-2558 เพื่อหาโลหะหนัก 3 ชนิด คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม ในขณะที่ ปริมาณแคดเมียมที่พบในกุ้งสดอาจเกิดจากการปนเปื้อนแคดเมียมจากแหล่งน้ำที่เพาะเลี้ยงและแหล่งน้ำทะเลที่มีการปนเปื้อน (แววตา ทองระอา, 2557) กล่าวว่า เช่นเดียวกับสาหร่าย ซึ่งพบว่ามีการปนเปื้อนโลหะหนักได้เช่นกัน (นุชนาถ รังคดิลก, 2561) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการประเมินความเสี่ยงยังไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ แต่ ความเสี่ยงจากการบริโภคซูชิที่มีการปนเปื้อนโลหะ มีโอกาสเพิ่มมากขึ้น ในกรณีที่ ความเข้มข้นของโลหะในซูชิมากขึ้น มีอัตราการบริโภคต่อวันเพิ่มขึ้น และมีระยะเวลาการบริโภคอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน หรือน้ำหนักตัวของผู้บริโภคน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2529). *มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน.* ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 ลงวันที่ 21 มกราคม: กระทรวงสาธารณสุข,กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงสาธารณสุข. (2551). *โครงการสำรวจสถานการณ์การใช้สีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และสัตว์ทะเลแปรรูปบางชนิด.* สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองควบคุมอาหาร : กระทรวงสาธารณสุข.

นุชนาถ รังคดิลก สุมลธา หนูคาบแก้ว และ จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์. (2561). *เรื่องน่ารู้ของ.ผลิตภัณฑ์สาหร่าย..ที่ไม่ควรมองข้าม.* สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ เว็บไซต์: http://www.eht.sc.mahidol.ac.th/article/633.

พัชรา เพ็ชร์พิรุณ. (2531). *การสะสมของโลหะหนักปริมาณน้อยในสัตว์น้ำบางชนิดที่จับได้บริเวณอ่าวระยอง.* เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

แววตา ทองระอา และคณะ. (2557). *การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง* วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา เว็บไซต์: https://www.researchgate.net/publication/281831884.

สมชาย วิบุญพันธ์. (2558). *โลหะหนักในปลาแซลมอนนำเข้า: สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำ.* เอกสารวิชาการ. ฝ่ายตรวจรับรอง คุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ สัตว์น้ำ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ: กรมประมง.

สุนิสา ชายเกลี้ยง. (2557). *พิษวิทยาสาธารณสุข (Toxicology in public health).* พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น : คณะสาธรณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พงษ์เทพ วิวรรธนะเดช. (2547). *การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ.* ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน.เชียงใหม่ : คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA, AWWA and WPCF. (1975). *Acid digestion*: Standard Method for Water and Waste Water. 14th edition. America Public Health Association, Washington DC.