บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด สรุปได้ว่า การปนเปื้อนโครเมียมในน้ำ พบน้อยกว่าการปนเปื้อนในตะกอนดิน สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด สรุปได้ว่า ปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยความเชื่อมันที่ 95 % ส่วนปริมาณโครเมียมในน้ำ และตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยความเชื่อมันที่ 95 % และปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดินในบ่อผัก และผักกระเฉด ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยความเชื่อมันที่ 95 % และจากการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคผักกระเฉดในครั้งนี้ พบว่า สามารถรับประทานผักกระเฉดได้อย่างปลอดภัย

5.2 การอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพและชีวภาพ ประกอบไปด้วยความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่นของน้ำ และปริมาณสภาพการนำไฟฟ้า ณ จุดต่าง ๆ สรุปผลได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.75 ส่งผลในการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป น้ำมีค่า PH อยู่ในช่วง 5-8 (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2536) ความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 41.55 NTU อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด 30-60 NTU (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย. 2530) และสภาพการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 544.12 µS/cm เป็นน้ำที่มีคุณภาพปานกลางสามารถนำไปใช้ในการชลประทานกับพืชที่ทนเค็มได้ปานกลาง ที่250-750 µS/cm ถ้าพืชไม่ทนเค็มจะต้องปลูกบนดินที่มีการระบายน้ำดี และจะต้องมีการล้างดินเป็นครั้งคราว (USSL. 1954)

การศึกษาการปนเปื้อนโครเมียมในน้ำ ตะกอนดินครั้งนี้ได้ทราบว่า ปริมาณโครเมียมในน้ำและตะกอนดิน พบว่า การปนเปื้อนโครเมียมในน้ำพบน้อยกว่าการปนเปื้อนโครเมียมในตะกอนดิน ซึ่งระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตะกอนดินค่อนข้างสูง (สุจารี บุรีกุล. 2548) เนื่องจากสารพิษส่วนใหญ่ที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะถูกปล่อยไปในอากาศหรือในน้ำมักจะเข้าไปสะสมในตะกอนดิน (Boonsanher. 2006) และดินมี PH ระหว่าง 5.2-7.6 ซึ่งถือว่าอยู่ในสภาพที่เป็นด่างโดยส่วนมาก มีผลให้โครเมียมตกตะกอนได้ดี

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด พบว่า ปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด ไม่มีความสัมพันธ์กันส่วนปริมาณโครเมียมในน้ำและตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กันและปริมาณโครเมียมในน้ำ ตะกอนดินในบ่อผักและผักกระเฉด

เมื่อเปรียบเทียบโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินโดยมีแนวโน้มว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) (อัจจิมา มีพริ้ง. 2545) โครเมียมในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันกับโครเมียมในผักกระเฉด เนื่องจากผักกระเฉดสามารถดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักในน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังมีพืชที่มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ผักบุ้งและผักตบชวา (วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์. 2532)

นอกจากนี้ส่วนใหญ่โครเมียมมักจะสะสมอยู่ในดิน (วงศ์พงา เส็งสาย. 2544) โครเมียมที่พบตามธรรมชาติมักอยู่ในรูปไตรวาเลนต์โครเมียม trivalent chromium (Cr^{+3}) ถึงอย่างไรก็ตามถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้พบเฮกซะวาเลนต์โครเมียม hexavalent chromium (Cr^{+6}) ได้ (ศุภมาส ด่านวิทยากุล และคณะ. 2556) แสดงว่าการที่โครเมียมในน้ำถูกดูดซึมเข้าไปในผักกระเฉดง่ายกว่าในตะกอนดิน เนื่องผักกระเฉดเป็นไม้น้ำล้มลุก ลำต้นทอดลอยเสมอผิวน้ำ ระหว่างข้อปล้องมีกระเปาะ (นม) คล้ายฟองน้ำหุ้มอยู่ทำให้ลอยน้ำได้ และเป็นพืชที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศผ่านการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยระหว่างแบคทีเรียในดินกับพืช (อังคณา สุวรรณกูฏ. 2557) และด้วยเฮกซะวาเลนต์โครเมียมนั้นมีความเป็นพิษสูง ซึ่งเกิดจากอุตสาหกรรมที่ยังคงใช้เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของโครเมียมในกระบวนการผลิต ดังนั้นก็ย่อมมีผลกับสิ่งแวดล้อม โดยที่จะส่งผลจากสัตว์ที่มากินน้ำและอาหารที่ปนเปื้อนเฮกซะวาเลนต์โครเมียมเข้าไปอาจส่งผลให้สัตว์ตายได้ ส่วนพืชนั้นก็ส่งผลที่ได้รับจากการปนเปื้อนของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์โครเมียมนั้นจะส่งผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตช้าลง ดังนั้นจึงอาจส่งผลทำให้เกิดการสะสมในสัตว์น้ำได้ปนเปื้อนในน้ำสะสมในตะกอนดิน และผักกระเฉดได้เช่นกัน ส่วนไตรวาเลนต์โครเมียมพบมากในอาหาร น้ำดื่ม และสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ เป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย (ศุภมาส ด่านวิทยากุล และคณะ. 2556) นอกจากนี้ยังมีพืชชนิดอื่นที่มีลักษณะที่คล้ายกันกับผักกระเฉด เช่นผักตบชวามีประสิทธิภาพหรือมีความสามารถดูดโลหะหนักโครเมียมได้สูง ส่วนผักกระเฉดก็สามารถดูดโครเมียมได้สูงกว่า แต่ผักบุ้งจะดูดโลหะหนักได้น้อยมากหรือไม่ดูดเลย ซึ่งสามารถนำผักบุ้งนี้มารับประทานได้อย่างปลอดภัย (กองปฐพีวิทยา. 2531) จะเห็นได้ว่าการที่ผักกระเฉดดูดโครเมียมได้ดี ก็จะส่งผลต่อการสะสมโครเมียมได้ดีในผักกระเฉดเช่นกัน ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำผักกระเฉดมารับประทานได้อย่างปลอดภัย

การประเมินความเสี่ยงจากโครเมียมที่ปนเปื้อนในผักกระเฉด มุ่งหวังเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังการบริโภคผักกระเฉด ดังนี้

การปนเปื้อนโครเมียมในผักกระเฉดพบมากในส่วนที่บริโภคได้ (ใบและลำต้น) มากกว่าส่วนที่บริโภคไม่ได้ (ปลอกหุ้มลำต้นและราก) เนื่องจากส่วนที่บริโภคได้อาจมาจากโครเมียมเคลื่อนย้ายได้ดีในท่อน้ำ (วรกาย อุส่าห์. 2541) หรือส่วนที่เป็นลำต้น และโครเมียมส่วนใหญ่ถูกเคลื่อนย้ายโดย phytoextraction (สุธินี วดีศิริศักดิ์. 2550) สำหรับความเสี่ยงที่เกิดจากการบริโภคผักกระเฉดที่มีการปนเปื้อนโครเมียมตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคผักกระเฉด พบว่าทั้งโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6})

และโครเมียมไตรวาเลนต์ (Cr^{+3}) เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตหากมีปริมาณมากเกินไป จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยหากบริโภคเข้าไปในร่างกายจะได้รับโครเมียมและสารประกอบโครเมียมโดยเฉพาะโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) จะถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารได้ดีกว่าโครเมียมไตรวาเลนต์ Cr^{+3} ถึง 3-5 เท่า ซึ่งเป็นผลจากการที่โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) สามารถซึมผ่าน cell membrane ได้ดีกว่าและโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) เป็นสารอันตรายที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารก่อมะเร็งเมื่อได้รับสารดังกล่าวเป็นเวลานานจะมีโอกาสเป็นมะเร็ง นอกจากนี้เฮกซะวาเลนต์โครเมียมยังมีอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ยังคงใช้เป็นวัตถุดิบในหลายผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงมีโอกาสที่โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) จะเกิดการปนเปื้อนในน้ำ ตะกอนดิน และผักได้ (จิระฉัตร ศรีแสน. 2555)

โครเมียมที่พบตามธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปโครเมียมไตรวาเลนต์ (Cr^{+3}) ถึงอย่างไรก็ตามถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส (ด่าง) หรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้พบโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) ได้ (ฉันทนา ผดุงทศ. 2549) ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6}) มีความเสี่ยงมากกว่าโครเมียมไตรวาเลนต์ Cr^{+3} ซึ่งปริมาณโครเมียมที่จะได้รับตลอดช่วงชีวิตจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่บริโภค ดังนั้นผู้ที่บริโภคผักกระเฉดที่อาจมีการปนเปื้อนโครเมียมอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพควรพึงตระหนักว่าโอกาสรับสารโครเมียมสู่ร่างกายได้ในระยะยาวนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการบริโภคของแต่ละบุคคล ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป็นแนวทางสื่อสารความเสี่ยงต่อสุขภาพแก่ประชาชนในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและการบริโภคผักกระเฉดเพื่อป้องกันการสัมผัสโครเมียมจากการบริโภค

ปริมาณการบริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ค่าอ้างอิงที่กำหนดให้เกิดความปลอดภัยกรณีของ Cr^{+6} และ Cr^{+3} คือ 3×10^{-3} mg/kg-day และ 1.5 mg/kg-day (IRIS. 2015) โดยผลการประเมินความเสี่ยง PTWI มีค่า เท่ากับ 0.001 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.45 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับ Cr^{+6} และ Cr^{+3} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรงและได้รับโครเมียมและสารประกอบโครเมียมจากอาหารปริมาณวันละ 30-100 ไมโครกรัม (จิระฉัตร ศรีแสน. 2555)

อย่างไรก็ตามโครเมียมที่ตรวจพบก็อยู่ในระดับที่ยอมรับให้มีได้ทั่วไปในพืช อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภคเมื่อเทียบกับปริมาณที่ยอมรับให้ปนเปื้อนในอาหารและบริโภคได้สูงสุดในแต่ละวันของ FAO/WHO

จากการสำรวจปริมาณการขายผักกระเฉดในท้องตลาด กรณีผักกระเฉด 1 กำ เท่ากับ 0.33 kg/meal น้ำหนักแห้ง ในกรณีรับประทานทุกมื้อใน 1 วัน และเมื่อเทียบกับปริมาณการบริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อสัปดาห์ กรณีของ Cr^{+6} และ Cr^{+3} เท่ากับ 0.001 Kg/day และ 0.45 Kg/day ตามลำดับ แสดงว่าใน 1 วัน รับประทานผักกระเฉด 0.001 Kg/day ซึ่งไม่มีความเสี่ยงต่อผู้บริโภค และ 0.45 Kg/day ซึ่งไม่มีความเสี่ยงต่อการบริโภคใน1 วัน ตามลำดับ แต่สำหรับ Cr^{+3} เป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายโดยทั่วไปคนเราต้องการไตรวาเลนต์โครเมียมในปริมาณ 200 ไมโครกรัมต่อวัน และโครเมียมที่ร่างกายต้องการ

เป็นโครเมียมที่อยู่ในรูปไตรวาเลนต์โครเมียมเท่านั้น (ศุภมาส ด่านวิทยากุล และคณะ. 2556) หากรับประทานมากเกินไปก็สามารถก่อให้เกินอันตรายได้เช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการวิจัยกับพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย และควรทำการวิเคราะห์โลหะหนักชนิดอื่นด้วย

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學