บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสแคดเมียมสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแคดเมียมในเลือดของมารดาและทารกแรกเกิดของทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า เลือดทารกแรกเกิดมีปริมาณแคดเมียมในเลือดต่ำกว่ามารดา ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากรก อาจเป็นตัวกั้น (barrier) ได้ดีระดับหนึ่ง ทำให้แคดเมียมไม่สามารถผ่านเข้าไปถึงทารกได้ง่ายนัก แต่จะมีบางส่วนแพร่ผ่านรกไปสู่ทารกได้ อย่างไรก็ตามการที่ทารกได้รับสัมผัสแคดเมียมตั้งแต่อยู่ในครรภ์ อาจส่งผลต่อพัฒนาการของทารกได้ เพราะฉะนั้นหญิงตั้งครรภ์จึงเป็นกลุ่มเสี่ยงที่ควรมีการเฝ้าระวังทางการสาธารณสุข และจากการศึกษาปริมาณสังกะสีในพลาสม่าและทองแดงในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบว่า ทั้งสังกะสีและทองแดง ของหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าหญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับสัมผัสแคดเมียมและมีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูง ไม่มีภาวะพร่องธาตุสังกะสีและทองแดง ในทางกลับกันพบปริมาณสังกะสีในพลาสม่าค่อนข้างสูง ซึ่งเกินปริมาณของคนปกติ อาจเนื่องมาจากบริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีการขุดเปิดหน้าดินเพื่อถลุงแร่สังกะสี จึงส่งผลให้มีปริมาณสังกะสีสะสมในสิ่งแวดล้อม และสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จึงได้รับแร่ธาตุสังกะสีจากการบริโภคอาหาร ประเภท พืช ผักและข้าว เป็นต้น

ปริมาณแคดเมียมในร่างกายอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการแข่งขันการนำเข้าสังกะสีและทองแดงรวมทั้งยังอาจเกิดจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับธาตุที่มีประจุ 2+ ชนิดอื่น ได้แก่ เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียมและแมงกานีสด้วย

อภิปรายผล

1. ปริมาณแคดเมียมในร่างกายของหญิงตั้งครรภ์

1.1 ปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ ที่ประกอบอาชีพต่างๆ

จากแบบสอบถามทำให้ทราบว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมประกอบอาชีพที่หลากหลาย ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบอาชีพแม่บ้านและค้าขาย และประกอบอาชีพอื่นๆ เช่น ธุรกิจส่วนตัว รับราชการ ทำนา ทำไร่ โรงงาน รับจ้างและนักศึกษา (ดังตาราง 9) เมื่อพิจารณาจากการประกอบอาชีพเดียวกันของหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีค่าสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมแต่เนื่องด้วยจำนวนกลุ่มประชากรที่ศึกษามีจำนวนจำกัด จึงทำให้เห็นข้อมูลไม่ชัดเจน หากมีจำนวนประชากรมากกว่านี้ อาจทำให้เห็นความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่ประกอบอาชีพที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะหญิงตั้งครรภ์ที่ประกอบอาชีพทำงานโรงงานหรือทำงานในเหมืองแร่ ซึ่งมีโอกาสได้รับสัมผัสแคดเมียมสูงกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่ประกอบอาชีพอื่น

1.2 ปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารระหว่างตั้งครรภ์

ปกติหญิงตั้งครรภ์จะมีภาวะพร่องธาตุเหล็ก แคลเซียมและวิตามินต่างๆ เนื่องจากต้องใช้สำหรับการเสริมสร้างพัฒนาการและการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ จึงต้องมีการเสริมอาหารเสริมให้แก่หญิงตั้งครรภ์ โดยเฉพาะหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม หากร่างกายมีภาวะพร่องแร่ธาตุต่างๆ อาจทำให้แคดเมียมดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น โดยเฉพาะหากร่างกายมีภาวะพร่องแร่ธาตุที่มีประจุ 2+ เช่นกัน อาจเกิดการแข่งขันในตัวขนส่ง หลายชนิด เช่น Divalent metal transporter 1 (DMT1) zinc transporter (ZnT) และ ferroportin1 (FP1) อาจส่งผลให้ได้รับแร่ธาตุที่มีประโยชน์น้อยลง (Gropper, et al., 2009; Kippler, 2007; Brzoska, 2001) และจากการศึกษาของหลายงานวิจัยพบว่าหากร่างกายมีภาวะพร่องธาตุเหล็ก จะทำให้สามารถดูดซึมแคดเมียมได้มากขึ้น (Ryu, et al., 2004; Gallagher, et al., 2011) เพราะฉะนั้นการรับประทานอาหารเสริม เช่น สังกะสี เหล็ก และแคลเซียม ในปริมาณที่มากพอต่อความต้องการของร่างกาย จะช่วยลดการนำเข้าของแคดเมียมสู่ร่างกายได้ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547)

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมผู้ที่ไม่ได้รับประทานอาหารเสริมมีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่าผู้ที่ได้รับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในระหว่างตั้งครรภ์ ส่วนกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ถึงแม้บางคนจะรับประทานอาหารเสริม ยังพบว่ามีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูง (ดังตาราง 10) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น อาจเนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ศึกษามีจำนวนน้อยเกินไป หากมีจำนวนตัวอย่างเพียงพอ จะทำให้เห็นความชัดเจนของข้อมูลมากขึ้น และข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลจากแบบสอบถามทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ามีการรับประทานอาหารเสริมจริงและไม่ทราบว่ามีการรับประทานอย่างต่อเนื่องหรือไม่ ผลการศึกษาที่ได้จึงไม่สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น

1.3 ปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่เป็นผู้สูบบุหรี่มือสอง (secondhand smoker หรือ passive smoker)

จากการศึกษาพบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม คนที่สามีสูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ มีปริมาณแคดเมียมในเลือด 0.5 µg/L และ 0.6 µg/L (ดังตาราง 11) แต่พบว่าปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะของคนที่สามีสูบบุหรี่มีค่าสูง มีค่าเท่ากับ 1.6 µg/g creatinine ส่วนคนที่สามีไม่สูบบุหรี่พบปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะ เท่ากับ 1.2 µg/g creatinine (ปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะซึ่งเป็นตัวอย่างของคนกลุ่มเดียวกัน ศึกษาโดย ธงชัย หน่อแก้ว, 2554) โดยเฉพาะหญิงตั้งครรภ์ที่สามีสูบบุหรี่ จะมีปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่สามีไม่สูบบุหรี่ เนื่องจากแคดเมียมในปัสสาวะ เป็น biomarker ที่ชี้บ่งว่าร่างกายได้รับสัมผัสแคดเมียมและสะสมเป็นเวลานาน และในบุหรี่มีแคดเมียมเป็นส่วนประกอบ จึงอาจทำให้ผู้ที่สูดดมควันบุหรี่ได้รับสัมผัสแคดเมียมจากควันบุหรี่ได้ เมื่อสูดดมเป็นเวลานานทำให้มีแคดเมียมสะสมในร่างกายสูง ส่วนกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมพบว่าปริมาณแคดเมียมในเลือดสูง ทั้งกลุ่มที่สามีสูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ ซึ่งคนที่สามีสูบบุหรี่มีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่าคนที่สามีไม่สูบบุหรี่ 2 เท่า (ดังตาราง 12) และปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะของหญิงตั้งครรภ์ที่สามีสูบบุหรี่ และหญิงตั้งครรภ์ที่สามีไม่สูบบุหรี่ เท่ากับ 2.6 µg/g creatinine และ 2.1 µg/g creatinine ตามลำดับ (ปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะซึ่งเป็นตัวอย่างของคนกลุ่มเดียวกัน ศึกษาโดย ธงชัย หน่อแก้ว, 2554) เป็นที่สังเกตว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมที่สามีไม่สูบบุหรี่ มีปริมาณแคดเมียมในเลือดและปัสสาวะสูง และคนที่สามีสูบบุหรี่มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าคนที่สามีไม่สูบบุหรี่ 2 เท่า อาจเนื่องมาจากหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม มีโอกาสได้รับสัมผัสแคดเมียมได้หลายทางทั้งการได้รับสัมผัสจากควันบุหรี่ และปัจจัยหลักของการได้รับสัมผัสแคดเมียมของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม อาจมาจากการบริโภคอาหาร พืช ผักที่ปลูกในพื้นที่และสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และมาจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhuang ปี 2009 ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงของการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคพืชและผักที่ปลูกบริเวณใกล้เคียงกับเหมืองแร่ทางตอนใต้ของประเทศจีน พบว่า แคดเมียมและสังกะสีสะสมอยู่ในดินมาก และสามารถถ่ายทอดจากดินสู่พืชเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ส่งผลให้ประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง อาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคพืชและผักได้ (Zhuang, 2009)

1.4 ปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

จากการศึกษาพบว่าปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) จากตาราง 13 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมถึง 2 เท่า เมื่อนำปริมาณแคดเมียมในเลือดที่ตรวจวิเคราะห์ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณแคดเมียมในเลือดของคนปกติ reference levels ซึ่งกำหนดให้ปริมาณแคดเมียมในเลือดของคนปกติไม่ควรเกิน 1 µg/ L (Pizent, et al., 2003; Higashikawa, et al., 2000; Nordberg, et al., 2007) จากการเก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม จำนวน 25 ราย พบปริมาณแคดเมียมในเลือด มากกว่า 1 µg / L จำนวน 3 ราย คิดเป็น 12 % ปริมาณแคดเมียมในเลือด อยู่ในช่วง (1.4 ถึง 2.2 µg / L) และกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม จำนวน 22 ราย พบปริมาณแคดเมียมในเลือด มากกว่า 1 µg / L จำนวน 11 ราย คิดเป็น 50 % ปริมาณแคดเมียมในเลือด อยู่ในช่วง (1.0 ถึง 3.7 µg / L) จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม มีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่าค่าปกติ มากกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ถึง 38 % และจากข้อมูลของกลุ่มวิจัยแคดเมียม ซึ่งได้ทำการศึกษาโดย ธงชัย หน่อแก้ว ปี 2554 พบว่า ปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะและเนื้อเยื่อรกของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม สูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ธงชัย หน่อแก้ว, 2554) แสดงให้เห็นว่า

หญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสแคดเมียมมากกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

1.5 เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเลือดของมารดาและทารกแรกเกิด

จากการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดมารดาและทารกแรกเกิดของหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ทารกแรกเกิดมีปริมาณแคดเมียมในเลือดต่ำกว่ามารดา ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ดังตาราง 14) อาจเนื่องมาจากรกอาจเป็นตัวกั้น (barrier) ได้ดีระดับหนึ่ง ทำให้แคดเมียมไม่สามารถผ่านเข้าไปถึงทารกได้ง่ายนัก แต่จะมีบางส่วนแพร่ผ่านรกไปสู่ทารกได้ (Klaassen, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Osman ปี 2000 ได้ศึกษาปริมาณแคดเมียมในเลือดแม่และปริมาณแคดเมียมใน cord blood ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 µg / L และ 0.02 µg / L ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการตรวจพบแคดเมียมในเลือดทารกแรกเกิดแสดงว่าทารกแรกเกิดได้รับสัมผัสแคดเมียมตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา (early life exposure) ซึ่งแคดเมียมมีค่าครึ่งชีวิต 10-30 ปี (Jarup, 2002) จึงสามารถสะสมอยู่ในร่างกายยาวนานและเด็กที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสแคดเมียมอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลให้มีปริมาณแคดเมียมสูงเช่นเดียวกับมารดาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ได้

2. ปริมาณทองแดงในร่างกายของหญิงตั้งครรภ์

2.1 ปริมาณทองแดงในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบปริมาณทองแดงในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและกลุ่มที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มีภาวะพร่องทองแดง ดังตาราง 15 ผลการศึกษาวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang ซึ่งได้ศึกษาระดับทองแดงในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่มีสุขภาพดี พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ เท่ากับ 36-42 สัปดาห์ มีปริมาณทองแดงในเลือดค่ากลาง (median) เท่ากับ 1.45 (พิสัย 0.45-2.32) mg/L (Zhang, et al., 2013) และการศึกษาของ Perveen พบทองแดงในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 34-37 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ย ± SD เท่ากับ 1.6 ± 0.4 mg/L และในปี 2006 Walker, et al. ได้ศึกษาปริมาณทองแดงในพลาสม่าของหญิงที่มาคลอดบุตร พบปริมาณทองแดงเฉลี่ยในพลาสม่า เท่ากับ 2.1 mg/L (Perveen, et al., 2002) และ Kantola พบว่า ปริมาณทองแดงในซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ในช่วง 3 เดือนแรก ทั้งกลุ่มที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่มีค่า เท่ากับ 1.76 ± 0.4 mg/L และ 1.69±0.27 mg/L ตามลำดับ ($P = 0.573$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วงที่คลอดลูก พบว่า ปริมาณทองแดงใน

ซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่มีค่า เท่ากับ 2.34 ± 0.59 mg/L และ 2.31 ± 0.6 mg/L ตามลำดับ (Kantola, et al., 2000) และ Alebic-Juretic และ Frkovic ได้ทำการศึกษาปริมาณทองแดงในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่มีสุขภาพดี ในปี 2005 พบว่า ปริมาณทองแดงในหญิงตั้งครรภ์สูงกว่าหญิงปกติทั่วไป โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ไตรมาส ผลการศึกษาพบว่าปริมาณทองแดงในพลาสม่า ไตรมาสที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย ± SD เท่ากับ 1.7 ± 0.5 mg/L 2.0 ± 0.5 mg/L และ 2.1 ± 0.4 mg/L ส่วนหญิงที่ไม่ได้ตั้งครรภ์ มีปริมาณทองแดงในพลาสม่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.2-1.3 mg/L (Alebic-Juretic และ Frkovic, 2005) และในปี 1996 Songchitsomboom และ Komindr ได้ทำการศึกษาปริมาณทองแดงในซีรั่มของคนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ที่มีสุขภาพดี จำนวน 312 คน มีอายุระหว่าง 20-80 ปี พบปริมาณทองแดงในซีรั่มทั้งของเพศชายและเพศหญิงมีค่าเฉลี่ย ± SD เท่ากับ 1.14 ± 0.18 mg/L ส่วนแยกตามเพศ เพศชายและเพศหญิงมีปริมาณทองแดงในซีรั่มเฉลี่ย ± SD เท่ากับ 1.08 ± 0.18 mg/L และ 1.18 ± 0.17 mg/L ตามลำดับ (Kouremenou-Dona, et al., 2006)

จากการศึกษาพบว่าหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณทองแดงสูงกว่าคนปกติ (ปริมาณทองแดงของคนปกติ เท่ากับ 0.7-1.6 mg/L) (Moffat, et al., 2004) ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัย เนื่องจากหญิงตั้งครรภ์มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงทำให้มีการสังเคราะห์เซลลูโลพลาสมินเพิ่มขึ้น ซึ่งเซลลูโลพลานมินในพลาสม่าจับกับทองแดงได้มากถึง 90% และเก็บสะสมไว้ในตับ และหญิงตั้งครรภ์สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายผ่านทางท่อน้ำดีได้น้อยลง จึงส่งผลให้หญิงตั้งครรภ์มีปริมาณทองแดงในร่างกายสูงกว่าคนปกติ

2.2 **เปรียบเทียบระหว่างปริมาณทองแดงในพลาสม่าของมารดาและทารกแรกเกิด**

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณทองแดงในพลาสม่าของมารดาและทารกแรกเกิด พบว่า ปริมาณทองแดงในพลาสม่าของมารดาสูงกว่าทารกแรกเกิด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตาราง 16 จากผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Uauy, et al. พบว่าปริมาณทองแดงของเด็กทารกที่มีอายุ 7 วัน อยู่ในช่วง 0.3 - 0.5 mg/L (Uauy, et al., 1998) และจากการศึกษาของ Perveen, et al. พบปริมาณทองแดงในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 34-37 สัปดาห์ และทารกแรกเกิด ค่าเฉลี่ย ± เท่ากับ 1.6 ± 0.4 mg/L และ 0.3 ± 0.1 mg/L และเมื่อปี 2006 Walker, et al. ได้ศึกษาปริมาณทองแดงในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่มาคลอดบุตรและทารก พบว่า มีปริมาณทองแดงในพลาสม่า เฉลี่ยเท่ากับ 2.1 mg/L และ 0.4 mg/L ตามลำดับ (Perveen, et al., 2002) และการที่ปริมาณทองแดงในพลาสม่าของมารดาสูงกว่าปริมาณทองแดงในพลาสม่าของทารกแรกเกิด อาจเนื่องมาจากทางเดียวที่เด็กทารกในครรภ์

จะได้รับทองแดงจากมารดาคือการได้รับผ่านทางรก ซึ่งอาจเกิดการแข่งขันการนำเข้ากับแร่ธาตุชนิดอื่น ทั้งที่มีประโยชน์และโทษที่มีประจุ 2^+ ด้วยกัน เช่น สังกะสี แมงกานีส แคลเซียม โดยเฉพาะโลหะแคดเมียม ซึ่งเป็นโลหะที่มีความเป็นพิษ และเนื่องจากทารกแรกเกิดสังเคราะห์เซลลูโลพาสมินได้น้อย จึงทำให้มีการสะสมของทองแดงที่ตับน้อย และมีการขับทองแดงผ่านทางท่อน้ำดีอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ทารกแรกเกิดจะมีปริมาณทองแดงในพลาสม่าต่ำ แต่ภายใน 6 เดือน ร่างกายจะสังเคราะห์เซลลูโลพลาสมิน เพื่อมาจับกับทองแดงและสะสมไว้ในตับได้ จึงไม่ส่งผลเสียต่อทารกแรกเกิด (Uauy, et al., 1998)

3. ปริมาณสังกะสีในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบปริมาณสังกะสีในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์กลุ่มที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และกลุ่มที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตาราง 17 และไม่มีภาวะพร่องสังกะสี ซึ่งปริมาณสังกะสีในพลาสม่าสูงกว่าคนปกติ (ปริมาณสังกะสีของคนปกติ เท่ากับ 0.7-1.6 mg/L) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Zhang ที่ได้ศึกษาปริมาณสังกะสีในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ของประเทศจีน พบปริมาณสังกะสีในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 36-42 สัปดาห์ ค่ากลาง (median) เท่ากับ 5.44 mg/L (Zhang, 2013) และในปี 2000 Raghunath, et al. ได้ศึกษาปริมาณสังกะสีในเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่มาคลอดบุตร เมืองมุมไบ ประเทศอินเดีย พบสังกะสี ในเลือดเท่ากับ 6.3 mg/L ซึ่งมีระดับสังกะสีในเลือดสูง (Raghunath, 2000) เช่นกัน แต่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Reyes, et al. (2000) ซึ่งได้ศึกษาปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงจำนวน 3 กลุ่ม คือ หญิงที่ไม่ได้ตั้งครรภ์หญิงที่ตั้งครรภ์ระยะ 27-32 สัปดาห์ และหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์มากกว่า 36 สัปดาห์ พบปริมาณสังกะสีในซีรั่ม เท่ากับ 1.29 ± 0.21 mg/L 1.06 ± 0.33 mg/L และ 1.17 ± 0.24 mg/L ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์มีปริมาณน้อยกว่าหญิงที่ไม่ได้ตั้งครรภ์และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Reyes, et al., 2000) ในปี 2000 Kantola, et al. ได้ศึกษาปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 3 เดือน ที่ไม่สูบบุหรี่และสูบบุหรี่ พบว่า ปริมาณสังกะสีในซีรั่ม เท่ากับ 0.93 ± 0.22 mg/L และ 0.91 ± 0.11 mg/L ตามลำดับ ($p= 0.459$) แสดงว่าปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ไม่มีความแตกต่างกัน และปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ในช่วงก่อนคลอดลูกมีค่าเท่ากับ 0.68 ± 0.19 mg/L และ 0.68 ± 0.22 mg/L ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีของหญิงตั้งครรภ์ช่วงก่อนคลอดมีปริมาณน้อยกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 3 เดือน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (kantola, et al., 2000) และจาก

การศึกษาของ Walker พบปริมาณสังกะสีในพลาสม่าของหญิงที่มาคลอดบุตร เท่ากับ 0.6 mg/L (Walker, 2006) จากการศึกษาหลายงานวิจัย พบว่า ปริมาณสังกะสีในพลาสม่าหรือซีรั่มของหญิงตั้งครรภ์ โดยมากจะลดลงจากภาวะปกติ เนื่องจากขณะตั้งครรภ์ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน ที่สำคัญสังกะสีเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างพัฒนาการและการเจริญเติบโตของเด็กทารกในครรภ์ (Popko, et al., 2003; Pathak and Kapil., 2004; Reyes, et al., 2000; Perveen, et al., 2002) จากการทำวิจัยครั้งนี้ไม่พบภาวะพร่องสังกะสีแต่กลับพบว่าปริมาณสังกะสีในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าสูงกว่าค่าของคนปกติ อาจเนื่องมาจากพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีการถลุงแร่สังกะสี และจากข้อมูลการศึกษาวิจัยร่วมระหว่างองค์การนานาชาติศึกษาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและดินสหภาพยุโรป (IWMI: International Water Management Institute) กับกรมวิชาการเกษตร เมื่อปี พ.ศ.2548 พบว่า ดินในบริเวณที่มีการถลุงแร่สังกะสี บริเวณบ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีปริมาณแคดเมียมและสังกะสี 0.5 ถึง 284 mg/kg และ 100 ถึง 8,036 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าระดับแคดเมียมและสังกะสีในดินของประเทศไทย 1,800 และ 114 เท่า ตามลำดับ (Simmons, et al., 2005) และในปี 2009 Zhuang ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงของการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคพืชและผักที่ปลูกบริเวณใกล้เคียงกับเหมืองแร่ทางตอนใต้ของประเทศจีน พบว่า แคดเมียมและสังกะสีสะสมอยู่ในดินมากและสามารถถ่ายทอดจากดินสู่พืชเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ส่งผลให้ประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงอาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคพืชและผักได้ โดยเรียงลำดับการสะสมของโลหะหนักในพืช Cd > Zn > Cu > Pb โดยเฉพาะธาตุสังกะสีสามารถสะสมมากในผักหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกาดหอม เผือก แครอท และค่าประมาณการการได้รับโลหะจากการบริโภคอาหาร (Estimated Dietary Intakes; EDI) โดยคำนวณจากการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารของผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับการทำเหมืองแร่เรียงลำดับได้ดังนี้ Zn > Cu > Pb > Cd (Zhuang, el al., 2009) และในปี 2006 Bi, et al. ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสังกะสีในข้าวโพดของพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณเหมืองแร่สังกะสี พบว่า มีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Bi, et al., 2006) และจากการศึกษาของ Yang, et al. ปี 2008 พบความสัมพันธ์เชิงบวกของโลหะหนัก Cd และ Zn ในดินและข้าวของพื้นที่ที่มีการถลุงแร่สังกะสี ซึ่งประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงอาจเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคอาหาร เช่น ข้าว เป็นต้น (Yang, et al., 2008) จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีการถลุงแร่สังกะสี ทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักในดิน โดยเฉพาะสังกะสีและแคดเมียม ซึ่งเป็นผล

พลอยได้จากการถลุงแร่สังกะสี และโลหะในดินสามารถถ่ายทอดไปสู่พืชเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร โดยเฉพาะ พืช ผักต่างๆ เมื่อประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงบริโภคอาหารเหล่านี้ อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสโลหะมากกว่าพื้นที่อื่น และในปี 1996 Songchitsomboom และ Komindr ได้ทำการศึกษาปริมาณสังกะสีในซีรั่มของคนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครที่มีสุขภาพดี จำนวน 312 คน มีอายุระหว่าง 20-80 ปี ปริมาณสังกะสีในซีรั่มของคนกลุ่มเดียวกันรวมทั้งเพศชายและเพศหญิง มีค่าเฉลี่ย ± SD เท่ากับ 0.83 ± 0.13 mg/L และปริมาณสังกะสีในซีรั่มของเพศชายและเพศหญิง มีค่าเท่ากับ 0.83 ± 0.14 mg/L และ 0.79 ± 0.15 mg/L ตามลำดับ (Kouremenou-Dona, et al., 2006) ต่อมา เมื่อปี 2006 Boonsiri, et al. ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณสังกะสีในซีรั่มของคนที่อาศัยอยู่ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มหาสารคาม พบว่า ปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงที่มีอายุระหว่าง 20 ถึง 75 ปี จำนวน 449 คน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 ± 0.22 mg/L และปริมาณสังกะสีในซีรั่มของหญิงที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 0.01 mg/L (Boonsiri, et al., 2006) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ปริมาณสังกะสีในซีรั่มของคนไทยที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อื่น เช่น แถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรุงเทพมหานคร อยู่ในเกณฑ์ที่ปกติ

4. ความสัมพันธ์

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดของมารดาและทารกแรกเกิด

จากภาพ 7 พบแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดมารดาต่อปริมาณทารกแรกเกิด อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ของกลุ่มที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม แสดงให้เห็นว่าหากมารดาได้รับสัมผัสแคดเมียมในปริมาณที่สูงอาจส่งผลให้ทารกแรกเกิดได้รับสัมผัสแคดเมียมตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา ถึงแม้รกจะสามารถกั้นไม่ให้แคดเมียมผ่านไปยังทารกได้ง่าย แต่แคดเมียมก็สามารถแย่งจับและแข่งขันในตัวขนส่งเพื่อเข้าไปสู่ทารกในครรภ์ได้เช่นกัน เพราะฉะนั้นเด็กที่อาศัยอยู่ในพื้นที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสแคดเมียมตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดาและอาจส่งผลในระยะยาวเพราะแคดเมียมมีค่าครึ่งชีวิตยาวนาน (10-30 ปี) (Jarup, 2002; Nordberg, et al., 2007) และหากได้รับสัมผัสอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะจากการปนเปื้อนในอาหาร น้ำ และสิ่งแวดล้อม อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาวได้ ส่วนมารดาและทารกแรกเกิดกลุ่มที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบความสัมพันธ์เชิงลบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังภาพ 8

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดและปริมาณสังกะสีและทองแดงในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดและปริมาณทองแดงในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดต่อปริมาณทองแดงในพลาสม่า ดังภาพ 9 ส่วนกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ดังภาพ 10 พบแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดและปริมาณสังกะสีในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเลือดต่อปริมาณสังกะสีในพลาสม่า ดังภาพ 11 ส่วนกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เช่นกัน ดังภาพ 12

เนื่องจากแคดเมียม สังกะสีและทองแดงเป็นธาตุมีประจุ 2+ เช่นกัน อาจเกิดการแข่งขันในตัวขนส่งหลายชนิด เช่น Divalent metal transporter 1 (DMT1), zinc transporter (ZnT) และ ferroportin1 (FP1) โดยเฉพาะ Divalent metal transporter 1 (DMT1) ซึ่งเป็นตัวขนส่งหลักของธาตุที่มีประจุ 2+ ซึ่งแคดเมียมสามารถแย่งจับได้ดีเนื่องจากมี affinity สูง เมื่อเทียบกับสังกะสีและทองแดง (Brzoska, 2001; Gropper, et al., 2009; Cherian, et al., 2003; Thirumoorthy, et al., 2011; Takahashi, 2012) และแคดเมียมสามารถแย่งจับกับโปรตีน metallothionein ในการลำเลียงสังกะสีและทองแดงเข้าสู่ร่างกาย จึงส่งผลให้สังกะสีและทองแดงดูดซึมได้น้อยลง (Klaassen, et al., 1999) และหากร่างกายได้รับสัมผัสแคดเมียมจะเหนี่ยวนำให้เกิดการสังเคราะห์ โปรตีน metallothionein เพื่อกำจัดความเป็นพิษ (Cherian, et al., 2003; Thirumoorthy, et al., 2011; Takahashi, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลออรัตน์ เวชกุล กลุ่มวิจัยโลหะซึ่งตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน พบว่า การแสดงออกของ metallothionein-1A และ 2A ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ทั้งในระดับ mRNA และ protein (ลออรัตน์ พัวพิทยาเลิศ, 2556)

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีและปริมาณทองแดงในพลาสม่าของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์

จากภาพ 13 พบแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างปริมาณทองแดงและสังกะสีในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ส่วนกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณสังกะสีและปริมาณทองแดงในพลาสม่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ดังภาพ 14 จากหลายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สังกะสีและทองแดงเป็นตัว Inhibit ซึ่งกันและกัน หากร่างกายได้รับสังกะสีมากจะทำให้การดูดซึมทองแดงลดลง (Gropper, et al., 2009; Fisher, et al., 1984) และจากผลการศึกษาในครั้งนี้ ถึงแม้จะมีปริมาณสังกะสีในพลาสม่าสูง แต่ไม่พบภาวะการพร่องทองแดง อาจเนื่องมาจากหญิงตั้งครรภ์ มีภาวะทองแดงสูงกว่าปกติ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน จึงทำให้หญิงตั้งครรภ์ ทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณทองแดงในเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติและไม่มีภาวะพร่องทองแดง การตั้งครรภ์มีการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน เช่น มีระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนสูง จึงทำให้มีการสังเคราะห์เซรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ในเลือดมากขึ้น โดย 90 % ของทองแดงจับกับเซรูโลพลาสมิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นในตับและในหญิงตั้งครรภ์ จึงส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์เซรูโลพลาสมินเพิ่มขึ้น จึงทำให้ทองแดงสะสมมากที่ตับมากขึ้น (Alebic-Juretic and Frkovic, 2005) หญิงตั้งครรภ์จึงไม่มีภาวะพร่องทองแดงถึงแม้จะมีระดับสังกะสีในพลาสม่าสูงก็ตาม

5. ผลของปริมาณแคดเมียม สภาวะของสังกะสีและทองแดงในร่างกายต่อน้ำหนักตัวของทารก

จากข้อมูลที่ได้พบว่าน้ำหนักตัวลูกของหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวมากกว่า 2,500 กรัม ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานน้ำหนักตัวเด็กแรกเกิด ไม่ควรต่ำกว่า 2,500 กรัม (สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2550) ถึงแม้น้ำหนักตัวลูกของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในระยะยาวหากทารกได้รับสัมผัสแคดเมียมตั้งแต่อยู่ในครรภ์อาจส่งผลต่อพัฒนาการและความผิดปกติของร่างกายและหากได้รับสัมผัสแคดเมียมอย่างต่อเนื่อง เช่น ทางการรับประทานอาหาร หรือได้รับจากสิ่งแวดล้อม อาจส่งผลในระยะยาวให้เกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคไตวาย โรคกระดูกพรุน โรคมะเร็ง โรคอิไต อิไต ได้

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม มีปริมาณแคดเมียมในเลือดสูงกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธงชัย ซึ่งตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างของหญิงตั้งครรภ์กลุ่มเดียวกัน พบว่า มีปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะและเนื้อเยื่อรกของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ธงชัย หน่อแก้ว, 2554) และสอดคล้องกับงานวิจัยของลออรัตน์ เวชกุล เป็นกลุ่มวิจัยโลหะซึ่งตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างของหญิงตั้งครรภ์กลุ่มเดียวกัน พบว่า การแสดงออกของ metallothionein-1A และ 2A ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่า กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ทั้งในระดับ mRNA และ protein (ลออรัตน์ พัวพิทยาเลิศ, 2556) จากข้อมูลดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vesey พบว่า หากร่างกายได้รับสัมผัสแคดเมียมจะเหนี่ยวนำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน

metallothionien เพื่อช่วยลดความเป็นพิษ (Vesey, 2010) โดยเฉพาะบริเวณ ลำไส้เล็ก ตับและไต ซึ่งโปรตีน metallothionien เป็นโปรตีนที่มีหมู่ sulfhydyl (-SH group) เป็นองค์ประกอบอยู่มาก จึงมี affinity สูงกับโลหะ ในภาวะปกติ โปรตีนชนิดนี้จะมีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณของสังกะสีและทองแดงให้อยู่ในระดับปกติ และจะเก็บสะสมทองแดงและสังกะสีไว้ส่วนมากเก็บไว้ในตับและไต แต่หากร่างกายได้รับแคดเมียมอาจเกิด การแย่งจับและเข้าแทนที่สังกะสีและทองแดง จึงอาจทำให้แคดเมียมถูกลำเลียงไปยังบริเวณอวัยวะต่างๆ ได้ เช่นบริเวณตับและไต และเมื่อแคดเมียมเข้าแทนที่สังกะสีและทองแดงซึ่งเป็นโคเฟกเตอร์ของเอนไซม์ต่างๆ อาจทำให้การทำงานของเอนไซม์นั้นไม่สมบูรณ์ (Braoska, 2001) และแคดเมียมสามารถแข่งขันในตัวขนส่ง หลายชนิด เช่น Divalent metal transporter 1 (DMT1), zinc transporter (ZnT) และ ferroportin1 (FP1) โดยเฉพาะแร่ธาตุที่ประจุ 2+ เช่นเดียวกับแคดเมียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ทองแดง สังกะสี เหล็ก แคลเซียม เข้าสู่เซลล์ การที่หญิงตั้งครรภ์อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสแคดเมียมสูงกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน แคดเมียม และการที่ได้รับแร่ธาตุที่มีประโยชน์และมีโทษ อาจเกิดการแข่งขันในตัวขนส่งในการนำเข้าแร่ธาตุ ต่างๆ ในร่างกายได้ และอาจทำให้หญิงตั้งครรภ์เกิดภาวะพร่องแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย (Kippler, 2007; Brzoska, 2001) แต่จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าหญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีภาวะพร่องสังกะสี และทองแดง อาจเนื่องมาจากหญิงตั้งครรภ์มีการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน เช่น มีระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนสูง จึงทำให้มีการสังเคราะห์เซรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ในเลือดมากขึ้น โดย 90 % ของทองแดงมักจับกับ เซรูโลพลาสมิน จึงทำให้มีทองแดงสะสมมากที่ตับ (Alebic-Juretic and Frkovic, 2005) และถูกลำเลียงไปในกระแสเลือดเพื่อส่งไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ส่วนมากจะไม่พบภาวะพร่องทองแดงในหญิงตั้งครรภ์ (Zhang, 2013; Perveen, et al., 2002; Alebic-Juretic and Frkovic, 2005) ส่วนกรณีของสังกะสีไม่พบภาวะพร่องสังกะสีเช่นกัน อาจมีเหตุผลหลายประการ ประการแรก เนื่องจากโดยปกติแล้วหญิงตั้งครรภ์มีการสังเคราะห์โปรตีน albumin ในปริมาณสูง จึงทำให้จับกับสังกะสีได้มากขึ้น จึงทำให้สังกะสีดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Perveen พบความสัมพันธ์ระหว่าง plasma albumin และสังกะสีในพลาสม่าของหญิงตั้งครรภ์ (Perveen, 2002) และเมื่อร่างกายได้รับสัมผัสแคดเมียม จะเหนี่ยวนำให้สังเคราะห์ โปรตีน metallothionein จึงทำให้ สังกะสี ที่เป็นไอออนอิสระมาจับกับ metallothionein และเก็บสะสมไว้ส่วนมากเก็บไว้ในตับและไต (Brzoska, 2001) และเหตุผลประการที่สอง อาจเนื่องมาจาก บริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีการขุดเปิดหน้าดินเพื่อถลุงแร่สังกะสี จึงส่งผลให้มีปริมาณสังกะสีสะสม ในสิ่งแวดล้อม และสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จึงได้รับแร่ธาตุสังกะสี จากการบริโภคอาหาร ประเภท พืช ผักและ ข้าว เป็นต้น และเหตุผลอีกประการหนึ่งปริมาณแคดเมียม ในร่างกายอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการแข่งขันการนำเข้าสังกะสีและทองแดงรวมทั้งยังอาจเกิดจาก

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับธาตุที่มีประจุ 2+ ชนิดอื่น ได้แก่ เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียมและแมงกานีสด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลออรัตน์ พบว่าการแสดงออกของ calcium channel alpha 1C (CACNA1C) ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมนั้นสูงกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ทั้งในระดับ mRNA และ protein (ลออรัตน์ พัวพิทยาเลิศ, 2556) และงานวิจัยของธงชัย หน่อแก้ว พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีภาวะโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็กเป็น 2 เท่าของหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและพบว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีปริมาณแคลเซียมในรกลดลงประมาณ 2.6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม (ธงชัย หน่อแก้ว, 2554)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดของงานวิจัย คือ ตัวอย่างประชากรที่ศึกษาเป็นตัวอย่างเลือดของหญิงตั้งครรภ์ที่มาคลอดบุตรและเลือดของทารกแรกเกิด ซึ่งมีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเพียง 5 เดือน จึงทำให้จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนน้อย ประกอบกับพื้นที่การเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ติดกับชายแดน หญิงตั้งครรภ์ที่มาคลอดบุตรจึงมีทั้งชาวไทยและชาวพม่า จึงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างของชาวพม่าได้ เนื่องจากไม่ได้ขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ให้ครอบคลุมถึงคนพม่า และข้อจำกัดอีกประการหนึ่ง คือ ไม่มีค่าอ้างอิง (reference value) ระดับโลหะของคนไทยทั้งในและนอกพื้นที่ โดยเฉพาะในหญิงตั้งครรภ์ซึ่งเป็นกลุ่มพิเศษที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในร่างกายแตกต่างจากคนปกติ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า จำนวนตัวอย่างที่ศึกษาวิจัยมีจำนวนจำกัดโดยเฉพาะตัวอย่างที่เป็นเลือดของทารกแรกเกิด จึงทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมารดาและทารกไม่ชัดเจน ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อให้มีจำนวนตัวอย่างเพียงพอต่อการคำนวณ จะทำให้เห็นข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น หากมีการศึกษาวิจัยในลักษณะนี้ ควรมีการวางแผนเรื่องการเก็บตัวอย่างให้มีจำนวนมากพอ และการศึกษาวิจัยในพื้นที่ติดกับชายแดนต้องพิจารณาถึงจริยธรรมในการศึกษาให้ครอบคลุมกับหญิงตั้งครรภ์ชาวต่างชาติที่มาคลอดบุตรที่โรงพยาบาล เพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างที่เพียงพอสำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ จะได้ข้อมูลที่มีความชัดเจนและน่าเชื่อถือ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ได้และเสนอแนะให้หน่วยงานต่างๆ ที่รับผิดชอบทางด้านการหาค่าอ้างอิงโลหะในมนุษย์ของประเทศ หาค่าอ้างอิงโลหะในคนไทยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอ้างอิงปริมาณโลหะของคนไทย โดยเฉพาะโลหะที่มีความเป็นพิษสูง และมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นข้อมูลเป็นการเฝ้าระวังทางด้านสุขภาพของประชาชนต่อไป