บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของปรอทและซีลีเนียมในตัวอย่างข้าวทั้งหมด จำนวน 122 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวเจ้าชนิดละ 46 ตัวอย่าง และข้าวสารและข้าวกล้อง ของข้าวเหนียวชนิดละ 15 ตัวอย่าง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1-4.2 สำหรับตารางที่ 4.3 แสดงถึงช่วงปริมาณค่าเฉลี่ยรวมทั้งค่าระดับมูลฐานของธาตุทั้งสองในตัวอย่างข้าว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของธาตุทั้งสองในข้าวและอาหารที่รายงานไว้ในต่างประเทศ (ตารางที่ 5.1) จะเห็นได้ว่า ผลการวิจัยนี้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าทั้งปรอทและซีลีเนียม โดยเฉพาะซีลีเนียมที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่ามาก ซึ่งอาจสรุปได้ว่าข้าวภายในประเทศไทยยังไม่มีการเปรอะเปื้อนด้วยสารปรอทและซีลีเนียม และค่าของธาตุทั้งสองที่วิเคราะห์ได้อยู่ในระดับปกติตามธรรมชาติ

อนึ่ง ข้าวนั้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

ก. เปลือก ซึ่งเป็นเยื่อแข็งหุ้มภายนอก

ข. Germ หรือ Embryo ซึ่งเป็นส่วนเล็กที่ติดอยู่ทางปลายหนึ่งของเมล็ดข้าว ถ้าเอาส่วนนี้ออกจะเป็นรอยหว่างคล้ายเป็นบ่า

ค. เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย Pericarp อยู่ข้างนอกและ Aleurone layer อยู่ข้างใน

ง. เมล็ดใน (endosperm) ซึ่งประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 5.1 ปริมาณของปรอทและซีลีเนียมในข้าวและอาหารที่รายงานไว้ในต่างประเทศ

ประเภทของตัวอย่าง	หน่วย (คิดตามน้ำหนักสด)	ปรอท	เอกสารอ้างอิง (ปรอท)	ซีลีเนียม	เอกสารอ้างอิง (ซีลีเนียม)
อาหารประจำวัน :					
สหรัฐอเมริกา	มิลลิกรัม/วัน	0.043 - 0.107	73	0.06 - 0.15	7
ยุโรปตะวันตก	มิลลิกรัม/วัน	0.007 - 0.01	74,75	0.2	74
อาหารที่มีพิษ	มิลลิกรัม/วัน	0.3 - 0.5	73	5	8
ปริมาณที่รับประทานแล้วเป็นอันตรายทันที	มิลลิกรัม	150 - 300	8	70 - 500	8
เกณฑ์สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในอาหารประจำวัน	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.5	73	3	8
ข้าวเจ้า :					
ญี่ปุ่นและเกาหลี	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.02 - 1	76,77		
ที่อื่น ๆ	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.004 - 0.015	75	0.13 - 0.4	78
ข้าวสาลี	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.003 - 0.018	67	0.19 - 1	7
ผักและผลไม้	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.001 - 0.13	8	0.004- 1.5	7,78

ข้าวกล้องคือข้าวที่ได้สีเอาเปลือกออกแล้ว เปลือกข้าวที่หลุดออกไปเป็นส่วนที่เรียกว่า แกลบ ตัวข้าวกล้องนี้จะยังมี Embryo, Pericarp และ Aleurone layer อยู่ ถ้านำข้าวกล้องมาขัดขาวจะได้ข้าวขาวหรือที่เรียกว่าข้าวสาร โดย Embryo และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวจะหลุดออกไปในส่วนที่เรียกว่า รำ เหลือแต่เมล็ดในซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการสีและการขัดขาวด้วย

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 เห็นได้ชัดว่า ช่วงปริมาณค่าเฉลี่ยรวมทั้งค่าระดับมูลฐานของซีลีเนียมและปรอทในข้าวกล้องสูงกว่าในข้าวสารทั้งชนิดข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Furutani และ Osajima (79) Goto และ Sato (80) และ Tomizawa และคณะ (77) แต่ปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในการวิจัยนี้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า โดยเฉลี่ยแล้วทั้งในข้าวเจ้าและข้าวเหนียวปริมาณปรอทและซีลีเนียมในข้าวกล้องมีมากกว่าในข้าวสาร ประมาณ 0.002 และ 0.01 ไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ค่าดังกล่าวแสดงถึงค่านัยสัมพันธ์ที่คาดว่า น่าจะมีอยู่ในส่วนที่เป็น Embryo และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหรือในส่วนที่เรียกว่า รำนั่นเอง ซึ่งนับว่ามีความสำคัญเช่นกัน เพราะมีการนำรำไปใช้ผสมทำเป็นอาหารสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ หมู และปลา เป็นต้น และมนุษย์จะได้รับธาตุทั้งสองจากการบริโภคเนื้อสัตว์ในลักษณะที่เป็นลูกโซ่อาหาร นอกจากนี้มนุษย์ยังอาจได้รับโดยตรงจากการใช้น้ำมันรำ น้ำมันพืชอีกด้วย และเนื่องจากทั้งข้าวสารและข้าวกล้องใช้บริโภคได้ ดังนั้นการบริโภคข้าวกล้องจะทำให้ผู้บริโภคได้รับธาตุดังกล่าวมากกว่าการบริโภคข้าวสาร ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับแร่ธาตุอื่น ๆ ส่วนใหญ่ที่จะมีในข้าวกล้องมากกว่าข้าวสาร ในทำนองเดียวกัน จากตารางที่ 4.3 นี้ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทและซีลีเนียมในข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวเหนียวสูงกว่าในข้าวเจ้าเล็กน้อย การบริโภคข้าวเหนียวจึงมีโอกาสที่จะได้รับธาตุดังกล่าวมากกว่า อย่างไรก็ตาม ชาวนาส่วนใหญ่ผลิตข้าวเจ้า ผลผลิตข้าวเหนียวของประเทศภายในปีหนึ่ง ๆ มีประมาณร้อยละ 30 ของข้าวทั้งหมด ในแง่โภชนศาสตร์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีคุณค่าทางอาหารคล้ายกันความแตกต่างอยู่ที่กลิ่นรสและความเหนียวร่วน ดินที่ปลูกจะทำให้ส่วนประกอบของแร่ธาตุของข้าวต่างกันออกไปได้

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 สังเกตได้ว่าถึงแม้ปริมาณของธาตุทั้งสองในข้าวกล้องจะมากกว่าในข้าวสาร แต่ปริมาณที่มีและความแตกต่างนั้นจะมากน้อยต่างกันไปบ้าง ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างดังได้แก่ ชนิดและลักษณะของข้าวที่ทำการวิเคราะห์ ภูมิประเทศ ดินและสภาพแวดล้อมของสถานที่เพาะปลูก ขั้นตอนและวิธีการเพาะปลูกซึ่งรวมทั้งการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

ตัวอย่างข้าวบางตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบได้ผ่านการบดให้ละเอียดมาแล้ว และพบว่ามีโอกาสที่จะทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ในข้าวกล้องและข้าวสารมีค่าไล่เลี่ยกันมาก เช่น ตัวอย่างข้าวเจ้าพันธุ์ กข.7 จากแปลงข้าวหมายเลข 1 ของสถานีทดลองข้าวจังหวัดแพร่ และข้าวเจ้าพันธุ์ กข.9 จากแปลงข้าวหมายเลข 20 ของสถานีทดลองข้าวพิมาย เนื่องจากการบดจะก่อให้เกิดปัญหาในกรณีของข้าวกล้องได้กล่าวคือ การนำข้าวกล้องไปบดจะเกิดการเสียดสีและแตกหักทำให้ส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดและส่วนอื่น หรือที่รวมเรียกว่า รำนั้นแยกตัวไปจากเนื้อข้าวได้ และโดยที่น้ำหนักรวมทั้งความหนาแน่นของแต่ละส่วนไม่เท่ากัน การผสมคลุกเคล้าของเนื้อข้าวกล้องที่บดแล้วนี้จึงไม่ผสมผสานเป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous) การสุ่มตัวอย่างเช่นนี้มาทำการวิเคราะห์อาจจะไม่ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดที่ถูกต้อง เพราะอาจนำเอาแต่ตัวข้าวเป็นส่วนใหญ่มาทำการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกับของข้าวสาร นอกจากนี้ ปริมาณธาตุทั้งสองในข้าวสารและข้าวกล้องที่ใกล้เคียงกันยังอาจเนื่องมาจากการขัดสีข้าวน้อยหรือไม่หมดในทางตรงข้ามถ้าทำการขัดสีมาก ความแตกต่างระหว่างปริมาณธาตุทั้งสองในข้าวกล้องและข้าวสารจะสามารถเห็นได้ชัด

ข้าวแต่ละพันธุ์จะสามารถรับเอาธาตุทั้งสองจากสิ่งแวดล้อมได้แตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมตามธรรมชาติของข้าวแต่ละพันธุ์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุทั้งสองที่มีสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะดินที่เพาะปลูกซึ่งนับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เพราะนอกจากปริมาณที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติแล้ว น้ำ ปุ๋ย และยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในระหว่างการเพาะปลูกจะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณธาตุทั้งสองที่มีสะสมอยู่ในดินอีกด้วย Furutani และ Osajima (81) กล่าวว่า ปริมาณปรอทในข้าวอาจมีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับความเข้มข้นของปรอทในดินที่ทำการเพาะปลูก ดังตัวอย่างหนึ่งจากการทดลองซึ่งพบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นดิน

ที่มีการระบายน้ำดีและมีปรอทอยู่ 0.3 ส่วนในล้านส่วน มีปรอทสะสมอยู่ในปริมาณ 0.3 ส่วนในล้านส่วนเช่นกัน ขณะที่ข้าวที่ปลูกในพื้นดินที่มีการระบายน้ำไม่ดีและมีปรอท 1.4 ส่วนในล้านส่วน มีปรอทเพียง 0.8 ส่วนในล้านส่วน Prasad และ Arora (82)ทดลองเติมเรดิโอไอโซโทปของซีลีเนียม-75 ในรูปของโซเดียม-ซีลีโนซัลเฟต (sodium selenosulphate) ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในดินรวม 6 ตัวอย่างแล้วทำการปลูกข้าวในดินนั้น ๆ พบว่าความสูงของต้นข้าวและผลผลิตของข้าวที่ได้จะลดลงเมื่อปริมาณซีลีเนียมในดินสูงขึ้น รวมทั้งวิเคราะห์พบว่า ปริมาณซีลีเนียมในข้าวจะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณซีลีเนียมที่มีอยู่ในดิน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ปริมาณของปรอทและซีลีเนียมที่มีอยู่ในดินและสภาพของดินมีความสำคัญต่อปริมาณของธาตุทั้งสองที่มีในข้าวเป็นอย่างมาก สำหรับข้าวที่ใช้ในการวิจัยนี้มาจากแหล่งปลูกข้าวมากมายหลายแห่งทั่วประเทศ ลักษณะและสภาพของเนื้อดินจะแตกต่างกันไปมีทั้งดินแห้งแล้งมาก ดินเปียก ดินเหนียว ดินร่วน ดินที่ถูกน้ำท่วม หรือมีน้ำขังและดินที่แห้งแล้ง จึงย่อมมีผลให้ปริมาณของธาตุทั้งสองที่มีสะสมในข้าวต่างกันไปได้บ้าง

สำหรับการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชซึ่งได้กล่าวแล้วว่า อาจมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณปรอทและซีลีเนียมที่มีสะสมในดินและรวมทั้งในข้าว ทั้งนี้เพราะปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ จึงอาจจะมีธาตุทั้งสองเจือปนอยู่ได้ทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนา อนึ่งปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชแต่ละชุดที่ใช้กับสถานีทดลองข้าวแต่ละแห่งอาจมีปริมาณของปรอทและซีลีเนียมไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์แต่ละครั้ง จากการสังเกตข้อมูลบางตัวอย่างและทำการตรวจสอบบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชในระหว่างการเพาะปลูก พบว่าปริมาณปรอทและซีลีเนียมในตัวอย่างข้าวเหล่านั้นดูเหมือนจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช อาทิเช่น ข้าวเหนียวสันป่าตอง จากแปลงข้าวหมายเลข 1 และ 11 ของสถานีทดลองข้าวจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งดินที่ทำการเพาะปลูกมีความชื้นสูงและมีการใช้ปุ๋ย 3 ตัว คือ แอมโมเนียมฟอสเฟต (ammonium phostphate) สูตร 16-20-0 โพแทส 60% (potass 60% K_2O) และแอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulphate) และใช้ยากำจัดศัตรูพืช 2 ตัว คือ เซวิน 85

(sevin 85) และมาลาไธออน (malathion) จะเห็นได้ชัดว่า มีค่าของปรอทและซีลีเนียมสูงกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณของธาตุทั้งสองที่มีในข้าวเหนียวสันป่าตองจากแปลงข้าวหมายเลข 5 ของสถานีทดลองข้าวจังหวัดอุบลราชธานี เช่นเดียวกัน ซึ่งดินที่ทำการเพาะปลูกอยู่ในสภาพแห้งและมีการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชอย่างละเพียงตัวเดียวคือ แอมโมเนียมฟอสเฟตสูตร 16-20-0 และเซวิน 85 ตามลำดับ

ข้อมูลที่น่าสนใจที่สุดในผลการวิจัยนี้ ได้แก่ ตัวอย่างข้าว กข.1 จากแปลงหมายเลข 1 ของสถานีทดลองข้าวจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งวิเคราะห์พบว่า ปรอทในข้าวสารและข้าวกล้อง รวมทั้งซีลีเนียมในข้าวกล้องมีปริมาณสูงที่สุดในข้าวชนิดข้าวเจ้า ถึงแม้ว่าที่สถานีนี้จะมีรายงานการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชมากที่สุดแห่งหนึ่งก็ตาม กล่าวคือ มีการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตร 16-20-0 ในระยะปักดำปุ๋ยยูเรีย (urea 46% nitrogen) ในระยะกำเนิดช่อดอก ใช้ยาป้องกันและกำจัดศัตรูพืชปีเอชซี (BHC) อย่างเม็ดและฟูราดาน (furadan 4%) เป็นจำนวนอย่างละ 2 ครั้ง และใช้ยาคุมกำเนิดวัชพืชแซทเทิร์นจี (saturn G) 2 ครั้งเช่นเดียวกัน ซึ่งถ้าเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวจากสถานีสุพรรณบุรีนี้กับตัวอย่างข้าวจากสถานีโคกสำโรงที่มีการใช้ยาเซวิน 85 เพียงตัวเดียวในระหว่างการเพาะปลูกจะเห็นว่า ค่าต่างกันชัดเจนมาก แต่ถ้าเปรียบเทียบกันเองระหว่างตัวอย่างจากแปลงข้าวหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ของสถานีสุพรรณบุรี จะเห็นว่า ค่าปริมาณธาตุต่างกันถึงประมาณ 2 เท่าด้วย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า เนื่องจากดินทั้งสองแปลงมีสภาพ ลักษณะและปริมาณธาตุสะสมต่างกัน หรือเนื่องจากการใช้ปุ๋ยและยาในแต่ละแปลงไม่เท่ากัน ที่น่าสงสัยว่าเป็นไปได้อีกประการหนึ่งคือ อาจเกิดการเปรอะเปื้อนขึ้นกับตัวอย่างจากแปลงข้าวหมายเลข 1 ได้ ในขั้นตอนใด ๆ ของการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่ต่างไปจากกลุ่มมากนักและยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำและปลอดภัย

สิ่งที่พิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์อีกประการหนึ่งคือ ปริมาณซีลีเนียมในข้าวสูงกว่าปริมาณปรอทมากโดยเฉลี่ยถึงประมาณ 4 เท่า ซึ่งสมควรจะเป็นเช่นนั้น เพราะซีลีเนียมเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าปรอท และมีปริมาณอยู่ในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ สูงกว่าปรอทมากเช่นกัน

ในการวิจัยนี้ถึงแม้จะใช้ข้าวจากภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย แต่เกือบทั้งหมดอยู่ในกรณีที่ข้าวแต่ละพันธุ์มีการเพาะปลูกเพียงในภาคเดียว จึงเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ในแต่ละภาคไม่ได้ อีกทั้งข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาเปรียบเทียบข้าวแต่ละพันธุ์ได้ อย่างไรก็ตาม จุดประสงค์สำคัญของการวิจัยนี้คือ ความพยายามที่จะประเมินคาระดับมูลฐานของข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวเหนียวและข้าวเจ้าเพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

วิธีการแยกปรอทและซีลีเนียมที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ เทคนิคการเผาทำลาย ซึ่งประยุกต์มาจากวิธีการของ Rook และคณะ (67,68) อันมีข้อดีที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. อาศัยวิธีทางเคมีน้อยที่สุด
2. วิเคราะห์ปริมาณได้โดยไม่ต้องคำนวณค่าเคมิคัลยิลด์
3. การแยกซีลีเนียมและปรอทรังสีอาศัยการเผาไหม้ธรรมดา ซึ่งทำได้กับตัวอย่างชนิดต่าง ๆ ในเวลาค่อนข้างเร็ว คือ ประมาณ 30 นาทีต่อตัวอย่าง

ดังนั้น จึงช่วยลดข้อผิดพลาดได้มากทั้งทางเทคนิคการทำที่เกี่ยวข้องและการคำนวณ อนึ่ง วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเชื่อถือได้สูงมาก ดังได้แสดงผลการทดสอบความเที่ยงตรงแม่นยำ (ตารางที่ 3.4) และความแน่นอนของการวิเคราะห์ไว้แล้วในบทที่ 3 และมีขีดจำกัดของการหาปริมาณปรอทและซีลีเนียมเท่ากับ 0.00009 และ 0.0009 ไมโครกรัม ตามลำดับ