

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัย

ส่วนที่ 1 ความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ปริมาณเหล็ก และปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำนม

เนื่องจกงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในข้าว ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลที่สำคัญ คือ ปริมาณไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีที่มีอยู่ในข้าวหลังจากการเสริม โดยเฉพาะอย่างยิ่งทั้งไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหารปริมาณน้อย (micronutrient) จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้ง่าย ดังนั้นความถูกต้องและความแม่นยำในการวิเคราะห์แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้จึงมีความสำคัญต่องานวิจัยนี้ จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงต้องทำการวิเคราะห์ไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในตัวอย่างที่ทราบปริมาณที่แน่นอน เพื่อเป็นการฝึกฝนความชำนาญของผู้วิจัย และทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในข้าว มีความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้

ส่วนที่ 2 วิธีการเสริมแร่ธาตุในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินวิธีการเสริมแร่ธาตุในเมล็ดข้าวที่เหมาะสมด้วยวิธีการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

ส่วนที่ 3 การเสริมไอโอดีนและสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

งานวิจัยส่วนนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินพันธุ์ข้าวและชนิดของเจลพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการเสริมไอโอดีนและสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยใช้วิธีการเสริมแร่ธาตุที่ได้จากงานวิจัยในส่วนที่ 2 ทำการประเมินสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสามสัมผัส และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีระหว่างการเก็บ ขั้นตอนการวิจัยแสดงในรูป 3.1

ส่วนที่ 4 การเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

ทำการศึกษาการเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์โดยใช้วิธีการเคลือบที่ได้จากงานวิจัยในส่วนที่ 2 เลือกพันธุ์ข้าวและชนิดพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีที่เหมาะสมจากงานวิจัยในส่วนที่ 3 และประเมินสมบัติ

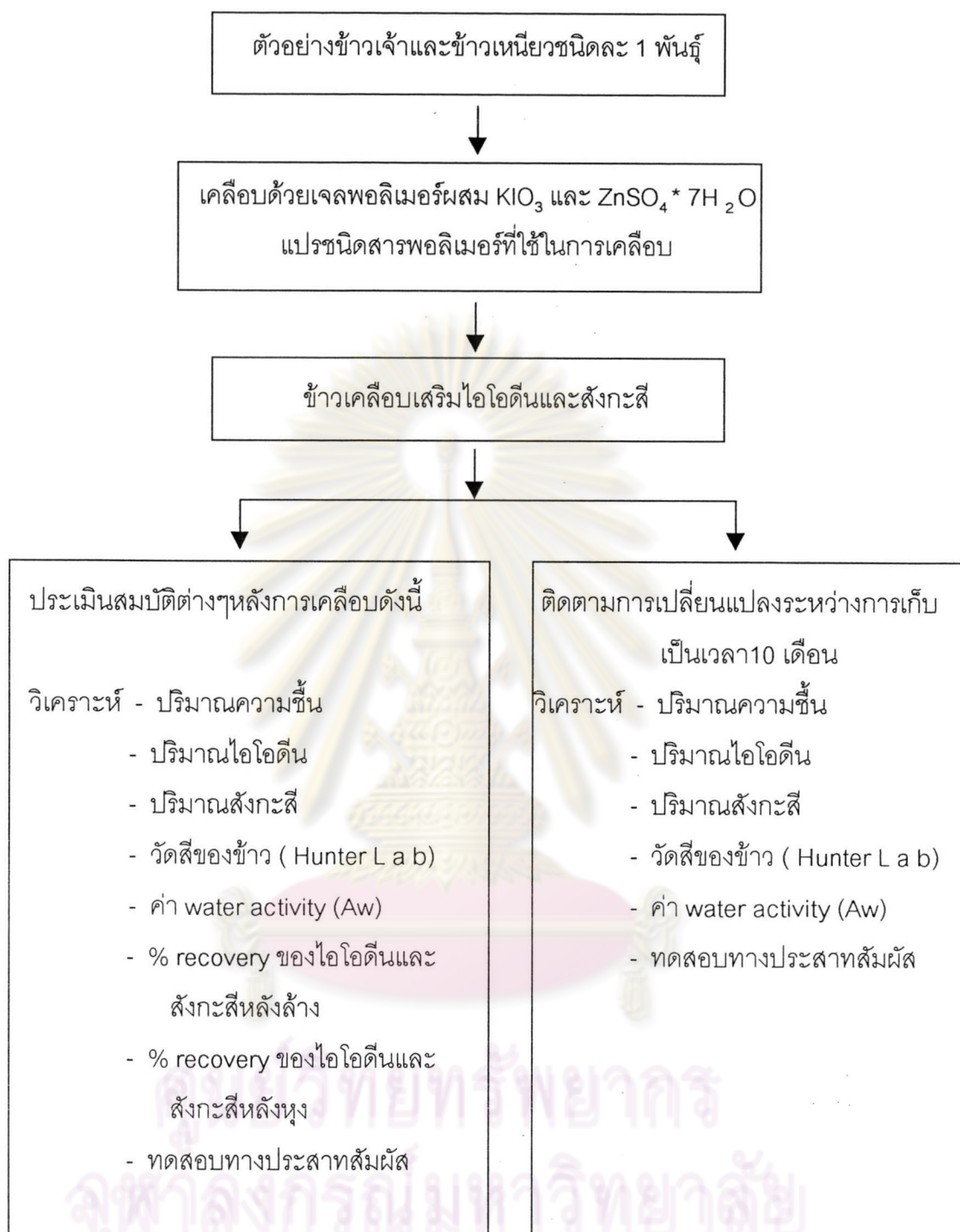
ทางเคมี กายภาพ และทางประสามสัมผัส รวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ ชั้น
ตอนการวิจัยแสดงในรูป 3.2

ส่วนที่ 5 วิธีการเสริมสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการฉีดพ่น (Spraying)

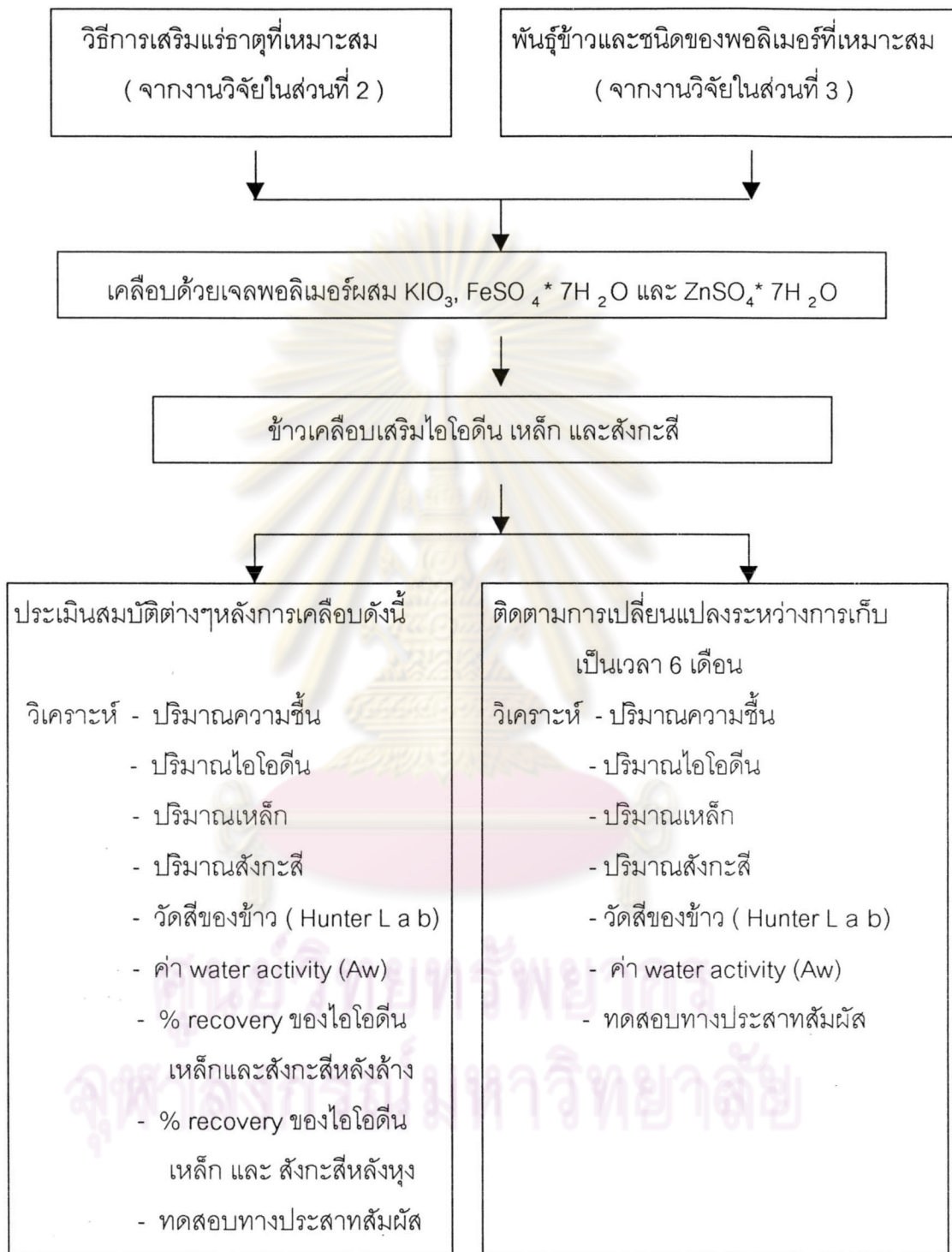
ศึกษาการเสริมสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยใช้วิธีการฉีดพ่น เนื่องเป็นวิธีการเสริมแร่ธาตุใน
ข้าวที่ง่าย สะดวก และสามารถพัฒนาไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ในงานวิจัยส่วนนี้ได้ทำการ
ประเมินความเข้มข้นของสังกะสีที่เหมาะสมในการเสริมสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการฉีดพ่น
ขั้นตอนการวิจัยแสดงในรูป 3.3



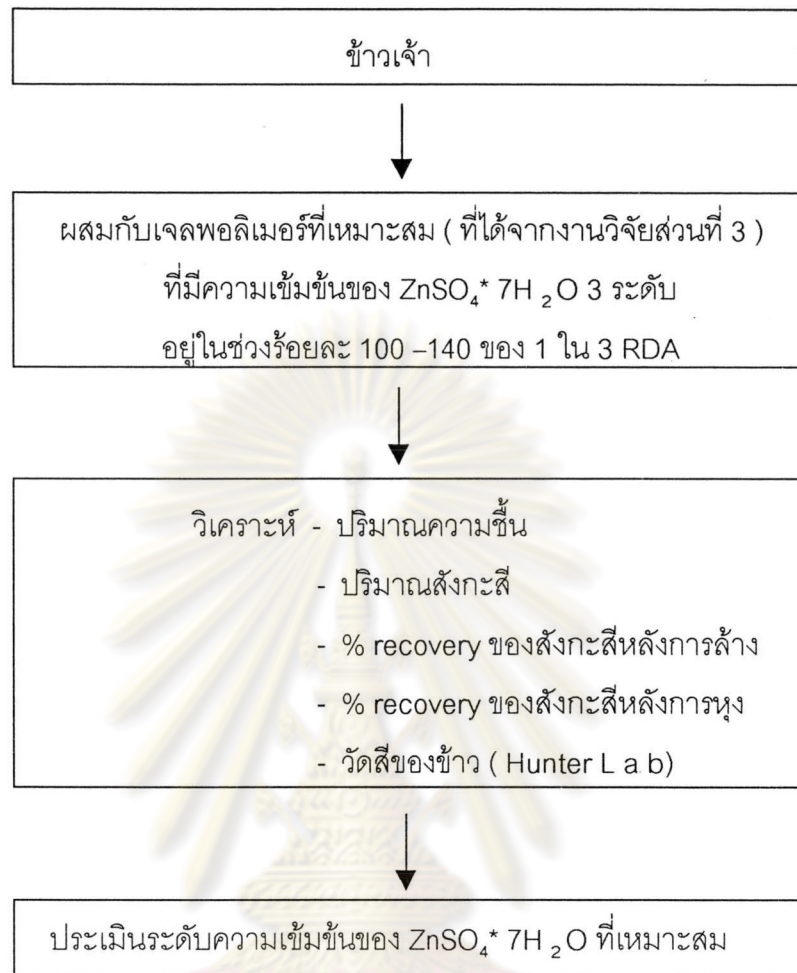
ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 การเสริมไอโอดีนและสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลาตอลิเมอร์



รูปที่ 3.2 การเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลดพอลิเมอร์



รูปที่ 3.3 วิธีการเสริมสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการฉีดพ่น

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ปริมาณเหล็ก และปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำนม

3.1.1 ศึกษาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน

ใช้ตัวอย่างที่ทราบปริมาณไอโอดีนแน่นอน คือ น้ำนมคั้นรูปรสจืดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณที่แนะนำต่อวันของเด็กตั้งแต่ 1 ขวบขึ้นไป ซึ่งตามข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thai RDA) (กรมอนามัย, 2532) กำหนดว่า เด็กอายุ 1 – 3 ปี ควรได้รับไอโอดีนปริมาณ 70 ไมโครกรัมต่อวัน ดังนั้นในน้ำนมจะมีไอโอดีน 21 ไมโครกรัมต่อ 180 มิลลิลิตร หรือเท่ากับ 11.67 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำนมมาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนแบบ Macro Scale ตามวิธี Moxon และ Dixon (1980) จำนวน 10 ซ้ำ (รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ไอโอดีนจะแสดงในภาคผนวก ข) เพื่อหาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ไอโอดีน โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{ ความถูกต้อง} = \frac{\text{ปริมาณไอโอดีนที่วัดได้}}{\text{ปริมาณไอโอดีนที่มีอยู่จริง}} * 100$$

$$\text{ความแม่นยำ หรือ } \% \text{ CV }^* \text{ (Precision)} = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} * 100$$

* % CV คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation) หรือ Relative Standard Deviation

3.1.2 % Recovery ของการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน

นำตัวอย่างน้ำนมคั้นรูปรสจืดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร โดยมีปริมาณไอโอดีนตามข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องคิดเป็น 11.67 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย KIO₃ (ความเข้มข้นของไอโอดีนเป็น 40 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในตัวอย่าง จำนวน 10 ซ้ำ และหา % recovery ของการวิเคราะห์ไอโอดีน จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ปริมาณไอโอดีนที่พบ}}{\text{ปริมาณไอโอดีนที่เติม}} * 100$$

ปริมาณไอโอดีนที่พบ = ปริมาณไอโอดีนทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้หลังจากการเติมไอโอดีนลบด้วย ปริมาณไอโอดีนที่มีอยู่แล้วในตัวอย่าง

3.1.3 ศึกษาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี

นํ้านมคั้นรูปพรอสจีดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องมีสังกะสีคิดเป็นร้อยละ 15 ของปริมาณที่แนะนำต่อวันของเด็กตั้งแต่ 1 ขวบขึ้นไป ซึ่งตามข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thai RDA) (กรมอนามัย, 2532) กำหนดว่า เด็กอายุ 1 – 3 ปี ควรได้รับสังกะสีปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นในนํ้านมจะมีสังกะสี 1.5 มิลลิกรัมต่อ 180 มิลลิลิตร หรือเท่ากับ 0.8333 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างนํ้านมมาวิเคราะห์จำนวน 7 ซ้ำ โดยย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion (AOAC, 1995) แล้ววัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer รุ่น ICP_OES JY2000S ที่ความยาวคลื่น 213.856 นาโนเมตร (รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์สังกะสีจะแสดงในภาคผนวก ค) เพื่อหาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สังกะสี โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{ ความถูกต้อง} = \frac{\text{ปริมาณสังกะสีที่วัดได้}}{\text{ปริมาณสังกะสีที่มีอยู่จริง}} * 100$$

$$\text{ความแม่นยำ หรือ } \% \text{ CV (Precision)} = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} * 100$$

3.1.4 % Recovery ของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี

นำตัวอย่างนํ้านมคั้นรูปพรอสจีดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร โดยมีปริมาณสังกะสีตามข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องคิดเป็น 0.8333 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ความเข้มข้นของสังกะสีเป็น 0.4000 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่าง จำนวน 7 ซ้ำ และหา % recovery ของการวิเคราะห์สังกะสี จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ปริมาณสังกะสีที่พบ}}{\text{ปริมาณสังกะสีที่เติม}} * 100$$

ปริมาณสังกะสีที่พบ = ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้หลังจากการเติมสังกะสีลบด้วย ปริมาณสังกะสีที่มีอยู่แล้วในตัวอย่าง

3.1.5 ศึกษาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

นำนมคั้นรูปรสจืดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องมีเหล็กคิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณที่แนะนำต่อวันของเด็กตั้งแต่ 1 ขวบขึ้นไป ซึ่งตามข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thai RDA) (กรมอนามัย, 2532) กำหนดว่า เด็กอายุ 1 – 3 ปี ควรได้รับเหล็กปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นในน้ำนมจะมีเหล็ก 2 มิลลิกรัมต่อ 180 มิลลิลิตร หรือเท่ากับ 1.1111 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำนมมาวิเคราะห์จำนวน 7 ซ้ำ โดยย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion (AOAC, 1995) แล้ววัดปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer รุ่น ICP_OES JY2000S ที่ความยาวคลื่น 238.204 นาโนเมตร (รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์เหล็กจะแสดงในภาคผนวก ง) เพื่อหาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์เหล็ก โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{ ความถูกต้อง} = \frac{\text{ปริมาณเหล็กที่วัดได้}}{\text{ปริมาณเหล็กที่มีอยู่จริง}} * 100$$

$$\text{ความแม่นยำ หรือ } \% \text{ CV (Precision)} = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} * 100$$

3.1.6 % Recovery ของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

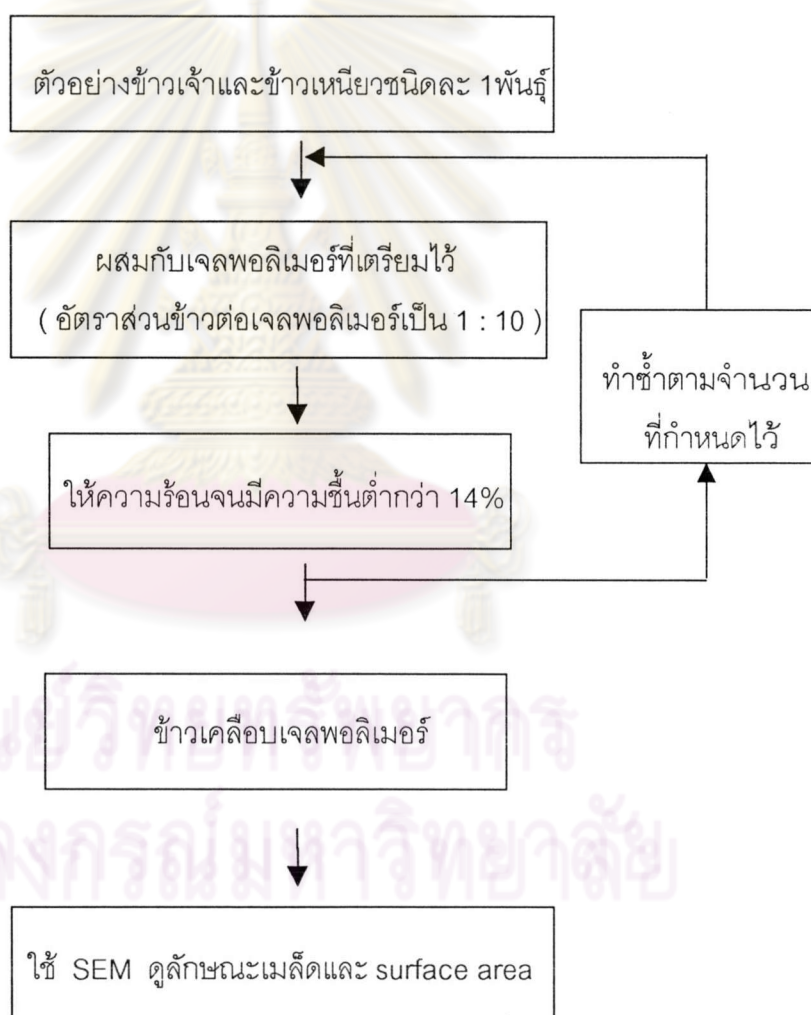
นำตัวอย่างน้ำนมคั้นรูปรสจืดตรา Alacta-NF ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร โดยมีปริมาณเหล็กตามข้อมูลทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกล่องคิดเป็น 1.1111 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่มีความเข้มข้นของเหล็กเป็น 0.4000 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในตัวอย่าง จำนวน 7 ซ้ำ และหา % recovery ของการวิเคราะห์เหล็ก จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ปริมาณเหล็กที่พบ}}{\text{ปริมาณเหล็กที่เติม}} * 100$$

ปริมาณเหล็กที่พบ = ปริมาณเหล็กทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้หลังจากการเติมเหล็กลบด้วยปริมาณเหล็กที่มีอยู่แล้วในตัวอย่าง

3.2 วิธีการเสริมแร่ธาตุในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

ศึกษาวิธีการเสริมแร่ธาตุโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์โดยดัดแปลงจากวิธีของ Peil และคณะ (1982), ชูติมา อัครเสถียร (2543) และ ทิติกาน เมฆจรสกุล (2545) เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเสริมจุลธาตุมากกว่า 1 ชนิด ดังนั้นจึงได้แปรจำนวนครั้งในการเคลือบ โดยทำการเคลือบ 1 2 และ 3 ครั้งจากนั้นพิจารณา surface และ cross-sectional area ของเมล็ดข้าวที่เคลือบได้เปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่ไม่ได้เสริมแร่ธาตุ โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-5410LV รุ่น JEOL ขั้นตอนการวิจัยแสดงในรูป 3.4



รูปที่ 3.4 วิธีการเคลือบข้าวด้วยสารละลายเจลพอลิเมอร์

3.3 การเสริมไอโอดีนและสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

ในงานวิจัยส่วนนี้ได้ทำการเสริมไอโอดีนและสังกะสีให้มีปริมาณไอโอดีนและสังกะสีเท่ากับ 1 ใน 3 ของ RDA โดยทั่วไปแล้วกรมอนามัย (2532) ได้แนะนำให้คนไทยได้รับไอโอดีน 150 ไมโครกรัม และสังกะสี 15 มิลลิกรัมต่อวัน คนบริโภคข้าวสารโดยเฉลี่ยวันละ 308 กรัมต่อวัน (Florentino and Pedro, 1998) หรือประมาณวันละ 300 กรัม ซึ่งเท่ากับ $300 \times \frac{1}{3} = 100$ กรัมต่อมือ ดังนั้นจึงได้ทำการเสริมไอโอดีน 50 ไมโครกรัม และสังกะสี 5 มิลลิกรัมต่อข้าวสาร 100 กรัม

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ก. การเตรียมแป้งข้าวเพื่อใช้เป็นสารพอลิเมอร์ในการเคลือบ

ขั้นตอนการวิจัยนี้ได้ใช้สารพอลิเมอร์ในการเคลือบ 4 ชนิด คือ flour ข้าวเจ้า flour ข้าวเหนียว starch ข้าวเจ้า และ starch ข้าวเหนียว โดย flour ข้าวเจ้า และ flour ข้าวเหนียว ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวชนิดไม่เปียก ตราไทยวา ส่วน starch ข้าวเจ้า และ starch ข้าวเหนียว นั้นเตรียมโดยสกัดจาก flour ข้าวเจ้า และ flour ข้าวเหนียว ตามวิธีของ Lim และคณะ (1999) (รายละเอียดของการสกัด starch แสดงในภาคผนวก จ) บดให้ละเอียด และ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

ข. การเตรียมเจลแป้งเพื่อใช้เป็นสารพอลิเมอร์ในการเคลือบ

นำ flour ข้าวเจ้า flour ข้าวเหนียว starch ข้าวเจ้า และ starch ข้าวเหนียว ที่ได้จากข้อ ก มาเตรียมเป็นสารละลายแป้งให้มีความเข้มข้นร้อยละ 3 (ชูติมา อัครเสถียร, 2543) จากนั้นนำมาให้ความร้อนและคนอย่างต่อเนื่องจนสารละลายมีอุณหภูมิ $90-95^{\circ}\text{C}$ ให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งสารละลายพอลิเมอร์แล้วเติมสารละลาย KIO_3 และ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ลงไป จากนั้นผสมให้เข้ากันโดยคนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที

ค. การเคลือบข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสี (ดัดแปลงจากวิธีของ Peil และคณะ (1982), ชูติมา อัสวเสถียร (2543), ทิติกาน เมฆจรสกุล (2545))

นำข้าวผสมกับสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากข้อ ข ในหม้อเคลือบ (coating pan) ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 70-75°C จนมีความชื้นต่ำกว่า 14 %

3.3.1 ศึกษาองค์ประกอบของข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบ คือ พันธุ์คลองหลวง1 (ข้าวเจ้า) และ พันธุ์แพรว1 (ข้าวเหนียว) นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ปริมาณสังกะสี ค่า water activity (Aw) และวัดสีในระบบ Hunter (L a b) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำค่าสีที่ได้มาคำนวณดัชนีความขาว (white index) ตามวิธีของ Chen, Lu และ Lii (1999) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ดัชนีความขาว (white index)} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

3.3.2 ศึกษาองค์ประกอบของแป้งที่ใช้เป็นสารพอลิเมอร์ในการเคลือบ

นำ flour ข้าวเจ้า flour ข้าวเหนียว starch ข้าวเจ้า starch ข้าวเหนียว ที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง มาหาปริมาณความชื้น ปริมาณไอโอดีน ปริมาณสังกะสี และปริมาณโปรตีน

3.3.3 ศึกษาการผลิตข้าวเคลือบเสริมไอโอดีนและสังกะสีเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

ได้ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสี โดยกำหนดปริมาณไอโอดีนและสังกะสีที่เสริมเท่ากันทุกการทดลอง โดยเสริมไอโอดีนในรูป KIO_3 และ สังกะสีในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ให้มีความเข้มข้นของไอโอดีนและสังกะสีเท่ากับ 1 ใน 3 ของข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน ซึ่งกรมอนามัย (2532) ได้กำหนดไว้ว่า ร่างกายควรได้รับไอโอดีน 150 ไมโครกรัม และสังกะสี 15 มิลลิกรัมต่อวันและโดยเฉลี่ยในแต่ละมื้ออาหารคนรับประทานข้าวประมาณ 100 กรัม ดังนั้นข้าว 100 กรัมที่เสริมไอโอดีนและสังกะสี จะมีปริมาณไอโอดีน 50 ไมโครกรัม และ ปริมาณสังกะสี 5 มิลลิกรัม

นำตัวอย่างข้าว 1500 กรัม มาเสริมไอโอดีนและสังกะสีโดยการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากข้อ ข และทำการเคลือบข้าวตามข้อ ค โดยแปรการทดลองดังนี้

ก. พันธุ์ข้าว คือ พันธุ์คลองหลวง1 และ พันธุ์แพรว1

ข. ชนิดพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบ คือ flour ข้าวเจ้า flour ข้าวเหนียว starch ข้าวเจ้า และ starch ข้าวเหนียว

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 2 (พันธุ์ข้าว) *4(ชนิดของพอลิเมอร์) ทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินผลโดย

(1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A (1995) แสดงในภาคผนวก ฉ

(2) วัดค่าสีในระบบ Hunter (Lab) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta – CR 300 ในแต่ละข้าววัด 3 จุด แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความขาว

(3) วัดค่า water activity (Aw) ด้วยเครื่อง Aw Sprint Novasina TH500

(4) วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในข้าวหลังการเคลือบ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของ iron thiocyanate ดัดแปลงจากวิธีของ Moxon และ Dixon (1980) แสดงดังภาคผนวก ข

(5) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังเคลือบ โดยใช้วิธีการย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion (AOAC,1995) แล้ววัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer รุ่น ICP_OES JY2000S ที่ความยาวคลื่น 213.856 นาโนเมตร ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค

(6) วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในข้าวหลังการล้าง (วิธีการล้างตามวิธีของ Hettiarachchy และคณะ (1996) แสดงในภาคผนวก ช)

(7) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังการล้าง

(8) วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในข้าวหลังการหุง (วิธีการหุงดัดแปลงจากวิธีของ ชูติมา อัครเสถียร (2543) แสดงในภาคผนวก ซ)

(9) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังการหุง

นำผลที่ได้ศึกษาปริมาณไอโอดีน สังกะสี และคุณภาพต่างๆของข้าวเสริมไอโอดีน มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ' s New Multiple Range Test (DNMT) (Cochran and Cox, 1992) ประเมินพันธุ์ข้าวและชนิดพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการเสริมไอโอดีนและสังกะสีโดยการเคลือบบนเมล็ดข้าว

3.3.4 ศึกษาอายุการเก็บของข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสี

นำตัวอย่างข้าวที่เสริมไอโอดีนและสังกะสีทุกการทดลองมาบรรจุในถุง cast polypropylene (CPP) หนา 60 ไมโครเมตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง (20-25°C) เป็นเวลา 10 เดือน ประเมินผลโดย

(1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A (1995) แสดงในภาคผนวก ฉ

(2) วัดค่าสีในระบบ Hunter (Lab) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta – CR 300 ในแต่ละซ้ำวัด 3 จุด แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความขาว

(3) วัดค่า water activity (Aw) ด้วยเครื่อง Aw Sprint Novasina TH500

(1)–(3) สุ่มตัวอย่างทุกเดือน เป็นเวลา 10 เดือน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(4) วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในข้าวหลังการเคลือบ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของ iron thiocyanate ดัดแปลงจากวิธีของ Moxon และ Dixon (1980) ดังแสดงในภาคผนวก ข

(5) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังเคลือบ โดยใช้วิธีการย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion (AOAC, 1995) แล้ววัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer รุ่น ICP_OES JY2000S ที่ความยาวคลื่น 213.856 นาโนเมตร ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค

(4)–(5) สุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 10 เดือน จำนวน 9 ครั้ง นำผลที่ได้ศึกษาปริมาณไอโอดีนสังกะสี และคุณภาพต่างๆของข้าวระหว่างการเก็บ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสี

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกที่เสริมไอโอดีนและสังกะสี โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน และใช้แบบทดสอบชนิด Quantitative Descriptive Analysis การให้คะแนนอยู่ในช่วง 1-9 คะแนน (ดัดแปลงจาก งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพุลศรี สว่างจิต, 2542 ; Lopez De Ramona et al., 2002) ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ฉ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMT) (Cochran and Cox, 1992) เพื่อศึกษาผลของสาร

เคลือบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเคลือบเสริมไอโอดีนและสังกะสีหุงสุกทั้ง 2 พันธุ์ โดยมีข้าวที่ไม่ได้เสริมไอโอดีนและสังกะสีเป็นตัวอย่างควบคุม

3.4 การเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการเคลือบด้วยเจลพอลิเมอร์

ในงานวิจัยส่วนนี้ได้ทดลองเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีในข้าว โดยเสริมให้ข้าวสาร 100 กรัม มีปริมาณไอโอดีน 50 ไมโครกรัม เหล็ก 3.33 มิลลิกรัม (ชาติกาน เมฆจรสกุล, 2545) และสังกะสี 5 มิลลิกรัม ชนิดของไอโอดีน เหล็ก และสังกะสีที่ใช้ คือ KIO_3 , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ และ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ข้าวและชนิดพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบได้จากข้อ 3.3 โดยใช้สารละลายพอลิเมอร์เข้มข้นร้อยละ 3 (ชูติมา อิศวเสถียร, 2543) อัตราส่วนสารละลายพอลิเมอร์ต่อข้าวเท่ากับ 1 : 10 ซึ่งวิธีการเตรียมสารละลายพอลิเมอร์และวิธีการเคลือบทำเช่นเดียวกับงานวิจัยข้อ 3.3

3.4.1 อายุการเก็บของข้าวเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี

นำข้าวที่เสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี มาวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี ความชื้น ค่า water activity (Aw) ค่าสีในระบบ Hunter (L a b) หลังการเคลือบ ปริมาณไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี ความชื้นหลังการล้าง ปริมาณไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี ความชื้นหลังการหุง และติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บ โดยสุ่มตัวอย่างทุกเดือน เป็นเวลา 6 เดือน ประเมินผลโดย วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน เหล็ก สังกะสี และความชื้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกที่เสริมไอโอดีน เหล็ก และสังกะสี โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน และใช้แบบทดสอบชนิด Quantitative Descriptive Analysis การให้คะแนนอยู่ในช่วง 1-9 คะแนน (ดัดแปลงจาก งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพูลศรี สว่างจิต, 2542 ; Lopez De Ramona et al., 2002) ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ฅ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMT) (Cochran and Cox, 1992)

3.5 วิธีการเสริมสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการฉีดพ่น (Spraying)

การทดลองเสริมสังกะสีในข้าวโดยการฉีดพ่นสารละลายพอลิเมอร์ที่ผสมธาตุสังกะสี เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และสามารถพัฒนาไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ชนิดสังกะสีที่ใช้อยู่ในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ โดยจะเสริมให้ข้าว 100 กรัม มีปริมาณสังกะสีเป็น 1 ใน 3 ของ RDA ซึ่งเท่ากับ $1/3 * 15 = 5$ มิลลิกรัม ทั้งนี้การเสริมสังกะสีโดยการฉีดพ่นอาจมีการสูญเสียสังกะสีในระหว่างการผลิต ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาหาปริมาณสังกะสีที่เติมให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณสังกะสีตามที่ต้องการ (5 มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม) แปรปริมาณสังกะสีที่เติมลงไปดังนี้ คือ 100% 120% และ 140% ของ 1 ใน 3 ของ RDA ซึ่งจะเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้เสริมสังกะสี ประเมินผลโดย

- (1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A (1995) แสดงในภาคผนวก ฉ
 - (2) วัดค่าสีในระบบ Hunter (Lab) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta – CR 300 ในแต่ละข้าววัด 3 จุด แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความขาว
 - (3) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังเคลือบ
 - (4) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังการล้าง (วิธีการล้างตามวิธีของ Hettiarachchy และคณะ (1996) แสดงในภาคผนวก ช)
 - (5) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในข้าวหลังการหุง (วิธีการหุงดัดแปลงจากวิธีของ ชูติมา อัครเสถียร (2543) แสดงในภาคผนวก ซ)
- (3) – (5) ใช้วิธีการย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion (AOAC, 1995) แล้ววัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer รุ่น ICP_OES JY2000S ที่ความยาวคลื่น 213.856 นาโนเมตร ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMT) (Cochran and Cox, 1992) เพื่อประเมินปริมาณสังกะสีที่เติมให้เหมาะสมในการผลิตข้าวเสริมสังกะสีโดยการฉีดพ่น