

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย กำหนดไว้รวม 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจสอบปริมาณตะกั่วในไข่เนกกระทาศ
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารที่ใช้ในการแช่ไข่เพื่อผลิตไข่เยี่ยวม้า
3. ผลิตไข่เยี่ยวม้าที่ปลอดภัยไร้สารตะกั่ว
4. ตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้าที่ผลิตเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

**กลุ่มประชากร** ไข่เนกกระทาศจากฟาร์มเดียวกัน

**เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย**

1. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์รุ่น AA, 880
2. เครื่องปั่นผสม
3. เตาให้ความร้อน
4. pH meter ยี่ห้อ INDEX ID 1000
5. เครื่องชั่งละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
6. เตาอบ
7. ตู้ดูดควัน
8. ขวดพอลิเอทิลีน
9. ขวดสำหรับดองไข่
10. เครื่องแก้วที่จำเป็นในการวิจัย
11. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4
12. โถอบแห้ง
13. หม้อเคลือบ
14. ไม้พาย สำหรับคน
15. ผ้าขาวบาง
16. Texture Analyser TA. XT plus

**สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย**

1. กรดไนตริก 70 % UNIVAR
2. Lead Nitrate AAS STANDARD 1000 mg/L APS Finechem

3. Deionized water
4. โซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) AR
5. แคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ )
6. โบซา
7. โบเตย
8. น้ำ
9. สังกะสีออกไซด์ ( $\text{ZnO}$ ) AR
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) AR
11. แมกนีเซียมไนเตรตของ Merck  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
12. โซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ )
13. แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{NH}_4$ ) $_2$  $\text{HPO}_4$

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. ตรวจสอบปริมาณตะกั่วในไข่นกกระทาสด

เตรียมตัวอย่างไข่นกกระทาสดเพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณตะกั่ว โดยการแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งอย่างละ 5 กรัม เติม  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  เข้มข้น 50 % จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เผาให้หมดควันในตู้ดูดควัน นำไปเผาต่อในเตาเผาอุณหภูมิ  $550^\circ\text{C}$  จนได้เป็นเถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วย  $\text{HNO}_3$  20 % จำนวน 8 มิลลิลิตร กรองแล้วเติม deionized water จนได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน เพื่อเข้าเครื่อง AAS

เตรียมสารละลายแบลนด์ (blank) โดยปิเปตต์  $\text{HNO}_3$  20 % จำนวน 8 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน เพื่อเข้าเครื่อง AAS

เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่มีความเข้มข้น 0.0150, 0.0300, 0.0450 และ 0.0600 ไมโครกรัมต่อลิตร เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเข้าเครื่อง AAS สร้างกราฟมาตรฐาน และนำสารละลายแบลนด์และสารละลายตัวอย่างไข่นกกระทาสดเข้าเครื่อง AAS ดำเนินการตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วต่อไป

### 2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารที่ใช้ในการแช่ไข่เพื่อผลิตไข่เยี่ยวม้า

การทำไข่เยี่ยวม้าแบบแช่ไข่ในสารละลายต่าง จะได้ไข่เยี่ยวม้าในเวลาที่สั้นกว่าแบบพอก สารที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำไข่เยี่ยวม้าแบบแช่ คือ ส่วนผสมของโซเดียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ สังกะสีออกไซด์ โบซาและน้ำ หรือส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ โบซาหรือโบเตยและน้ำ

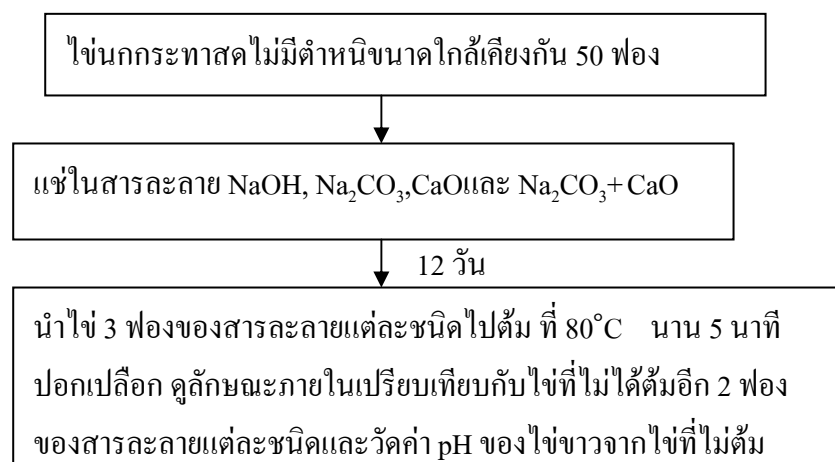
#### 2.1 ตรวจสอบค่า pH ที่ทำให้ไข่สดเกิดการแข็งตัว

ในการศึกษาข้อมูลในขั้นตอนนี้ได้นำไขสดมาตรวจหาค่า pH ของไขขาวและไขแดง โดยการแยกไขขาวและไขแดงออกจากกัน นำไขทั้ง 2 ส่วนที่มีน้ำหนักเท่ากันมาละลายใน deionized water แล้วคนให้เข้ากัน วัดค่า pH จากนั้นหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปในไขแต่ละส่วน คนให้เข้ากัน วัดค่า pH ณ จุดที่เกิดการแข็งตัว บันทึกผล เดิมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปอีกทั้ง 2 ส่วนนั้น สังเกตค่า pH ที่ไขแต่ละส่วนกลายเป็นของเหลวบันทึกผล

## 2.2 ศึกษาค่า pH ของสารที่เหมาะสมในการทำไขเยียวม้า

ศึกษาค่า pH ของสารเคมีที่ใช้ในการทำไขสดเปลี่ยนสภาพไปเป็นไขเยียวม้าโดยการนำสารเคมีที่ละลายน้ำแล้วเป็นด่างมาเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน วัดค่า pH ของสารละลายแต่ละชนิด แต่ละความเข้มข้น จากนั้นนำไขนกกกระทาศ มาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แยกฟองที่แตกหรือร้าวออก นำมาเรียงในภาชนะที่แช่ไข ชัดไม่ให้ไขลอยโดยใช้ไม้ไฟทดสอบละลายแต่ละชนิด แต่ละความเข้มข้นให้ท่วมไข จำนวนไขที่ใช้ไหลละ 5 ฟอง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 12 วัน นำไขออกจากสารละลาย ล้างให้สะอาด แบ่ง 3 ฟองออกไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที อีก 2 ฟองไม่ต้องต้ม ปอกเปลือก คูณลักษณะภายในเปรียบเทียบไขเยียวม้าที่ต้มและไม่ได้ต้ม แยกไขแดง ไขขาว ของแต่ละไหล (เฉพาะไขที่ไม่ต้ม) วัดค่า pH สารละลายคือ

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, และ 5 น้ำหนักต่อปริมาตร
2. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 4, 5 และ 6
3. สารละลายแคลเซียมออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 15
4. สารละลายผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 6 และ 15 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาค่า pH ของสารที่เหมาะสมในการทำไขเยียวม้า

คัดเลือกสูตรสารละลายที่ใช้ในการแช่ไข่เยี่ยวม้าที่มี pH ที่เหมาะสมในการเกิดไข่เยี่ยวม้าที่มีลักษณะดี โดยการเตรียมสารละลายต่างจำนวน 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	ร้อยละ 6
	CaO	ร้อยละ 15
	NaCl	ร้อยละ 10
	ZnO	ร้อยละ 0.05
	ไบซา	ร้อยละ 1.6
	น้ำ	ร้อยละ 100
	สูตรที่ 2	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
CaO		ร้อยละ 15
NaCl		ร้อยละ 10
ZnO		ร้อยละ 0.05
ไบซา		ร้อยละ 1.6
น้ำ		ร้อยละ 100
NaOH		ร้อยละ 4
สูตรที่ 3	NaCl	ร้อยละ 3
	NaOH	ร้อยละ 2
	ZnO	ร้อยละ 0.05
	ไบซา	ร้อยละ 1.6
	น้ำ	ร้อยละ 100
สูตรที่ 4	NaCl	ร้อยละ 11
	NaOH	ร้อยละ 4
	ZnO	ร้อยละ 0.05
	ไบเตย	ร้อยละ 50
	น้ำ	ร้อยละ 100

นำไปนกกกระทาสดมาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง คัดเลือกฟองที่ไม่มีตำหนิไ้ลงในขวดที่ใช้แช่ไข่ 4 ขวดๆ ละ 10 ฟอง เตรียมสารละลายสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 โดยการแบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน (น้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย 200 มิลลิลิตร) ส่วนแรก นำไปต้มกับไบซาจนได้น้ำชาที่มีสีเข้มดี ส่วนที่

นำไข่ที่แช่ในสารละลายทั้ง 4 ชนิดนี้ มาตรวจสอบ ชนิดละ 2 ฟอง เมื่อครบ 8 วัน และ 12 วัน เพื่อดูลักษณะของไข่ที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งไข่ขาวและไข่แดง ตรวจค่า pH ของไข่ในสารละลายทั้ง 4 ชนิด (ไข่ขาวและไข่แดง) โดยใช้ไข่ที่ไม่ต้มชนิดละ 2 ฟอง

เลือกสูตรที่ให้ผลผลิตไข่เยี่ยวม้าที่ดีที่สุด นำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตไข่เยี่ยวม้าไร้สารตะกั่วอีกเล็กน้อย ทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตและปริมาณของผลผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการผลิต ซึ่งก็คือ สารละลายที่มีค่า pH ที่เหมาะสมในการเกิดไข่เยี่ยวม้า ที่มีลักษณะที่ดีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1205, 2536)

### 3. ผลิตไข่เยี่ยวม้าที่ปลอดภัยไร้สารตะกั่ว

#### 3.1 ผลิตไข่เยี่ยวม้า

นำสูตรสารละลายที่ให้ผลผลิตไข่เยี่ยวม้าที่ดีที่สุด มาเตรียมสารละลายเพื่อใช้ผลิตไข่เยี่ยวม้าที่ปลอดภัยไร้สารตะกั่ว จากไข่นกกระทาสดจำนวน 25 ฟอง สูตรที่ใช้แช่ไข่คือสูตรที่ 4 วิธีการเตรียมสารละลายและขั้นตอนการแช่ไข่ ดังรูปที่ 3.2

ไซนักรักษาสด(เก็บใหม่จากฟาร์ม)



ล้างน้ำให้สิ่งสกปรกหมดไป



ผึ่งให้แห้ง



เรียงใส่โหลขัดไซให้จมอยู่ส่วนล่าง



← เดิมสารละลายที่ใช้แช่ไซ  
แช่ไซให้จมใต้สารละลาย



12 วัน

ตัดไซขึ้นจากสารละลาย



ต้มในน้ำร้อน 80°C นาน 5 นาที



ทิ้งไว้ให้เย็น



เคลือบไซด้วยพาราฟินเหลว



ทิ้งให้แห้ง



3 วัน

นำไปตรวจสอบลักษณะไซเหี่ยวม้

NaCl	44 กรัม
NaOH	16 กรัม
ZnO	0.2 กรัม
น้ำ	400 มิลลิลิตร
ไบเตย	200 กรัม

รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการผลิตไซเหี่ยวม้ไร้สารตะกั่ว

### 3.2 ตรวจสอบลักษณะไข่เยี่ยวม้า

นำไข่เยี่ยวม้าที่ผลิตได้มาตรวจสอบลักษณะภายในโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไข่เยี่ยวม้าในด้านลักษณะภายในกลิ่นและรส (ภาคผนวกที่ 2) ทดสอบค่าความแข็งแรงของเจลไข่ขาวด้วยเครื่อง Texture Analyser TA. XT plus (ภาคผนวกที่ 3) และวัดค่า pH ของไข่ขาวและไข่แดงด้วยเครื่อง pH meter INDEX ID 1000 (ภาคผนวกที่ 4)

### 4. ตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้าที่ผลิตเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เตรียมตัวอย่างไข่เยี่ยวม้าจนกระทั่งผลิตได้เพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วโดยการแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซั่งอย่างละ 5 กรัม เติม  $Mg(NO_3)_2$  เข้มข้น 50 % จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เฝ้าให้หมดควันในตู้ดูดควัน นำไปเผาต่อในเตาเผาอุณหภูมิ  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  จนได้เป็นเถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วย  $HNO_3$  20 % จำนวน 8 มิลลิลิตร กรองแล้วเติม deionized water จนได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน เพื่อเข้าเครื่อง AAS

เตรียมสารละลายแบลนด์ (blank) โดยปิเปตต์  $HNO_3$  20 % จำนวน 8 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน เพื่อเข้าเครื่อง AAS

เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่มีความเข้มข้น 0.0150, 0.0300, 0.0450 และ 0.0600 ไมโครกรัมต่อลิตร เก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเข้าเครื่อง AAS สร้างกราฟมาตรฐาน และนำสารละลายแบลนด์และสารละลายตัวอย่างไข่เยี่ยวม้าจนกระทั่งเข้าเครื่อง AAS ดำเนินการตรวจหาปริมาณสารตะกั่วต่อไป สภาวะของเครื่องมือวิเคราะห์มีดังตารางที่ 3.1

#### ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในไข่เยี่ยวม้า

condition	Pb
lamp current ( mA )	10.0
wave length ( nm )	283.3
slit width ( nm )	0.5
lamp intensity	100.0

ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วใช้  $(NH_4)_2HPO_4$  เป็น chemical modifiers ปริมาณตะกั่วอยู่ในหน่วยไมโครกรัมต่อลิตร (  $\mu\text{g/L}$  ) คำนวณหาปริมาณตะกั่วในหน่วยของมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) เปรียบเทียบกับปริมาณตะกั่วที่กำหนดไว้ในไข่เยี่ยวม้าของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นำผลที่ได้ไปอบรมประชาชนเพื่อให้สามารถผลิตไข่เยี่ยวม้าไร้สารตะกั่วได้