

# โครงงานวิจัย

## การพัฒนาชุดทดสอบความเค็มในอาหาร

บทที่ 1

บทนำ

1.1. หลักการและเหตุผล

ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของโลกในปัจจุบัน ทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านต่าง ๆ เกิดเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ประชากรโลกสามารถเข้าถึงสื่อ โฆษณา และมีการสื่อสารอย่างไร้พรมแดน ส่งผลให้ค่านิยมของมนุษย์ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่านิยมด้านการบริโภคอาหาร โดยสังเกตได้จากการเลือกรับประทานอาหารจานด่วน (Fast Food) อาหารแช่แข็ง (Frozen Food) เบเกอรี่ อาหารกึ่งสำเร็จรูป และอาหารแปรรูปต่างๆ จากร้านสะดวกซื้อมากขึ้น และด้วยวิถีชีวิตที่เร่งรีบ ต้องการความสะดวกสบาย ทำให้หลายครัวเรือนมีการซื้ออาหารปรุงสำเร็จ เช่น แกงถุน หรืออาหารตามสั่งมารับประทานกันมากขึ้น อาหารเหล่านี้ล้วนมีส่วนประกอบของเกลือ หรือ โซเดียมคลอไรด์ และ ผงชูรส หรือ โมโนโซเดียมกลูตาเมตในปริมาณสูง สำหรับอาหารบางอย่างแม้ไม่มีรสเค็ม แต่กลับมีส่วนประกอบของโซเดียมในรูปแบบอื่น เรียกว่าโซเดียมแฝง เช่น ขนมต่าง ๆ ที่ใช้ผงฟูเป็นองค์ประกอบ ซึ่งผงฟูเป็นโซเดียมไบคาร์บอเนต น้ำผลไม้กระป๋อง มีการเติมสารกันบูด ซึ่งเป็นโซเดียมเบนโซเอต เป็นต้น อีกทั้ง คนไทยส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการเติมเครื่องปรุง เช่น น้ำปลา เกลือ หรือซอสปรุงรส เพื่อเพิ่มรสชาติอาหาร ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้คนไทยมีความเสี่ยงได้รับความเค็ม หรือ โซเดียมมากเกินไป หรืออาจเกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งเกินกว่าที่องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ

การบริโภคโซเดียมในปริมาณมากเกินไปความต้องการของร่างกายจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ ทำให้เกิดความดันโลหิตสูง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง คนอ้วน และผู้ป่วยโรคเบาหวาน ภาวะความดันโลหิตสูงทำให้เกิดผลเสียต่อหลอดเลือดในอวัยวะต่าง ๆ เช่น หัวใจ สมอง เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ หัวใจทำงานหนักเกินไป เกิดภาวะหัวใจล้มเหลว ภาวะหลอดเลือดในสมองตีบ/แตก และอัมพฤกษ์ อัมพาตตามมาได้ นอกจากนี้การรับประทานอาหารรสเค็มมากเกินไปอย่างต่อเนื่อง ยังมีผลทำให้เกิดโรคไต มะเร็งกระเพาะอาหาร โรคระดูก ต้อกระจก นิ้วในไต และเบาหวาน เป็นต้น

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีนวัตกรรมที่ช่วยวัดระดับความเค็มเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ความเค็มอาหารแบบพกพา ซึ่งใช้หลักการวัดประจุไฟฟ้า โดยการจุ่มโพรบของเครื่องวัดความเค็มลงในอาหาร และอ่านค่าที่แสดงบนหน้าจอ วิธีการดังกล่าวทำให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน แต่วิธีการใช้โพรบยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น สามารถวัดความเค็มในรูปแบบโซเดียมคลอไรด์เท่านั้น และสามารถวัดอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวและอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และหากแช่ปลายโพรบทิ้งไว้ในอาหารเป็นเวลานาน น้ำอาจซึมเข้าไปในรอยต่อของเครื่อง ทำให้การวัดผลได้ไม่ดี

เพื่อสนับสนุนให้ภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วน ชุมชนและประชาชน ร่วมเฝ้าระวังการบริโภคความเค็มที่มากเกินไปจนมีความจำเป็น ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทุกกลุ่มวัย กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย จึงดำเนินการศึกษาและพัฒนานวัตกรรมชุดทดสอบเพื่อการเฝ้าระวังความเค็มในอาหาร ที่ง่ายต่อการใช้งาน ชุดทดสอบดังกล่าว นอกจากจะมีความสะดวกในการใช้งาน และเกิดความคุ้มค่าแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงการควบคุมปริมาณโซเดียมต่อวันมากขึ้นด้วย

## 1.2. วัตถุประสงค์

- 1.2.1. เพื่อพัฒนาชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณความเค็ม (salinity) ในอาหาร
- 1.2.2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังและลดผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีความเค็มมากเกินไปจนมีความจำเป็นของประชาชนทุกกลุ่มวัย
- 1.2.3. เพื่อพัฒนาชุดทดสอบอย่างง่าย ที่ประชาชนสามารถเข้าถึงและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

### 1.3. เป้าหมายและตัวชี้วัดความสำเร็จ

- 1.3.1. ได้ชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณความเค็ม (salinity) ที่สามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้ง่าย และรวดเร็ว
- 1.3.2. ได้ชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณความเค็ม (salinity) ที่มีความถูกต้องและแม่นยำ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

### 1.4. พื้นที่ดำเนินการ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการของกองห้องปฏิบัติการสาธารณสุข กรมอนามัย ในการพัฒนาชุดทดสอบและทดสอบการใช้ได้ของชุดทดสอบกับตัวอย่างในห้องปฏิบัติการและโรงอาหาร โรงเรียน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 1-12 สสม.และ ศอช.

### 1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณความเค็ม (salinity) เพื่อการเฝ้าระวังและลดผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีความเค็มมากเกินไปของประชาชนทุกกลุ่มวัย ที่ใช้งานได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน พกพาสะดวก สามารถใช้งานและอ่านผลได้รวดเร็ว ณ จุดทดสอบ

### 1.6. คำศัพท์และนิยาม

**ความเค็ม (salinity)** หมายถึง ปริมาณเกลือแกงในรูปแบบของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารเติมแต่งทั่วไปสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและใช้เป็นสารกันบูดและเพิ่มรสชาติเค็มในอาหาร

**โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)** หมายถึง สารประกอบชนิดหนึ่งที่มีสูตรทางเคมี คือ NaCl มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เกลือแกง ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเป็นเครื่องปรุงรส และใช้ในการถนอมอาหาร

**ชุดทดสอบ** หมายถึง ชุดทดสอบที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง ที่ใช้เวลาไม่นานและสามารถทำได้ง่าย เพื่อให้ทราบผลอย่างรวดเร็วในเบื้องต้น ก่อนจะนำไปทดสอบอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือและขั้นตอนที่มีแม่นยำสูงในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ผลถูกต้องมากขึ้น โดยทั่วไปชุดทดสอบอย่างง่ายจะถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่าย เห็นผลลัพธ์ในเวลาไม่นาน ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบ

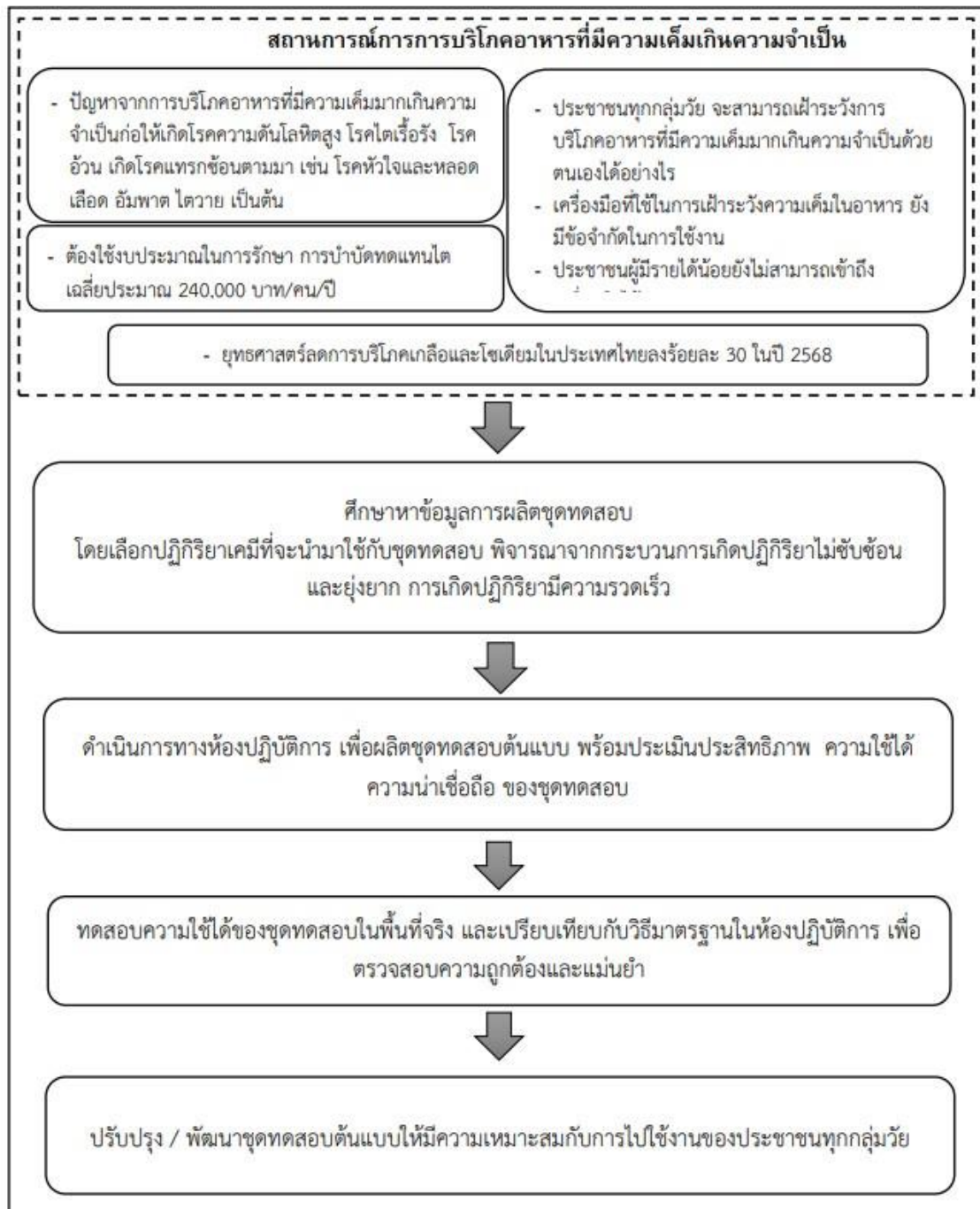
**วิธีการเปรียบเทียบความเข้มของสี (Colorimetric method)** หมายถึง วิธีกำหนดความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีหรือสารประกอบทางเคมีในสารละลายโดยใช้รีเอเจนต์ที่ทำปฏิกิริยาแล้วให้สี ใช้ได้กับทั้งสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์

### 1.7. กรอบแนวคิดงานวิจัย

ชุดทดสอบอย่างง่าย (test kit) มักใช้เพื่อทดสอบเบื้องต้นสำหรับคัดกรองตัวอย่าง ก่อนที่จะนำไปทดสอบอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ผลถูกต้องมากขึ้นชุดทดสอบอย่างง่ายมีข้อดีหลายอย่างคือ การทดสอบทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน และไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการลงมือทดสอบ ที่สำคัญคือต้นทุนต่ำ และผลการทดสอบน่าเชื่อถือ หลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายส่วนใหญ่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเป้าหมายที่สนใจกับสารทดสอบที่มีความไวและจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเป้าหมาย โดยทั้งนี้สารทดสอบมักถูกเคลือบหรือตรึงอยู่บนแผ่นทดสอบที่เป็นวัสดุรองรับ

หรืออาจอยู่ในรูปสารละลายก็ได้ เมื่อสารทดสอบทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น สีเปลี่ยนไปจากเดิม หรือการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสง เช่น เกิดการเรืองแสง หรือเกิดสารประกอบตัวใหม่หลังเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้า นอกจากนี้ อาจมีการประกอบวงจรอย่างง่ายเข้าไปด้วยสำหรับแปรผลให้เป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยสะดวก

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตชุดทดสอบความเค็มในอาหารขึ้น ในรูปแบบของแผ่นทดสอบโดยใช้หลักการการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีที่ดูดซับในตัวแผ่นดูดซับ ที่ให้สีของปฏิกิริยาที่ชัดเจน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้วัดความเค็มในรูปแบบอื่นได้ และสามารถใช้วัดความเค็มกับตัวอย่างอาหารได้หลากหลายชนิด ชุดทดสอบดังกล่าว นอกจากจะมีความสะดวกในการใช้งาน และเกิดความคุ้มค่าแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงการควบคุมปริมาณโซเดียมต่อวันมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดโครงการ การพัฒนาชุดทดสอบความเค็มในอาหาร

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1. สถานการณ์การบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย

การศึกษาวิจัยหรือสำรวจปริมาณโซเดียมในระดับประชากรของประเทศไทยนั้น ไม่ได้มีการวางแผนหรือดำเนินการในเรื่องนี้อย่างจริงจังเหมือนในต่างประเทศ แต่เนื่องจากแนวโน้มของโรคเรื้อรังที่มีความรุนแรง โดยเฉพาะโรคความดันโลหิตสูงที่เป็นปัจจัยเสี่ยงหลักสำคัญของโรคหัวใจและหลอดเลือดการประเมินการได้รับเกลือนั้นได้มีการดำเนินการและข้อมูลอยู่บ้างโดยกรมอนามัย ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักของกระทรวงสาธารณสุข ที่มีหน้าที่ในการดำเนินงานสำรวจภาวะโภชนาการของประเทศไทยโดยการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทยโดยกรมอนามัยนั้นพบว่าคนไทยส่วนมากร้อยละ 98 บริโภคเครื่องปรุงรสทุกวันโดยเครื่องปรุงรสที่นิยมมากที่สุดคือ น้ำปลา รองลงมาคือ กะปิและเกลือตามลำดับ ทั้งนี้การบริโภคเครื่องปรุงรสได้เพิ่มขึ้นจากวันละ 7.0 กรัมต่อคนต่อวัน ในปีพ.ศ. 2503 เป็น 20.5 กรัมต่อคนต่อวัน ในปีพ.ศ. 2538 สำหรับในปีพ.ศ. 2546 ครั้งที่ 5 นั้น ปริมาณการใช้เครื่องปรุงรสที่สำรวจนั้น พบว่ามีการบริโภคเพียง 4.1 กรัมต่อคนต่อวัน

ซึ่งข้อมูลรายงานที่มีปริมาณการใช้เครื่องปรุงรสที่ต่างนี้น่าจะเป็นผลมาจากวิธีการสำรวจอาหารที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้เครื่องปรุงรสที่มีรายงานดังกล่าวนี้ ไม่สามารถคำนวณหาปริมาณโซเดียมที่มีการบริโภค ได้เนื่องจากไม่มีรายละเอียดมากพอของเครื่องปรุงรสที่กล่าวถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำปลาและเกลือซึ่งเป็นแหล่งของ โซเดียมหลักในอาหารที่คนไทยนิยมบริโภค ไม่ได้มีการคำนวณเป็นปริมาณโซเดียมแต่อย่างใด

ในปีพ.ศ. 2550 ได้มีการริเริ่มในการสำรวจการบริโภคโซเดียมคลอไรด์ของประชากรไทยดำเนินการโดยกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ร่วมมือกับคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าปริมาณการบริโภคโซเดียมคลอไรด์ของประชากรไทยที่สำรวจในปีพ.ศ. 2550 ประชากรไทยได้รับโซเดียมคลอไรด์โดยเฉลี่ย  $10.9 \pm 2.6$  กรัม โดยมาจากเครื่องปรุงรสต่างๆ  $8.0 \pm 2.6$  กรัม คิดเป็นร้อยละ 80.3 ของโซเดียมคลอไรด์ทั้งหมดที่ได้รับ และเมื่อคำนวณเทียบกลับเป็นปริมาณของโซเดียม (ร้อยละ 40 ของปริมาณโซเดียมคลอไรด์) พบว่า ประชากรไทยได้รับโซเดียมจากอาหารที่บริโภคสูงถึง 4,351.7 มิลลิกรัมต่อคนต่อวัน

นอกจากการสำรวจของกรมอนามัยแล้ว ยังมีการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ เรื่อง สถานการณ์การบริโภค เกลือโซเดียมในประชากรไทย ของสำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค ในปี พ.ศ. 2550 เพื่อศึกษาสถานการณ์ การบริโภคและแบบแผนความเชื่อเกี่ยวกับการบริโภคโซเดียม และความเชื่อที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการบริโภค โซเดียมกับภาวะสุขภาพและการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในประชากรไทย อายุระหว่าง 15 - 59 ปีจากพื้นที่ในการ ศึกษาทั้งสิ้น 4 จังหวัด คือ เชียงใหม่ นครราชสีมา นครปฐม และสุราษฎร์ธานีจำนวน 2,227 ตัวอย่างด้วยเครื่องมือ และวิธีการต่างๆ 2 ชนิดในการเก็บข้อมูล คือ

- การสำรวจพฤติกรรมกรรมการบริโภคโซเดียม
- การเก็บปัสสาวะ 24 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณโซเดียมที่ได้จากการขับทิ้งทางปัสสาวะ

และเป็นการศึกษาวิจัยเดียวที่มีการเก็บข้อมูลจากปัสสาวะร่วมด้วย พบว่า

- 1) กลุ่มตัวอย่างมีความถี่ของการบริโภคอาหารที่มีปริมาณโซเดียมสูงมากกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์
- 2) ในเรื่องความรู้ความเข้าใจนั้น พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 25 ระบุว่ารู้จัก “โซเดียม” และสามารถระบุประเภทอาหารที่พบโซเดียมได้คือ อาหารและเครื่องปรุงรสที่มีรสเค็ม ผงปรุงรส และอาหารสำเร็จรูป แต่มีส่วน น้อยเท่านั้นที่ระบุได้ว่า มีตามธรรมชาติของอาหารด้วย 14 ยุทธศาสตร์ลดการบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย พ.ศ. 2559-2568
- 3) ค่ามัธยฐานของปริมาณโซเดียมในปัสสาวะ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 2,955.5 มิลลิกรัมต่อวัน โดยพบว่าร้อยละ 87.5 ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่า 2300 มิลลิกรัมต่อวัน
- 4) กลุ่มตัวอย่างอายุ 36-45 ปีมีปริมาณการขับออกของโซเดียมคือ 149.0 มิลลิโมลต่อวันสูงกว่ากลุ่ม ตัวอย่างวัยอื่นๆ สะท้อนให้เห็นว่าเป็นกลุ่มอายุที่มีการบริโภคโซเดียมสูงกว่าช่วงอายุอื่น
- 5) เพศชายมีปริมาณการขับออกของโซเดียม คือ 131.0 สูงกว่าเพศหญิง คือ 128.5 มิลลิโมลต่อวัน กลุ่มพ่อบ้านแม่บ้านมีปริมาณโซเดียมขับออกในปัสสาวะมากกว่ากลุ่มอื่น (155 มิลลิโมลต่อวัน)
- 6) กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในเขตเทศบาลมีการขับโซเดียม 128.0 มิลลิโมลต่อวัน สูงกว่าผู้ที่อยู่นอกเขต เทศบาลที่มีการขับโซเดียม 130.0 มิลลิโมลต่อวัน

การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552 ที่ดำเนินการโดย สำนักงานสำรวจสุขภาพประชากรไทยสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุขได้รายงานผนวก “การสำรวจการบริโภคอาหารของประชาชนไทย” ออกมาเป็นครั้งแรกในปีพ.ศ.2554 โดยได้สัมภาษณ์เกี่ยวกับความถี่ในการบริโภคอาหาร (frequency of food consumption) ในกลุ่มตัวอย่างอายุ 2-14 ปี จำนวน 8,462 คนและ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 20,470 คน สัมภาษณ์ เกี่ยวกับอาหารบริโภคทบทวนความจำย้อนหลัง 24 ชั่วโมงจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2,969คน มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบ แบบแผนการบริโภคอาหารประเภทต่างๆและประเมินปริมาณของการได้รับพลังงานและสารอาหารของกลุ่มตัวอย่าง ประชากรไทยในการสำรวจครั้งนี้ได้มีการประเมินปริมาณการบริโภคโซเดียมด้วยโดยใช้วิธีการชั่งประวัติการบริโภค อาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง พบว่าการบริโภคโซเดียมสูงกว่าปริมาณที่แนะนำกล่าวคือได้รับมากกว่า 2,400 มิลลิกรัม ต่อวัน โดยค่ามัธยฐานของการบริโภคโซเดียมอยู่ที่ 3,264 มิลลิกรัมต่อวันโดยที่ผู้ใหญ่มีค่ามัธยฐานการบริโภค อยู่ระหว่าง 2,961.9 - 3,633.8 มิลลิกรัมต่อวัน รายละเอียดปริมาณการบริโภคแยกตามอายุและเพศแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการบริโภคโซเดียม (มิลลิกรัมต่อคนต่อวัน) จำแนกตามกลุ่มตัวอย่าง

อายุ (ปี)	เพศชาย				เพศหญิง			
	จำนวน (n)	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน (n)	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1-3	69	1,804.6	2,154.4	1,604.1	55	1,468.9	2065.1	1,340.2
4-5	69	2,262.6	2,569.8	1,643.0	63	1,819.5	2131.1	1,401.2
6-8	101	2,682.5	3,017.7	1,873.7	91	2,523.5	2904.5	2,087.8
9-12	159	2,651.1	3,194.3	2,806.3	196	2,720.0	3242.5	2,252.1

13-15	86	2,776.5	3,147.7	2,070.4	84	2,746.3	2824.5	1,701.8
16-18	43	3,386.9	4,602.7	3,581.2	34	2,890.6	3536.9	2,098.2
19-30	72	3,633.8	3,926.0	2,127.7	55	3,337.6	4249.2	3,299.9
31-50	248	3,470.1	4,259.6	2,937.4	313	3,471.2	4119.7	4,556.3
51-59	132	2,961.9	3,947.0	3,121.7	115	3,251.9	3682.5	2,740.2
60-69	287	3,366.9	4,001.5	2,741.9	274	3,237.9	3814.5	2,687.0
70-79	160	2,831.8	3,606.1	2,483.1	170	2,963.0	3735.1	2,768.7
>80	41	3,249.1	4,059.8	3,617.5	43	2,851.6	3625.5	2,828.5

แหล่งข้อมูล: การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552

รายงานวิจัยการสำรวจสถานการณ์การแสดงข้อมูลโภชนาการและปริมาณโซเดียมบนฉลากอาหาร ในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที ปี 2555-2558 โดยการสำรวจปริมาณโซเดียมที่แสดงบนฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พบว่าแหล่งของเกลือและโซเดียมที่ประชาชนไทยได้รับจากผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันทีมากที่สุด คือ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยอยู่ในช่วง 1,000 - 1,200 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค และน้อยที่สุด คือ ซ็อกโกแลต โดยอยู่ในช่วง 0 - 300 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงปริมาณโซเดียมที่แสดงบนฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท (มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค) จำแนกตามกลุ่มผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณโซเดียม
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	1,000 - 2,000
อาหารแช่เย็นแช่แข็ง	400 - 1,500
โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป	400 - 1,200
ผลิตภัณฑ์กลุ่มปลาเส้น	300 - 900
เครื่องปรุงรส เช่น ซอส ซีอิ๊ว น้ำปลา ผลปรุงรส	201 - 300
ขนมอบ เช่น ขนมปังกรอบ เวเฟอร์ คุกกี้ เค้ก	20 - 300
สาหร่าย	30 - 400
ขนมขบเคี้ยว เช่น มันฝรั่งอบกรอบ ข้าวโพดคั่วทอด ข้าวเกรียบ	100 - 600
เครื่องดื่ม เช่น น้ำผัก น้ำผลไม้ ชากาแฟ	0 - 300
นมและผลิตภัณฑ์นม	0 - 200
ซ็อกโกแลต	0 - 100



แหล่งข้อมูล : รายงานวิจัยการสำรวจสถานการณ์การบริโภคเกลือโซเดียมและปริมาณโซเดียมบนฉลากอาหาร ในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันทีปี 2555 - 2558

## 2.2. ความสำคัญของเกลือและโซเดียมต่อร่างกาย

เกลือแกง (salt) หรือสารประกอบทางเคมีที่เรียกว่า “โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)” ประกอบด้วย โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ร้อยละ 40 และคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ดังนั้น เกลือ 1 กรัม จะประกอบด้วย โซเดียม 0.4 กรัม ซึ่งแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดมีความสำคัญต่อร่างกาย โดยเฉพาะโซเดียมนั้นเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญในการรักษาระดับสมดุลของระบบของเหลวในร่างกาย

โดยปกติร่างกายได้รับโซเดียมผ่านทางอาหารบริโภคเป็นหลักโดยเฉพาะเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ ) ซึ่งปกติใช้ในการปรุงอาหารให้มีรสชาติเค็มและเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องปรุงที่ให้รสเค็มเช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว นอกจากนี้ยังพบ โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ที่อยู่ในรูปสารประกอบอื่นๆที่อาจไม่มีรสชาติเค็มได้อีกด้วยได้แก่ โซเดียมตามธรรมชาติของอาหาร โซเดียมจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารและโซเดียมที่อยู่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ผงชูรส (โมโน โซเดียมกลูตาเมต) หรือผงฟู (โซเดียมไบคาร์บอเนต) เป็นต้น

ปริมาณโซเดียมที่บริโภคเพียงพอต่อวัน องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน การได้รับมากหรือน้อยเกินไปส่งผลเสียต่อร่างกายทั้งสิ้น แต่ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากที่ได้รับในปริมาณที่สูงกว่าความต้องการต่อวันแม้โซเดียมจะเป็นแร่ธาตุจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างได้แต่ร่างกายก็ไม่สามารถเก็บสะสมโซเดียม ไว้ได้ต้องขับส่วนที่เกินจากความต้องการทิ้งทั้งหมด ส่งผลให้ไตต้องทำงานหนัก และในขณะที่มีระดับโซเดียมจำนวนมากอยู่ในร่างกาย ก็จะทำให้ระดับความดันโลหิตสูงขึ้น ส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่ออวัยวะอื่นๆ ตามมา ด้วยเหตุนี้ การประชุม Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CCNFSDU) ครั้งที่ 31 ณ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2552 ที่ประชุมเห็นชอบให้โซเดียมเป็นสารอาหาร ที่มีความสำคัญ ลำดับแรกๆ ที่ควรมีการกำหนดค่า Nutrient Reference Values on Non-communicable diseases หรือ NRVs-NCD ของโซเดียมที่ 2,000 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจาก Institute of Medicine ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดค่าความต้องการโซเดียมที่เพียงพอต่อการทำงานของหัวใจไว้เพียง 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน<sup>(1)</sup>

## 2.3. ผลกระทบต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อต่างๆ จากการได้รับโซเดียมในปริมาณที่สูงเกินความต้องการ

### 2.3.1. โรคความดันโลหิตสูง (Hypertension: HT)

การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคเกลือโซเดียมกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง เริ่มต้นโดย Louis Dahl และคณะ ในปีพ.ศ. 2503 พบว่าการได้รับเกลือโซเดียมมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณเกลือที่ได้รับและความชุกของโรคความดันโลหิตสูงซึ่งจะนำไปสู่โรคอื่นๆ ที่เป็นภาวะแทรกซ้อน ศูนย์ควบคุมโรคของสหรัฐอเมริกาแนะนำ ปริมาณเกลือโซเดียมที่บริโภคได้โดยไม่เกิดอันตรายคือโซเดียม 2 กรัมต่อวันหรือเท่ากับเกลือ 5 กรัมต่อวันในทางปฏิบัติปริมาณข้างต้น จะเทียบเท่าเกลือแกง 1 ช้อนชา หรือเทียบเท่า น้ำปลา 3-4 ช้อนชาต่อวันนอกจากนี้ผลการสำรวจที่เกี่ยวกับปริมาณการได้รับเกลือโซเดียมแสดงให้เห็นว่า ประชากรทั่วโลกได้รับปริมาณเกลือโซเดียมสูงกว่าแนะนำ มากกว่า 2 เท่า

### 2.3.2. โรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular diseases: CVD)

การได้รับโซเดียมในปริมาณที่สูงเกินความต้องการเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary heart disease) โรคอัมพฤกษ์อัมพาต (strokes) ถึงร้อยละ 49 และร้อยละ 62 ของการเกิดโรคทั้งหมด จากการศึกษาของ Mozaffarian และคณะ พบว่าการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 1,650,000 ราย ที่เกิดขึ้นในปีค.ศ. 2010 มีสาเหตุมาจากการบริโภคโซเดียมเหนือระดับอ้างอิง คือ 2 กรัมต่อวัน หรือเกลือ 5 กรัมต่อวัน การลดปริมาณโซเดียมในผู้ใหญ่ที่ได้รับโซเดียมน้อยกว่า 2 กรัมต่อวันมีผลต่อการลดระดับความดันโลหิตและโอกาสต่อการเกิดโรค CVD

### 2.3.3. โรคไตวายเรื้อรัง (Chronic kidney disease: CKD)

การที่ร่างกายได้รับโซเดียมในปริมาณที่สูงทำให้มีผลกระทบต่อไตซึ่งไตเป็นอวัยวะหลักที่ทำหน้าที่กำจัดโซเดียม โดยทำให้ไตเสื่อมเร็วขึ้นจากการทำงานหนักและโปรตีนรั่วในปัสสาวะและความเสื่อมนั้นจะคงอยู่ตลอดไป แม้จะมีการลดปริมาณโซเดียมลงในภายหลัง นอกจากนี้ภาวะความดันโลหิตสูงก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไตเสื่อม ด้วยซึ่งล้วนแต่มีสาเหตุจากการได้รับเกลือและโซเดียมปริมาณสูง ดังนั้น การลดความดันโลหิตและโปรตีนในปัสสาวะ จะป้องกันการสูญเสียการทำงานของไต และภาวะแทรกซ้อน เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด

## 2.4. การวิเคราะห์และทดสอบความเค็มในรูปของโซเดียมคลอไรด์

### 2.4.1. การหักเหของแสง

วิธีนี้หาปริมาณเกลือตามดัชนีการหักเหของแสง ดัชนีการหักเหของแสงถูกกำหนดโดยการส่งผ่านแสงผ่านปริซึมไปยังตัวอย่างและวัดว่าแสงโค้งงอ อย่างไรเครื่องวัดการหักเหของแสงจะกำหนดมุมวิกฤตของตัวอย่าง มุมวิกฤตคือมุมที่ไม่มีแสงหักเหและแสงทั้งหมดจะสะท้อนกลับภายใน

เครื่องวัดการหักเหของแสงแต่ละเครื่องจะขึ้นอยู่กับผลกระทบของความหนาแน่นและอุณหภูมิต่อดัชนีการหักเหของแสงสำหรับพารามิเตอร์ที่วัดได้เฉพาะ ดัชนีการหักเหของแสงจะถูกแปลงเป็นหน่วยการวัด เช่น % Brix (ของแข็งที่ละลายน้ำได้เช่น ซูโครส) หรือ %เกลือ

### 2.4.2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

เกลือแกงจะแยกตัวออกเป็นสองไอออนในสารละลาย คือ โซเดียมและคลอไรด์ไอออน เนื่องจากไอออนเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจึงดำเนินการได้ง่ายขึ้น เป็นผลให้สามารถใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) เพื่อประมาณปริมาณเกลือที่ละลายในสารละลาย เมื่อได้การวัดค่า EC แล้ว ต้องใช้ปัจจัยการแปลงที่จำเพาะกับเกลือเพื่อให้ได้ปริมาณเกลือในสารละลาย

### 2.4.3. อิเล็กโทรดจำเพาะไอออน (ISE)

การทดสอบปริมาณเกลือในอาหารคือการใช้ Ion selective electrodes ซึ่งมักเรียกกันว่า ISE เป็นเซ็นเซอร์เคมีที่ใช้ในการกำหนดความเข้มข้นของไอออนจำเพาะในสารละลาย ใน ISE ของโซเดียม หัววัดจะเป็นหลอดแก้วที่ไวต่อโซเดียมเช่นเดียวกับอิเล็กโทรด pH หัววัด ISE ปฏิบัติตามกาตอบสนองของสมการ Nernstian ซึ่งช่วยให้เราสามารถเทียบเคียงการอ่านมิลลิโวลต์ (mV) กับค่าความเข้มข้นที่ได้

การใช้งาน ISE ต้องการการดูแลเพื่อให้แน่ใจว่าการวัดที่แม่นยำ เหมาะสำหรับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานโดยบุคคลทั่วไปเนื่องจากมีความยุ่งยากในการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

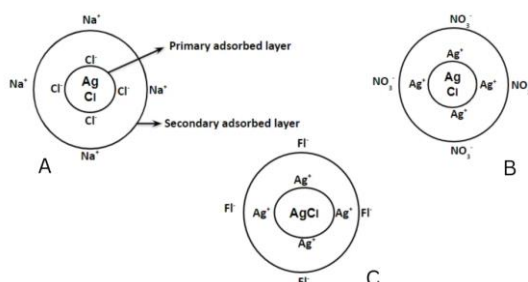
### 2.4.4. การวิเคราะห์ด้วยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ )

การวิเคราะห์ความเค็มหรือเกลือโซเดียมคลอไรด์ ส่วนใหญ่นิยมวิธีการไทเทรตแบบอาศัยปฏิกิริยา การเกิดตะกอนหรืออาร์เจนโทรเมตริกไทเทรชัน (argentometric titration) ซึ่งเป็นวิธีไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ ) เพื่อเกิดการตกตะกอนกับคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ )

#### 2.4.4.1. การไทเทรตด้วยวิธีของฟาเจนส์ (Fajan's Method)

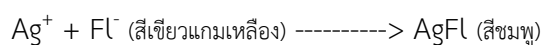
การไทเทรตด้วยวิธีนี้ จะใช้อินดิเคเตอร์สารประกอบอินทรีย์ที่สามารถถูกดูดซับที่ผิวของตะกอน และทำให้เกิดสีขึ้นภายใต้สภาวะที่แน่นอนและคงที่ที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลของการไทเทรต อินดิเคเตอร์ที่ใช้กันมาก ได้แก่ ฟลูออเรสซิน (fluorescein) ซึ่งเป็นกรดอ่อนสารอินทรีย์พวกสีอ่อน (weak organic acid dye) ซึ่งใช้ได้กับการไทเทรตหาปริมาณคลอไรด์ อินดิเคเตอร์ฟลูออเรสซินสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน และไอออนลบที่เรียกว่า ฟลูออเรสซินेटไอออน ซึ่งมีสีเขียวแกมเหลืองในสารละลาย ฟลูออเรสซินेटไอออนสามารถรวมตัวกับ  $\text{Ag}^+$  ให้เกลือเงินที่ละลายได้น้อย

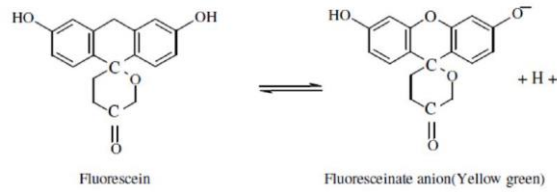
ดังนั้นการใช้อินดิเคเตอร์ตัวนี้ต้องให้มีปริมาณความเข้มข้นที่พอเหมาะ ถ้าความเข้มข้นมากเกินไปจะทำให้ตกตะกอนเงินฟลูออเรสซินेटได้ เมื่อเริ่มต้นทำการไทเทรตสารละลายจะมีสีของอินดิเคเตอร์ฟลูออเรสซินेटเป็นสีเขียวแกมเหลือง



ภาพที่ 2.1 กระบวนการดูดซับที่พื้นผิวของ  $\text{AgCl}$

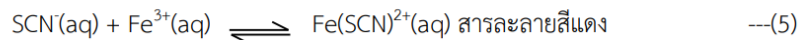
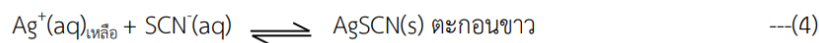
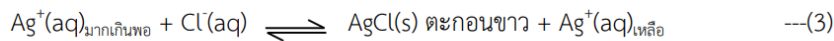
เมื่อเติม  $\text{Ag}^+$  ลงไปทำให้เกิด  $\text{AgCl}$  และในสารละลายยังมี  $\text{Cl}^-$  มากเกินไป ถ้าการไทเทรตยังไม่ถึงจุดสมมูล  $\text{Cl}^-$  จะถูกดูดซับ (adsorb) ที่ผิวของตะกอนทำให้ตะกอนมีประจุเป็นลบ ฟลูออเรสซินेटไอออนซึ่งมีประจุเป็นลบเช่นกัน จะไม่ถูกดูดซับในขั้นนี้ เมื่อการไทเทรตถึงจุดสมมูลตะกอนจะเริ่มมีประจุเป็นบวก ฟลูออเรสซินेटจะเริ่มถูกดูดซับด้วยตะกอนที่ชั้นของแคตไอออนให้สีชมพูของเงินฟลูออเรสซินेटเกิดขึ้น การดูดซับอินดิเคเตอร์นี้สามารถทำให้คลายการดูดซับได้โดยทำการไทเทรตย้อนกลับคือ เติมคลอไรด์ไอออนลงไปที่จะทำให้  $\text{Cl}^-$  เข้าไปที่ผิวของตะกอนแทนที่ฟลูออเรสซินेटไอออน สีชมพูของซิลเวอร์ฟลูออเรสซินेटก็จะหายไป





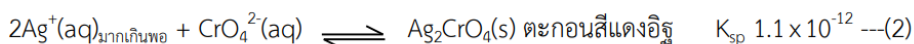
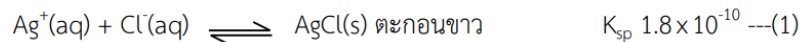
#### 2.4.4.2. การไทเทรตด้วยวิธีของโวลฮาร์ด (Volhard's method)

จะใช้สารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3$  ที่มาก เกินพอเพื่อทำให้  $\text{Cl}^-$  ในตัวอย่างตกตะกอนเป็นตะกอน  $\text{AgCl}$  จนหมด จากนั้นไทเทรตสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ที่ เหลืออยู่ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต ( $\text{KSCN}$ ) โดยใช้เฟอร์ริกอลัม (ferric alum) เป็น อินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างเฟอร์ริกไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) กับไทโอไซยาเนตไอออน ( $\text{SCN}^-$ ) เป็น สารละลายสีแดง ดังแสดงในปฏิกิริยาสมการที่ (3) ถึง (5) อย่างไรก็ตาม วิธีโวลฮาร์ดนี้นิยมเติมไนโตรเบนซีน (nitrobenzene) ลงไปก่อนเติมอินดิเคเตอร์ สำหรับเขย่าให้ตะกอนถูกจับลงมาอยู่ด้านล่างขวดรูปชมพู่เพื่อ ลดผลรบกวนการมองจุดยุติของสารละลายจากตะกอนที่เกิดขึ้น



#### 2.4.4.3. การไทเทรตแบบโมฮร์ (Mohr's method)

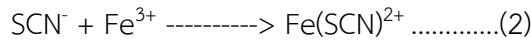
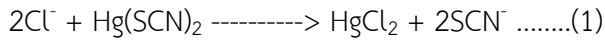
จะใช้สารละลายโพแทสเซียมโครเมต ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) เป็นอินดิเคเตอร์ภายใต้สภาวะสารละลายที่เป็นกลาง เมื่อ เติมสารละลายซิลเวอร์ ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ ) ลงไปในสารละลายตัวอย่างที่มี  $\text{Cl}^-$  จะเกิดเป็นตะกอนสีขาว ออกมาก่อน [สมการที่ (1)] เนื่องจากในการเกิดตะกอนซิลเวอร์ โครเมต ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) นั้น อัตราส่วนของ  $\text{Ag}^+ : \text{CrO}_4^{2-}$  จะเป็น 2:1 ในขณะที่การเกิดตะกอนซิลเวอร์ คลอไรด์ ( $\text{AgCl}$ ) ใช้อัตราส่วน  $\text{Ag}^+ : \text{Cl}^-$  เพียง 1:1 รวมถึงค่าคงที่สมดุลการละลาย ( $K_{sp}$ ) ของ  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  มีค่าต่ำกว่า  $K_{sp}$  ของ  $\text{AgCl}$  ไม่มากนัก ทำให้  $\text{Ag}^+$  ทำปฏิกิริยากับ  $\text{Cl}^-$  ในตัวอย่างหมดก่อน แล้วจึงมาทำปฏิกิริยากับอินดิเคเตอร์เกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐขึ้น [สมการที่ (2)] ทำให้สามารถทราบจุดยุติ



#### 2.4.5. การวิเคราะห์คลอไรด์แบบอื่นๆ

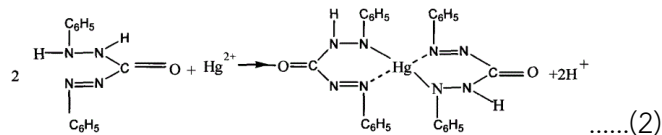
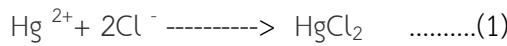
##### 2.4.5.1. ปฏิกิริยาของเมอร์คิวรี ไทโอไซยาเนต (mercury thiocyanate-iron Reaction)

คลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Hg}^{2+}$  เป็น  $\text{HgCl}_2$  ที่เสถียร แล้วปล่อยไอออนไทโอไซยาเนต ( $\text{SCN}^-$ ) ดังสมการที่ 1 ไอออนไทโอไซยาเนต ( $\text{SCN}^-$ ) มากเกินพอจะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Fe}^{3+}$  ให้เป็นสารละลายสีแดงดังสมการที่ 2



### 2.4.5.2. ปฏิกริยาของเมอร์คิวรีไนเตรท (Mercury Nitrate Reaction)

คลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Hg}^{2+}$  เป็น  $\text{HgCl}_2$  ที่เสถียรดังสมการที่ 1  $\text{Hg}^{2+}$  มากเกินไปพอจะทำปฏิกิริยากับ Diphenyl carbazone เป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งจะให้สีม่วงกับ  $\text{Hg}^{2+}$  เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรในช่วง pH 2.3-2.8 ดังสมการที่ 2



## 2.5. การประเมินความใช้ได้ของชุดทดสอบ

การประเมินความใช้ได้ของชุดทดสอบเป็นกระบวนการที่ต้องทดสอบก่อนการนำชุดทดสอบออกมาใช้งาน เพื่อเป็นการแสดงว่าชุดทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้น มีเหมาะสมกับการใช้งานในภาคสนามหรือใช้ชุดทดสอบในการเฝ้าระวัง โดยพิจารณาจากค่าปริมาณที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะ ดังนี้

- 2.5.1. ความจำเพาะของชุดทดสอบ (Specificity) หมายถึง ความสามารถของชุดทดสอบที่สามารถตรวจพบสารเป้าหมายได้อย่างถูกต้องโดยปราศจากการรบกวนจากสารอื่นในตัวอย่างทดสอบ
- 2.5.2. ความแม่นยำของชุดทดสอบ (Precision) หมายถึง ความสามารถของชุดทดสอบที่ให้ผลการตรวจซ้ำที่ระดับความเข้มข้นที่สนใจไม่แตกต่างกัน
- 2.5.3. ความไวของชุดทดสอบ (Sensitivity) หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดของสารเป้าหมายที่ให้ผลบวกกับชุดทดสอบ
- 2.5.4. ความถูกต้องของชุดทดสอบ (Accuracy) หมายถึง การเปรียบเทียบผลการทดสอบสารเป้าหมายที่ได้จากชุดทดสอบกับวิธีตรวจวิเคราะห์มาตรฐาน
- 2.5.5. ความคงสภาพของชุดทดสอบ (Stability) หมายถึง ความสามารถของชุดทดสอบในการดำรงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของชุดทดสอบ ณ การเก็บรักษาตามที่กำหนด

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1. ขั้นตอนเบื้องต้นในการดำเนินงานวิจัย

- 3.1.1. สถานการณ์โรคที่เกิดจากความเค็มเป็นสาเหตุ
- 3.1.2. ศึกษาข้อมูลเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดทดสอบความเค็มในอาหาร
- 3.1.3. ศึกษาวิธีทดสอบและสภาวะที่เหมาะสมในการทดสอบความเค็มในอาหาร
- 3.1.4. เลือกวิธีทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชุดทดสอบความเค็มในอาหาร พร้อมเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สารเคมีสำหรับทดสอบทางห้องปฏิบัติการ
- 3.1.5. ประเมินประสิทธิภาพของชุดทดสอบโดยวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ
- 3.1.6. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบความเค็มในอาหาร โดยเปรียบเทียบค่าปริมาณความเค็มที่ได้จากชุดทดสอบกับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient : r) ในการประเมินความน่าเชื่อถือของชุดทดสอบ
- 3.1.7. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบในพื้นที่จริง เทียบกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาปรับปรุง/พัฒนาชุดทดสอบต้นแบบ

### 3.2. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ ในห้องปฏิบัติการ

- 3.2.1. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร
- 3.2.2. ปิเปต (Pipette) ขนาด 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, และ 10 มิลลิลิตร
- 3.2.3. ขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
- 3.2.4. แท่งแก้วคนสาร (Glass Stirring Rod)
- 3.2.5. กระจกทรงเบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร
- 3.2.6. กระจกมันชนิดกันน้ำ
- 3.2.7. ถาดย้อมกระจกทรง
- 3.2.8. ถาดอบกระจกทรงที่ทนอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส
- 3.2.9. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น fd115
- 3.2.10. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S-CW
- 3.2.11. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Hach

### 3.3. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์และจัดเตรียมชุดทดสอบ

- 3.3.1. ซิลเวอร์ ไนเตรท (silver nitrate,  $\text{AgNO}_3$ ) เกรตวิเคราะห์ ยี่ห้อ Poch ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99 %
- 3.3.2. 2',7'-ไดคลอโรฟลูออเรสซิน (2',7'-Dichlorofluorescein,  $\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{O}_5$ ) เกรตวิเคราะห์ ยี่ห้อ Sigma aldrich ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99 %

- 3.3.3. โซเดียม คลอไรด์ (sodium chloride, NaCl) เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Merck ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99 %
- 3.3.4. แอลกอฮอล์ แอล (Absolute L, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) ยี่ห้อ Merck ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.9 %
- 3.3.5. เอทานอล เข้มข้น 50 % โดยปริมาตร
- 3.3.6. โมโนโซเดียมกลูตาเมต (Monosodium glutamate) ยี่ห้อ Sigma Aldrich ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.0 %
- 3.3.7. ซูโครส (Sucrose) ยี่ห้อ KemAus ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.0 %
- 3.3.8. น้ำกลั่นบริสุทธิ์ (Distilled Water) ที่มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 10 ไมโครซีเมนส์/เซ็นติเมตร (μS/cm)

### 3.4. การเตรียมสารละลายและแผ่นทดสอบความเค็มในชุดทดสอบความเค็ม

#### 3.4.1. สารละลายซิลเวอร์ ไนเตรท

- 3.4.1.1. ละลายซิลเวอร์ ไนเตรท ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.068 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ 50 % v/v ตีฉลากเป็นสารละลาย Ag-1
- 3.4.1.2. ละลายซิลเวอร์ ไนเตรท ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.171 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ 50 % v/v ตีฉลากเป็นสารละลาย Ag-2
- 3.4.1.3. ละลายซิลเวอร์ ไนเตรท ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.342 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ 50 % v/v ตีฉลากเป็นสารละลาย Ag-3

#### 3.4.2. สารละลาย 2',7'-ไดคลอโรฟลูออเรสซิน

- 3.4.2.1. ละลาย 2',7'-ไดคลอโรฟลูออเรสซิน ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.0050 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ ตีฉลากเป็นสารละลาย Flu-1
- 3.4.2.2. ละลาย 2',7'-ไดคลอโรฟลูออเรสซิน ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.0125 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ ตีฉลากเป็นสารละลาย Flu-2
- 3.4.2.3. ละลาย 2',7'-ไดคลอโรฟลูออเรสซิน ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.0250 นอร์แมล (normal) ในสารละลายแอลกอฮอล์ ตีฉลากเป็นสารละลาย Flu-3

#### 3.4.3. การเตรียมสารละลายย้อมแผ่นทดสอบความเค็ม

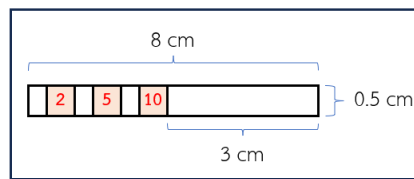
- 3.4.3.1. สารละลายย้อมแผ่นทดสอบความเค็ม สำหรับทดสอบความเค็มที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร (g/L) ในรูปของโซเดียม คลอไรด์ (salinity as NaCl) นำสารละลาย Ag-1 ผสมกับสารละลาย Flu-1 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1
- 3.4.3.2. สารละลายย้อมแผ่นทดสอบความเค็ม สำหรับทดสอบความเค็มที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร (g/L) ในรูปของโซเดียม คลอไรด์ (salinity as NaCl) นำสารละลาย Ag-2 ผสมกับสารละลาย Flu-2 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1
- 3.4.3.3. สารละลายย้อมแผ่นทดสอบความเค็ม สำหรับทดสอบความเค็มที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร (g/L) ในรูปของโซเดียม คลอไรด์ (salinity as NaCl) นำสารละลาย Ag-3 ผสมกับสารละลาย Flu-3 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1

### 3.4.4. การย้อมแผ่นทดสอบความเค็ม

- 3.4.4.1. เทศารละลายสารละลายย้อมแผ่นทดสอบความเค็มลงในภาตย้อมกระดาษกรอง แต่ละความเข้มข้น
- 3.4.4.2. ชุบกระดาษกรองลงในสารละลาย และเมื่อสารละลายกระจายทั่วทั้งแผ่นให้ยกออกทันที
- 3.4.4.3. ห้ามทิ้งกระดาษกรองไว้ในภาตย้อมกระดาษกรอง เพราะจะเกิดการตกตะกอนและทำให้สารละลายกระจายตัวไม่สม่ำเสมอบนกระดาษกรอง
- 3.4.4.4. อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ  $85 \pm 5$  องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 5 นาทีหรือจนกระดาษกรองแห้งสนิท

### 3.4.5. การเตรียมแผ่นทดสอบความเค็ม

- 3.4.5.1. พิมพ์ลายแผ่นตรวจวัดความเค็ม ดังภาพที่ 3.1 ลงบนกระดาษมันชนิดกันน้ำ ขนาด A4



ภาพที่ 3.1 ลักษณะและขนาดของแผ่นตรวจวัดความเค็ม

- 3.4.5.2. ตัดแผ่นทดสอบความเค็มให้ได้ขนาดความกว้าง 5 มิลลิเมตร ตัดแผ่นทดสอบความเค็มลงบนตารางที่ได้พิมพ์ไว้ในกระดาษมันชนิดกันน้ำ ขนาด A4 ตามค่าความเข้มข้นที่ระบุไว้
- 3.4.5.3. ตัดแผ่นตรวจวัดความเค็มให้ได้ขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร และยาว 8 เซนติเมตร
- 3.4.5.4. บรรจุแผ่นตรวจสอบพร้อมซองกันชื้นลงในถุงทึบแสงและปิดผนึกซองด้วยเครื่องซีลปากถุง ติดสติ๊กเกอร์บนซองบรรจุภัณฑ์และบรรจุลงกล่องชุดทดสอบ

## 3.5. การประเมินประสิทธิภาพของชุดทดสอบความเค็มในอาหาร

### 3.5.1. ประเมินระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบ

- 3.5.1.1. จุ่มแผ่นตรวจวัดความเค็ม จำนวน 5 แผ่น ในสารละลายสารละลายมาตรฐานความเค็มที่ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร (g/L) เป็นเวลา 2 วินาที
- 3.5.1.2. นำแผ่นตรวจวัดความเค็มออกจากสารละลาย ซับสารละลายส่วนเกินออกจากแผ่นตรวจวัดความเค็ม ด้วยกระดาษทิชชู
- 3.5.1.3. อ่านค่าความเข้มข้นบนแผ่นตรวจวัดความเค็ม ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าหรือเท่ากับค่าของแผ่นทดสอบความเค็ม สีของแผ่นทดสอบจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง และแผ่นทดสอบจะต้องเปลี่ยนสีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด
- 3.5.1.4. ทดสอบตามขั้นตอนที่ 3.5.1.1. แต่เปลี่ยนระยะเวลาเป็น 4, 6, 8, 10 และ 12 วินาที เปรียบเทียบผลการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

### 3.5.2. ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity test)



- 3.5.2.1. นำแผ่นตรวจวัดความเค็ม จำนวน 20 แผ่น ไปทดสอบสารละลายมาตรฐานความเค็มที่ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร โดยจุ่มลงไปนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็นระยะเวลา 10 วินาที
- 3.5.2.2. อ่านค่าความเข้มข้นบนแผ่นตรวจวัดความเค็ม ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าหรือเท่ากับค่าของแผ่นทดสอบความเค็ม สีของแผ่นทดสอบจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง และแผ่นทดสอบจะต้องเปลี่ยนสีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด
- 3.5.2.3. ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity test) โดยรายงานค่าเป็นร้อยละ

### 3.5.3. ประเมินความแม่นยำ (Relative accuracy)

- 3.5.3.1. นำแผ่นตรวจวัดความเค็ม จำนวน 10 แผ่น ไปทดสอบสารละลายมาตรฐานความเค็มที่ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร โดยจุ่มลงไปนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็นระยะเวลา 10 วินาที
- 3.5.3.2. อ่านค่าความเข้มข้นบนแผ่นตรวจวัดความเค็ม ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าหรือเท่ากับค่าของแผ่นทดสอบความเค็ม สีของแผ่นทดสอบจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง และแผ่นทดสอบจะต้องเปลี่ยนสีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด
- 3.5.3.3. นำสารละลายมาตรฐานความเค็มที่ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร ไปทดสอบหาค่าความเค็มตามวิธีมาตรฐาน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากแผ่นตรวจวัดความเค็ม

### 3.5.4. ประเมินความไว (Relative sensitivity)

- 3.5.4.1. นำแผ่นตรวจวัดความเค็ม จำนวน 10 แผ่น ไปทดสอบสารละลายมาตรฐานความเค็มที่ความเข้มข้นที่ 0, 2, 5, 8 และ 10 กรัมต่อลิตร โดยจุ่มลงไปนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็นระยะเวลา 10 วินาที
- 3.5.4.2. อ่านค่าความเข้มข้นบนแผ่นตรวจวัดความเค็ม ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าหรือเท่ากับค่าของแผ่นทดสอบความเค็ม สีของแผ่นทดสอบจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง และแผ่นทดสอบจะต้องเปลี่ยนสีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด
- 3.5.4.3. ประเมินความเป็นความไว (Relative sensitivity) โดยรายงานเป็นค่าความเค็มที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่ทำให้แผ่นตรวจสอบความเค็มเป็นผลบวกที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร (g/L)

### 3.5.5. ประเมินความจำเพาะ (Relative specificity)

- 3.5.5.1. นำแผ่นตรวจวัดความเค็ม จำนวน 10 แผ่น ไปทดสอบ โดยจุ่มลงไปนสารละลายมาตรฐานความเค็ม ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที บันทึกผลที่ได้
- 3.5.5.2. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เปลี่ยนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็นสารละลายโมโนโซเดียมกลูตาเมต ที่ความเข้มข้น 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที บันทึกผลที่ได้

- 3.5.5.3. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เปลี่ยนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (มีค่าความเค็ม 30 % ของความเค็มที่เกิดจากโซเดียมคลอไรด์) ที่ความเข้มข้น 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที บันทึกผลที่ได้
- 3.5.5.4. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เปลี่ยนสารละลายมาตรฐานความเค็มเป็น สารละลายซูโครส ที่ความเข้มข้น 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที บันทึกผลที่ได้
- 3.5.5.5. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายโมโนโซเดียมกลูตาเมต เข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.6. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายโมโนโซเดียมกลูตาเมต เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.7. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายโมโนโซเดียมกลูตาเมต เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.8. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายซูโครส เข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.9. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายซูโครส เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.10. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ข้อ 3.5.5.1. แต่เพิ่มสารละลายซูโครส เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม
- 3.5.5.11. อ่านค่าความเข้มข้นบนแผ่นตรวจวัดความเค็ม ในแต่ละการทดสอบ ประเมินความจำเพาะ (Relative specificity)

### 3.5.6. ประเมินความเสถียรของชุดทดสอบ (stability)

- 3.5.6.1. เตรียมแผ่นตรวจวัดความเค็ม แบ่งเป็น 4 ชุด A, B, C และ D อย่างละ 10 แผ่น
- 3.5.6.2. แผ่นตรวจวัดความเค็มชุด A จำนวน 10 แผ่น นำไปทดสอบโดยจุ่มลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที นำแผ่นตรวจวัดความเค็มออกจากสารละลาย บันทึกผลค่าความเค็มที่ได้
- 3.5.6.3. แผ่นตรวจวัดความเค็มชุด B จำนวน 10 แผ่น ทิ้งไว้ระยะเวลา 2 เดือน หลังจากครบระยะเวลา นำไปทดสอบ โดยจุ่มลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที นำแผ่นตรวจวัดความเค็มออกจากสารละลาย บันทึกผลค่าความเค็มที่ได้
- 3.5.6.4. แผ่นตรวจวัดความเค็มชุด C จำนวน 10 แผ่น ทิ้งไว้ระยะเวลา 4 เดือน หลังจากครบระยะเวลา นำไปทดสอบ โดยจุ่มลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที นำแผ่นตรวจวัดความเค็มออกจากสารละลาย บันทึกผลค่าความเค็มที่ได้

- 3.5.6.5. แผ่นตรวจวัดความเค็มชุด D จำนวน 10 แผ่น ทิ้งไว้ระยะเวลา 6 เดือน หลังจากครบระยะเวลา นำไปทดสอบ โดยจุ่มลงไปในสารละลายมาตรฐานความเค็ม ความเข้มข้นที่ 2, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 วินาที นำแผ่นตรวจวัดความเค็มออกจากสารละลาย บันทึกผลค่าความเค็มที่ได้
- 3.5.6.6. เปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบ แผ่นตรวจวัดความเค็ม ชุด A, B, C และ D โดยใช้สถิติ ANOVA
- 3.6. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบความเค็มในอาหาร โดยเปรียบเทียบค่าปริมาณความเค็มที่ได้จากชุดทดสอบกับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient : r) ในการประเมินความน่าเชื่อถือของชุดทดสอบ