

รายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ การผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ เพื่อลด
ปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนทั่วไป ปี 2560 - 2561

Project name Development of Salt Meter in Food and Urine for Thai
Health Promotion 2017-2018

โดย

ชื่อผู้รับผิดชอบโครงการ ผศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์

ชื่อองค์กรรับทุน มหาวิทยาลัยมหิดล

ได้รับทุนสนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

รายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ การผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ เพื่อลด
ปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนทั่วไป 2560-2561

(ข้อตกลงที่ 60-00-0079)

(รหัสโครงการ 60-00104/A01)

โดย

ชื่อผู้รับผิดชอบโครงการ ผศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์

ชื่อองค์กรรับทุน มหาวิทยาลัยมหิดล

ได้รับทุนสนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

Final Report

Project Development of Salt Meter in Food and Urine for Thai Health
Promotion 2017 - 2018

(Contract no 60-00-0079)

(Project no 60-00104/A01)

By

Project Manager Asst.Prof. YodchananWongsawat, Ph.D.

Organization Mahidol University

This project was supported by
Thai Health Promotion Foundation (Thai Health)

บทคัดย่อ

เกลือเป็นเครื่องปรุงที่มีบทบาทสำคัญมากของอาหารไทย การหลีกเลี่ยงการใช้เกลือจึงแทบเป็นไปไม่ได้เลยสำหรับคนไทย วิธีที่ดีที่สุดที่จะหลีกเลี่ยงการเป็นโรคที่เกิดจากการบริโภคเค็มมากเกินไปคือการตรวจวัดความเค็มในอาหารก่อนการบริโภค หรือการตรวจวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะเพื่อตรวจสอบระดับความเค็มที่บริโภคเข้าไป ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การผลิตอุปกรณ์ที่สามารถวัดความเค็มในอาหารและปัสสาวะที่ตอบสนองต่อโซเดียมคลอไรด์อย่างรวดเร็ว ที่มีราคาประหยัด เพื่อสามารถใช้ได้กับบุคคลทั่วไป เหมาะกับการนำไปใช้ในการรณรงค์ของ สสส และสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ที่ต้องวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในห้องปฏิบัติการ และจุดบริการทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์จากการใช้เครื่องมือราคาสูง และจากการใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางได้อีกด้วย สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเค็มในอาหารผลิตโดยใช้หลักการนำไฟฟ้าของวัดการนำไฟฟ้าของโซเดียมคลอไรด์ ในน้ำ ซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ 0-10% (g/100ml) จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง $\pm 0.5\%$ และในน้ำซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ 10.1-20% จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง $\pm 1\%$ สำหรับแผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะนั้น นักวิจัยใช้ใช้สารเคมีซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ร่วมกับไดคลอโรฟลูออเรสซิน (dichlorofluorescein) จากการทดสอบพบว่ากระดาษทดสอบดังกล่าวตอบสนองต่อสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในช่วงความเข้มข้น 0.05% - 1%

Abstract

Salt is one of the important ingredients in Thai food for a long period of time. Avoiding the use of salt is almost impossible for Thai people. The best way to avoid the disease because of consuming too much salt is to measure the salt level in food before eating or to measure the sodium chloride level in urine to quantify the level of consuming salt. Therefore, this research aims to produce two low cost salt meters, one will be used in food and another one will be used in urine. The device will be designed for normal people and will be suitable for the low salt campaign of the Thai Health Promotion. For the salt meter in food, the conductivity method is employed. By measuring 0-10 gram of salt in 100 ml water (0-10%), the average error of the proposed device is only $\pm 0.5\%$. In addition, for the measuring of 10.1-20% salt, the average error of the proposed device is slightly increased to $\pm 1\%$ which is still acceptable for the use in the campaign. For the proposed sodium chloride measurement strip, silver nitrate and dichlorofluorescein are both employed. The result reveals that the proposed strip can response efficiently with sodium chloride of 0.05%-1%.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนทั่วไป เกิดขึ้นและดำเนินการจนสำเร็จลงได้ด้วยวิสัยทัศน์ ความเพียร และความร่วมมือร่วมพลังของบุคลากรจากเครือข่ายลดการบริโภคเค็ม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) มหาวิทยาลัยมหิดล และหน่วยงานภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายจนมีอภินิหารและกิตติคุณไว้ได้หมด ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักรับผิดชอบให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัยนี้ และได้ให้ความไว้วางใจห้องปฏิบัติการเชื่อมต่อสัญญาณสมองด้วยคอมพิวเตอร์ และห้องปฏิบัติการไบโอเซนเซอร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ร่วมเรียนรู้ในการดำเนินโครงการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ ขอขอบคุณ น.ต.หญิง พญ.วรวรรณ ชัยลิมปมนตรี ที่จุดประกายความคิดในการผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ

ขอขอบคุณนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการเชื่อมต่อสัญญาณสมองด้วยคอมพิวเตอร์ และห้องปฏิบัติการไบโอเซนเซอร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้สร้างสรรค์ผลงานและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สามารถสังเคราะห์เป็น รูปแบบ วิธีการ กระบวนการ เทคนิค ที่เป็นประโยชน์ต่อการสืบค้นและพัฒนางานวิจัยต่อยอดต่อไป

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ากระบวนการและผลการวิจัยในครั้งนี้ จะสร้างเสริมให้ก่อเกิดนวัตกรรมใหม่สำหรับการส่งเสริมลดการบริโภคเค็มเพื่อการมีสุขภาพที่ดีของคนไทย

ด้วยความขอบคุณและศรัทธา

คณะผู้วิจัย

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานที่รวบรวมรายละเอียดงานของโครงการวิจัยการผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนทั่วไป โดยรายงานฉบับนี้ได้เขียนสรุปกรอบแนวคิด แผนการดำเนินงาน วัตถุประสงค์และเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายและพื้นที่ดำเนินการ สถานที่ในการดำเนินการ ระยะเวลาดำเนินงาน ผลการดำเนินการ ข้อเสนอแนะต่างๆ รวมถึงรายชื่อผู้ร่วมทำโครงการทั้งหมด

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายให้ผู้อ่านเข้าใจถึงภาพรวมโครงการ เข้าใจความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ รวมถึงเข้าใจการทำงานของผู้ร่วมทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
ชื่อโครงการ	1
ความเป็นมา หลักการ และเหตุผล.....	1
กรอบแนวคิด และยุทธศาสตร์หลัก	2
วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย	2
กลุ่มเป้าหมาย และพื้นที่ดำเนินการ	2
สถานที่ในการดำเนินการ.....	2
ระยะเวลาดำเนินงาน	2
ผลการดำเนินงาน.....	2
ก. ผลที่ได้ตาม ตัวชี้วัด/ เป้าหมายของโครงการ	2
ข. ผลอื่นๆที่ได้ นอกเหนือจากเป้าหมาย/ที่คาดการณ์ไว้.....	3
ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา.....	3
รายละเอียดเรื่องวัตปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity	3
1. หลักการของเครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity	3
2. รายละเอียดการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องวัดความเค็มที่ผ่านมา	4
3. ผลการทดสอบเครื่องวัดเค็ม Prototype 4 กับสารละลายเกลือ.....	12
4. รายงานการพัฒนาเครื่องวัดเค็ม Prototyped 5 ปีงบประมาณที่3.....	15
5. การทดลองเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER กับผงชูรส.....	19
6. ส่วนประกอบและการใช้งานเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER (Prototype 5)	20
7. วิธีใช้งานเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER	21
8. คำแนะนำสำหรับการบริโภค	22
9. การเปลี่ยนแบตเตอรี่	24
10. การสอบเทียบเครื่อง CHEM METER	24
11. ข้อควรระวัง	25
รายละเอียดการพัฒนาแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ	26
1.บทนำ	26
2.อุปกรณ์และสารเคมี	28

3. ขั้นตอนการผลิตแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ.....	29
4. คู่มือการใช้งานแผ่นทดสอบความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ	33
สรุปผลการศึกษา.....	34

ชื่อโครงการ

การผลิตเครื่องตรวจความเค็มในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะ เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชน
ทั่วไป ปี 2

ความเป็นมา หลักการ และเหตุผล

ในอาหารเกือบทุกชนิดจะใช้โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงเป็นองค์ประกอบ การบริโภคเกลือในปริมาณสูงจะเกิดการรบกวนการดูดซึมและการใช้อาหาร และทำให้ไตต้องทำงานหนักเพื่อรักษาระดับโซเดียมในร่างกาย ในระยะยาวอาจส่งผลให้การทำงานลดลงและเสื่อมสภาพ การวิเคราะห์ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ บ่งบอกความผิดปกติในการทำงานของไตได้ นอกจากนี้การควบคุมปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในอาหารไม่ให้สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานก็เป็นกลไกหนึ่งที่จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดภาวะสุขภาพถดถอยจากการเสื่อมของไต

การวิจัยและพัฒนาที่ดำเนินการเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ เป็นการใช้เทคนิคคัลเลอรีเมตริกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่มีความแตกต่างทั้งเฉดสีและความเข้มของสีเมื่อมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างปัสสาวะที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ชุดตรวจที่พัฒนาอยู่ในรูปแบบกระดาษทดสอบ โดยการตรึงสารที่มีความจำเพาะต่อโซเดียมคลอไรด์บนกระดาษ กระดาษทดสอบดังกล่าวสามารถตอบสนองต่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะในช่วง 0.1-1.0% ใช้งานสะดวก เพียงหยดตัวอย่างปัสสาวะ 1 หยดบนกระดาษก็สามารถบ่งบอกปริมาณเกลือในตัวอย่าง นอกจากนี้ยังช่วยลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์

นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในอาหาร ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดความเค็มแบบอิเล็กทรอนิกส์ในอาหารซึ่งสามารถพกพาได้สะดวก โดยอุปกรณ์นี้จะใช้หลักการนำไฟฟ้าในสารละลาย อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้หลักการของไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นมาจากโซลาร์เซลล์ซึ่งมีความถี่สูงเพื่อให้สามารถวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ได้ถูกต้อง (ซึ่งเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจาก กระแสตรงที่ผ่านเครื่องจะแยกโมเลกุลของโซเดียมและคลอไรด์ออกจากกัน ทำให้ไม่สามารถวัดค่าความเค็มได้) จุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของอุปกรณ์นี้คือสามารถวัดความเค็มได้ในปริมาณที่สูงกว่าอุปกรณ์จากต่างประเทศ จึงเหมาะกับการตรวจสอบอาหารไทยซึ่งมีรสจัด

กรอบแนวคิด และยุทธศาสตร์หลัก

โครงการนี้มีกรอบแนวคิดและยุทธศาสตร์หลักเป็นไปตามโครงการใหญ่ของแผนการรณรงค์ของเครื่องข่ายลดการบริโภคเค็ม

วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย

เพื่อพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณโซเดียมในอาหารและปัสสาวะ โดยแบ่งเป็น

- 1) เครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity
- 2) แผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

กลุ่มเป้าหมาย และพื้นที่ดำเนินการ

กลุ่มเป้าหมายของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นคือประชาชนทั่วไป ผู้ประกอบการร้านอาหาร ทั้งในกรุงเทพฯ ปริมณฑล และต่างจังหวัด

สถานที่ในการดำเนินการ

อุปกรณ์ในโครงการวิจัย ได้ทำการพัฒนาขึ้นที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม

ระยะเวลาดำเนินงาน

ตั้งแต่วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2558 ถึง วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2559

ผลการดำเนินงาน

ก. ผลที่ได้ตาม ตัวชี้วัด/ เป้าหมายของโครงการ

ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินงาน

- | | |
|---|-----------------|
| 1) เครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity | 15 ตัวต้นแบบ |
| 2) แผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ | 2,000 ชุดต้นแบบ |

ผลที่ได้ตามตัวชี้วัด

บรรลุเป้าหมายในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณโซเดียมในอาหารและปัสสาวะ โดยแบ่งเป็น

- | | |
|---|-----------------|
| 1) เครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity | 15 ตัวต้นแบบ |
| 2) แผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ | 2,000 ชุดต้นแบบ |

ข. ผลอื่น ๆ ที่ได้ นอกเหนือจากเป้าหมาย/ที่คาดการณ์ไว้

1. เกิดความร่วมมือของภาคีเครือข่ายสสส. ซึ่งต่อยอดงานวิจัยโดยนำอุปกรณ์ต้นแบบไปใช้ในโครงการวิจัยของแต่ละภาคีฯ
2. เกิดความร่วมมือกับภาคเอกชนในการสนับสนุนต่อยอดการนำผลผลิตที่ได้จากโครงการไปใช้และเผยแพร่ในระดับนานาชาติ และเกิดการสร้างเครือข่ายในการพัฒนาอุตสาหกรรมทางการแพทย์ของประเทศ ไทย
3. เกิดความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ โภชนาการ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของการรณรงค์เรื่องลดการบริโภคเค็มของคนไทย
4. ทำให้ประเทศไทยตระหนักถึงถึงความสามารถของนักวิจัย ไทยในการพัฒนานวัตกรรมเชิงเทคโนโลยี

ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

1. การให้การสนับสนุนในด้านการประชาสัมพันธ์เชิงรุกเพื่อให้ประชาชน ภาคเอกชนและภาคีเครือข่ายได้ทราบถึงการดำเนินงานอย่างทั่วถึง
2. การให้คำปรึกษาในเรื่องการพัฒนางานวิจัยให้มีศักยภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์ รวมถึงการสร้างเครือข่ายในภาคเอกชนเพื่อสนับสนุนการต่อยอดให้เกิดการผลิตขึ้นจริง
3. การพัฒนาฐานข้อมูลของนักวิจัยในเครือข่ายของสสส. รวมถึงข้อมูลงานวิจัยของภาคีเครือข่ายให้มีเสถียรภาพ เพื่อการสืบค้นข้อมูลและการสร้างความร่วมมือของนักวิจัยในเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพ

รายละเอียดเครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity

1. หลักการของเครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity

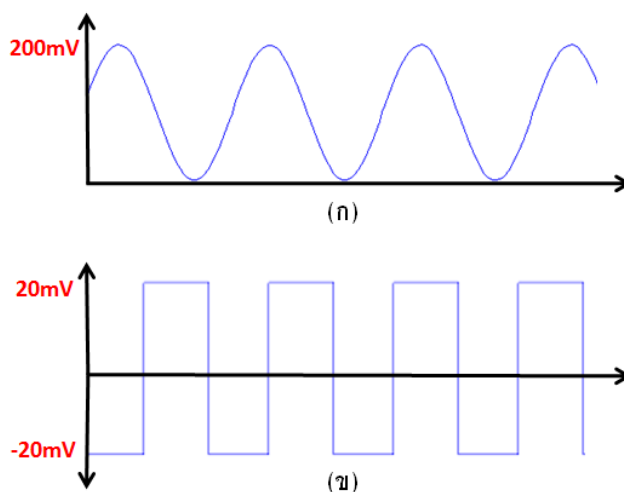
เครื่องวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยหลักการวัดแบบ Conductivity ใช้หลักการนำไฟฟ้าในสารละลาย สามารถวัดค่าได้ในระดับ Parts Per Million (ppm) สามารถตั้งค่าให้วัดปริมาณเกลือชนิดต่างๆได้ โดยเฉพาะเกลือ NaCl เป็นต้น โดยการแปลงหน่วยการนำไฟฟ้าในสารละลาย (EC, Electrical Conductivity) เป็นหน่วย ppm โดยปกติ $1 \text{ EC} \times \text{Conversion factor} = \text{ppm}$ (สำหรับ NaCl มี Conversion factor = 500)

เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้พัลส์สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็กโดยกระแสไฟฟ้าจะให้ผ่านจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งผ่านตัวกลางของเหลวที่ต้องการตรวจรู้ค่าความเค็ม โดยปริมาณกระแสที่วัดได้จะแปรผัน

ตรงกับปริมาณ NaCl ทำให้สามารถคำนวณย้อนกลับจากกระแสไฟฟ้าสู่ประมาณค่าความเค็มในอาหารเหลวได้

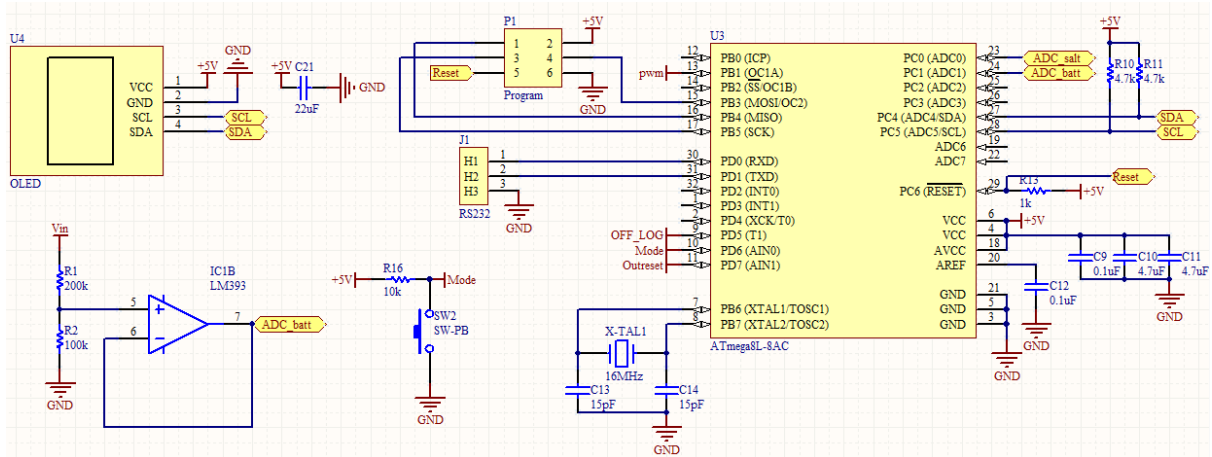
2. รายละเอียดการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องวัดความเค็มที่ผ่านมา

เครื่องวัดเค็ม Prototype 4 เป็นเครื่องวัดเค็มรุ่นล่าสุดที่ถูกพัฒนาในปีงบประมาณที่ 2 โดยได้พัฒนาขึ้นจากการปรับปรุงและแก้ไขข้อจำกัดที่เกิดขึ้นกับเครื่องวัดเค็ม Prototype 3 ที่ถูกพัฒนาในปีงบประมาณที่ 1 ซึ่งเครื่องวัดเค็ม Prototype 3 นั้นใช้วงจรรวมเบอร์ AD5934 ที่สามารถสร้างแรงดันกระแสสลับเฉพาะฝั่งบวก แบบ sine wave (รูปที่ 1 (ก)) โดยขนาดแรงดันที่ใช้มีค่าอยู่ที่ 200 mV ทั้งนี้แรงดันกระแสสลับฝั่งบวกนี้อาจส่งผลให้โพลิวัดสัญญาณเสียความสมดุลได้ เนื่องจากอิเล็กทรอนิกส์จะสูญเสียหรือรับเพียงแค่วัดชั่ววินาทีซึ่งส่งผลให้มีค่าความผิดพลาดได้ในอนาคต ดังนั้นการทำงานของเครื่องวัดเค็ม Prototype 4 จึงใช้พัลส์กระแสสลับที่มีทั้งด้านบวกและลบ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณจาก sine wave เป็น square wave ดังแสดงในรูปที่ 1(ข) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดของขอบขาขึ้นหรือขาลงของพัลส์ square wave นั้นทำให้กระแสที่ไหลในของเหลวตัวอย่างสามารถตรวจจับได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ขนาดของแรงดันได้ลดระดับลงจาก 200mV ไปที่ $\pm 20\text{mV}$ ซึ่งการลดขนาดแรงดันไฟฟ้าลงมีส่วนช่วยให้ขั้วโพรบมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและประหยัดพลังงานอีกด้วย

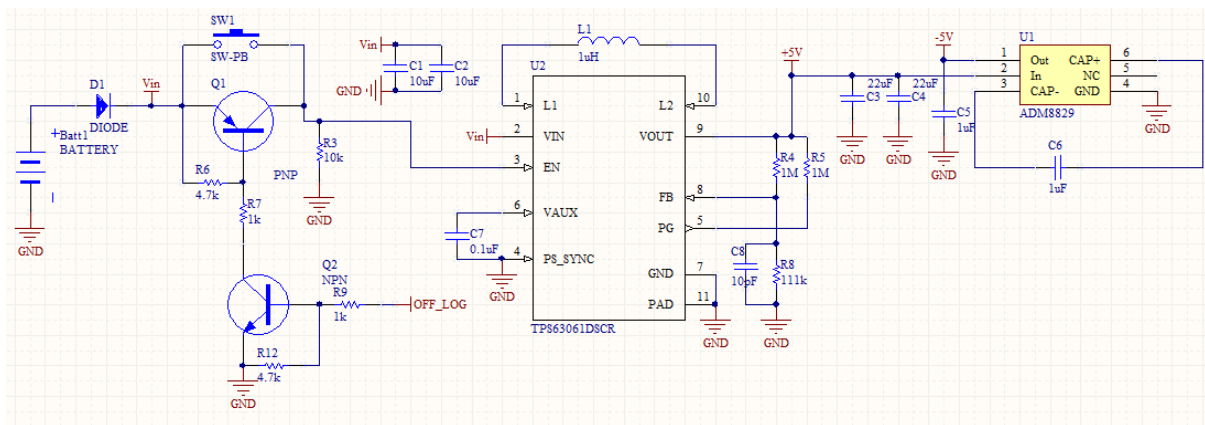


รูปที่ 1 รูปแบบแรงดันที่ใช้วัดความเค็มใน Prototype 3 (ก) และ Prototype 4 (ข)

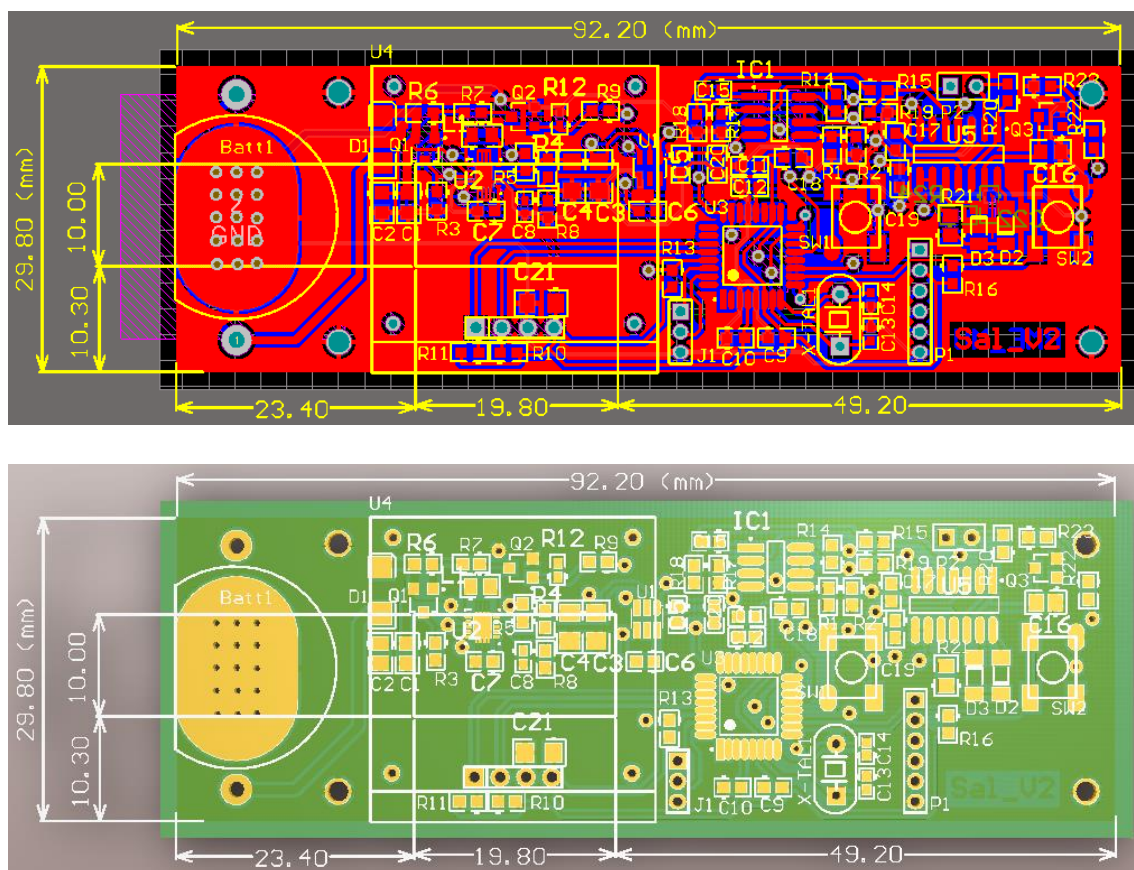
รูปที่ 2 แสดงกราฟของกระแสที่ไหลในของเหลวตัวอย่าง โดยกราฟกระแสนี้เกิดจากการขยายสัญญาณในวงจรแปลงกระแสให้เป็นแรงดัน (current to voltage amplifier) ดังแสดงในรูปที่ 3 จากกราฟ



รูปที่ 4 วงจรไฟฟ้าในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 5 วงจรไฟฟ้าในส่วนของจ่ายไฟเลี้ยง $\pm 5V$



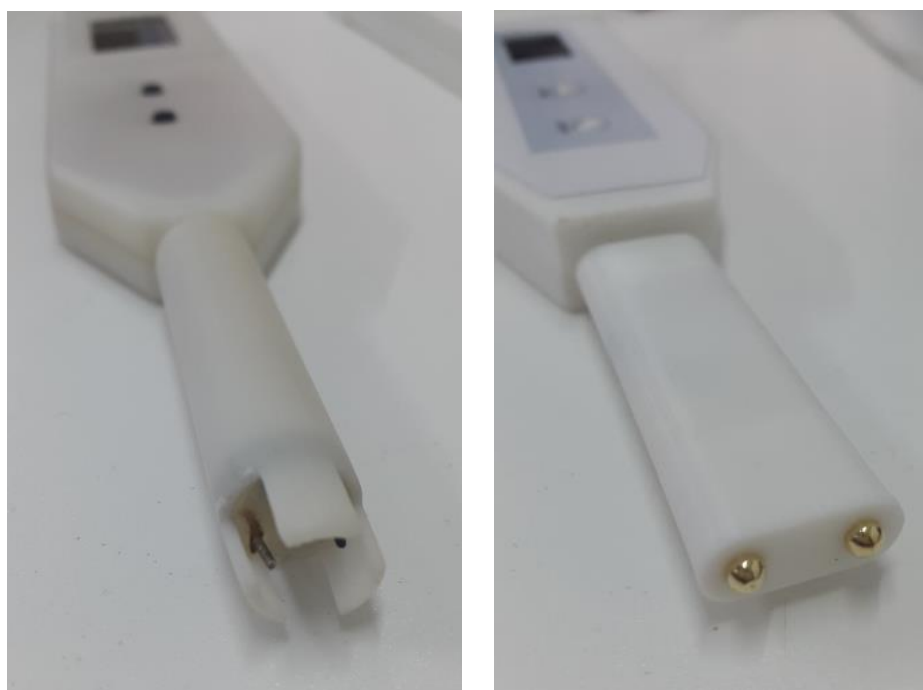
รูปที่ 7 บอร์ดวงจรเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4

นอกจากการปรับปรุงและแก้ไขในส่วนของวงจรไฟฟ้า ลักษณะของหัวโพรบวัดความนำไฟฟ้าได้ถูกพัฒนาให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย รูปที่ 8 (ซ้าย) แสดงหัวโพรบวัดความนำไฟฟ้าของเครื่องวัดความเค็ม Prototype 3 ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งลวดนำไฟฟ้าที่ยื่นออกมาโดยมีขอบพลาสติกคอยป้องกันการกระแทกข้อเสี้ยวของโพรบลักษณะนี้คือไม่ทำความสะอาดหัวไฟฟ้าได้ทั่วถึงส่งผลให้การวัดค่าความเค็มครั้งต่อไปมีค่าความผิดพลาด รูปที่ 8 (ขวา) แสดงหัวโพรบวัดความนำไฟฟ้าของเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 ที่ได้ออกแบบให้สามารถทำความสะอาดง่ายยิ่งขึ้น โดยจะมีขั้วโลหะสองขั้วติดตั้งอยู่ห่างกันในระยะ 1 เซนติเมตร

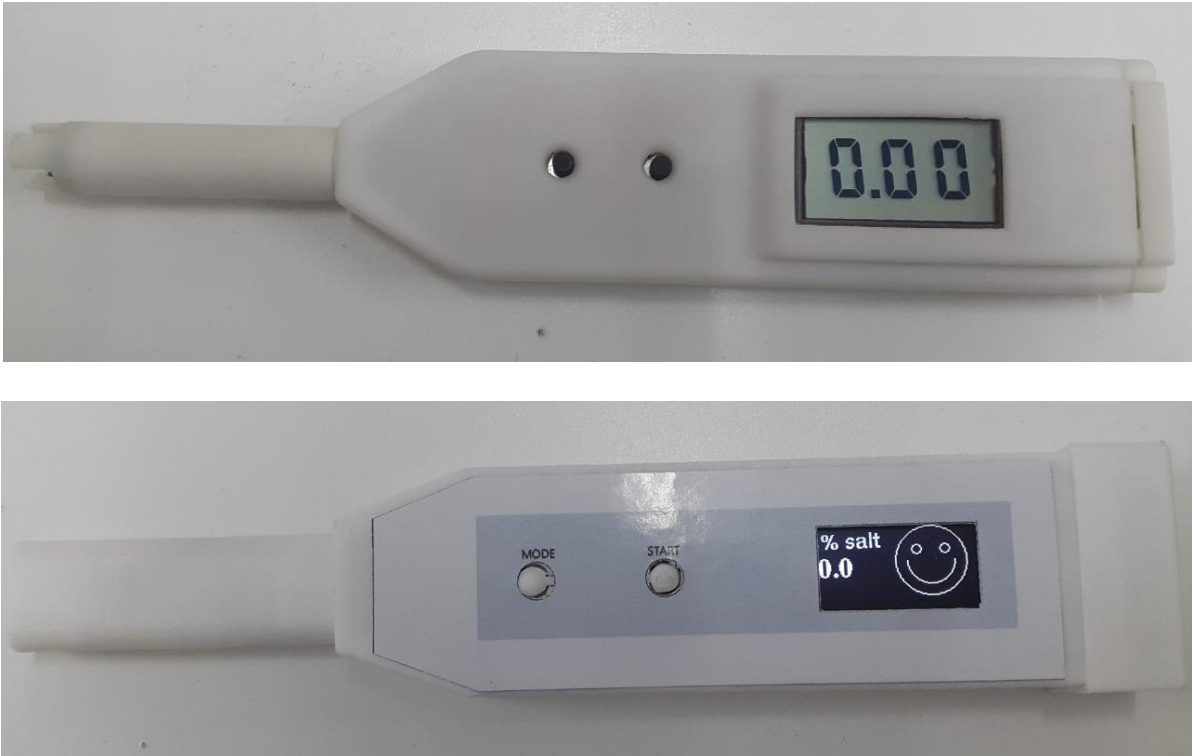
เครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 ได้มีการพัฒนาในส่วนของหน้าจอแสดงผลให้มีลักษณะสวยงามและบุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น รูปที่ 9 (บน) แสดงหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดความเค็ม Prototype 3 ที่มีเฉพาะตัวเลขที่บ่งบอกถึงเปอร์เซ็นต์เกลือในของเหลว ซึ่งในบางครั้งบุคคลทั่วไปไม่สามารถเข้าใจถึงค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าว ดังนั้นหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 (รูปที่ 9 (ล่าง)) ได้พัฒนาให้บุคคลทั่วไปเข้าใจได้ง่ายด้วยการแสดงหน้าจอกราฟฟิครูปหน้าคนในสามระดับดังแสดงในรูปที่ 10 เมื่อเปอร์เซ็นต์เกลือมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะปรากฏหน้ายิ้มดังแสดงในรูปที่ 10 แถวที่หนึ่ง ซึ่งแสดงถึง

ตัวอย่างอาหารมีความปลอดภัยสามารถรับประทานได้ ในกรณีที่เปอร์เซ็นต์เกลือมีค่าอยู่ในช่วง 2.5 - 5 เปอร์เซ็นต์ จะปรากฏหน้าบ่งปานกลางดังแสดงในรูปที่ 10 แถวที่สอง ซึ่งบ่งบอกถึงควรหลีกเลี่ยงอาหารตัวอย่าง และหากเปอร์เซ็นต์เกลือมีค่ามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะปรากฏหน้าบ่งปานกลางดังแสดงในรูปที่ 10 แถวที่สามซึ่งบ่งบอกถึงอันตรายในการรับประทานอาหารตัวอย่าง

นอกจากนี้เครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 ได้มีการพัฒนาให้สามารถตรวจวัดและแจ้งเตือนระดับพลังงานของแบตเตอรี่ได้อีกด้วย หากแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่ากำหนด หน้าจะแสดงผลจะปรากฏคำว่า “batt!!” ที่หน้าจอแสดงผลดังแสดงในรูปที่ 11 หากระดับพลังงานลดต่ำลงมากๆ จะส่งผลให้ค่าความแม่นยำในการวัดค่าความเค็มมีค่าต่ำลง ดังนั้นควรเปลี่ยนแบตเตอรี่เมื่อระบบมีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น

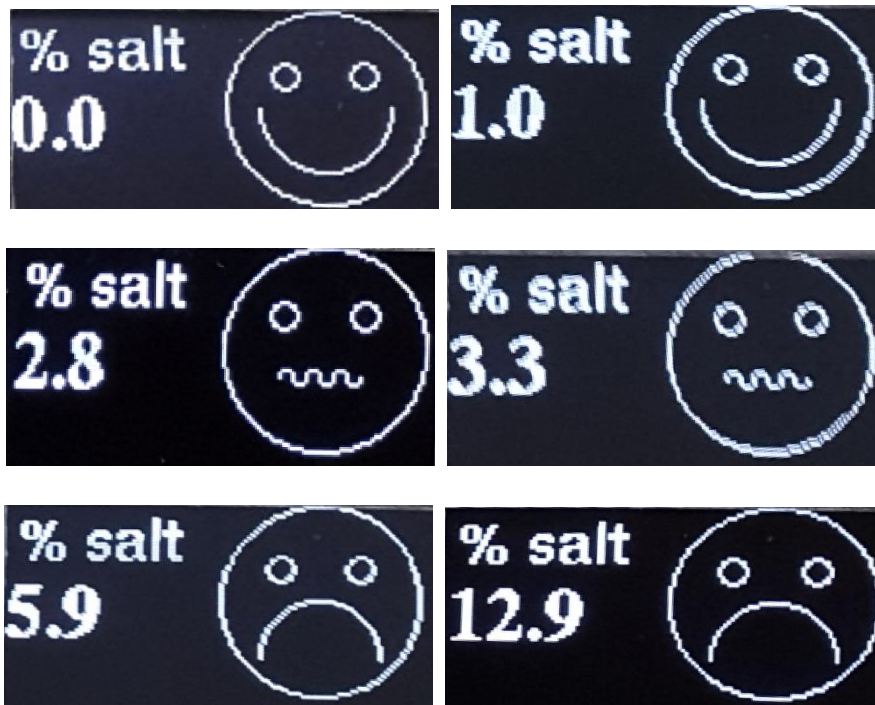


รูปที่ 8 หัวโพรบวัดความนำไฟฟ้าของเครื่องวัดความเค็ม Prototype 3 (ซ้าย) และ หัวโพรบวัดความนำไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสำหรับเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 (ขวา)

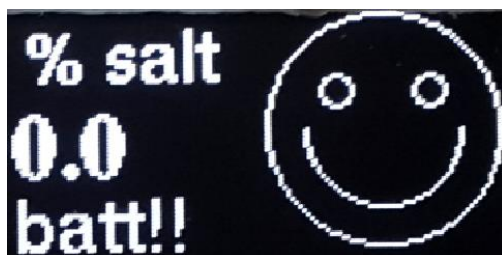


รูปที่ 9 ลักษณะหน้าจอแสดงผลค่าความเค็มของ เครื่องวัดความเค็ม Prototype 3 (บน) และ Prototype 4

(ล่าง)

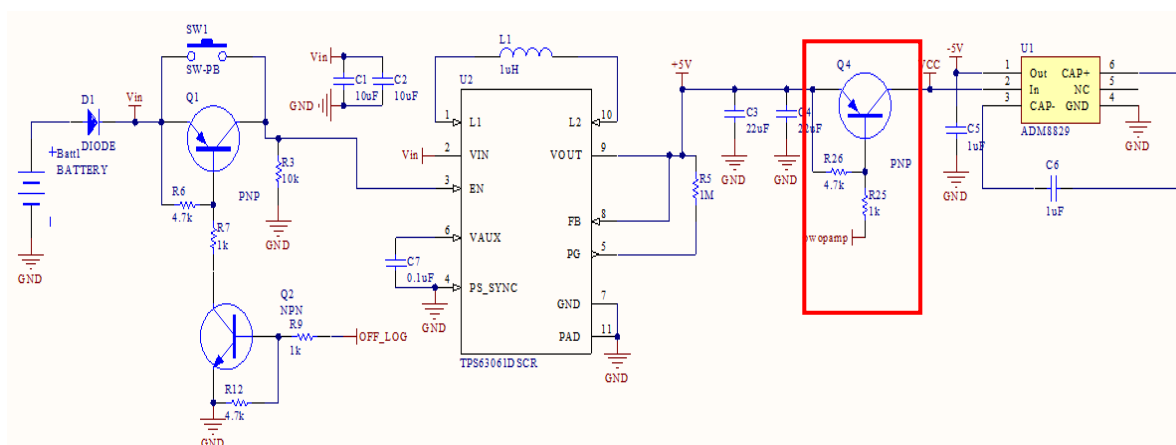


รูปที่ 10 ลักษณะหน้าจอของเครื่องวัดความเค็มในแต่ละค่าความเค็ม

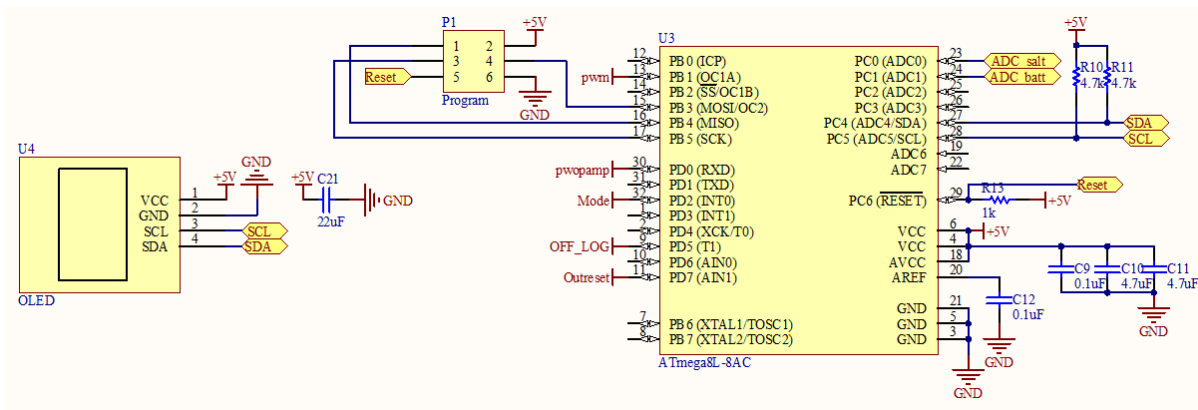


รูปที่ 11 ลักษณะหน้าจอของเครื่องวัดความเค็มที่แจ้งเตือนระดับพลังงานของแบตเตอรี่

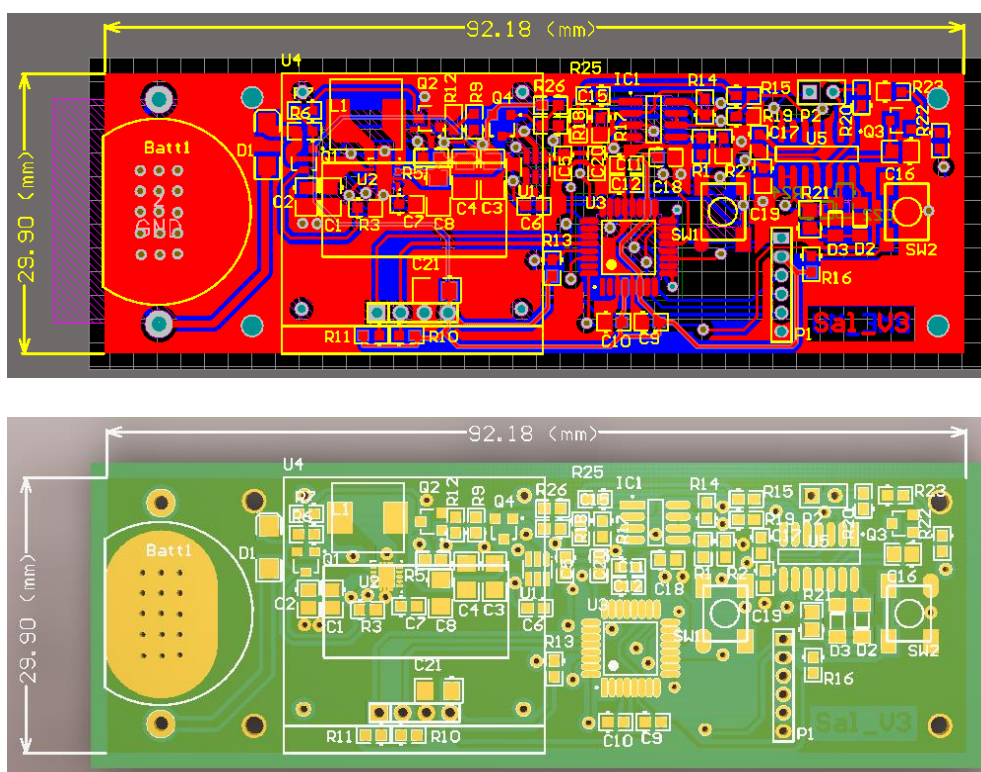
นอกจากนี้เครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านของรูปลักษณะและความประหยัดพลังงาน เนื่องจากแหล่งพลังงานที่มีอยู่จำกัดจึงจำเป็นต้องทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานยาวนานขึ้น ซึ่งผู้พัฒนาได้เพิ่มเติมในส่วนของวงจรที่สามารถเปิดหรือปิดไฟให้กับวงจรในส่วนการตรวจวัดความนำไฟฟ้าในตัวอย่างของเหลว (รูปที่ 3) เมื่อถึงเวลาวัดค่าความเค็มในอาหาร ตัวประมวลผลจะส่งพัลส์สัญญาณไปควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้เปิดเพื่อสร้างแรงดันและวัดสัญญาณในอาหารตัวอย่าง และส่งพัลส์สัญญาณไปปิดแรงดันเมื่อกระบวนการวัดสัญญาณเสร็จสิ้น รูปที่ 12 แสดงวงจรควบคุมไฟดังแสดงในกรอบสี่เหลี่ยม โดยวงจรควบคุมไฟนี้จะถูกควบคุมด้วยตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 13 วงจรไฟฟ้างดังแสดงในรูปที่ 3, 12 และ 13 สามารถนำมาสร้างแผ่นวงจรไฟฟ้าสำหรับเครื่องวัดเค็มดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 12 วงจรไฟฟ้าในส่วนของการจ่ายไฟเลี้ยง $\pm 5V$ ที่เพิ่มเติมในส่วนของวงจรตัดไฟเมื่อไม่ได้วัดค่าความเค็ม



รูปที่ 13 วงจรไฟฟ้าในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ปรับปรุงขึ้นโดยการตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออก



รูปที่ 14 บอร์ดวงจรเครื่องวัดความเค็มที่ได้ปรับปรุงขึ้น

รูปลักษณะของเครื่องวัดเค็มได้ปรับปรุงให้มีความสวยงามยิ่งขึ้นโดยมีการปรับขอบมุมแหลม (รูปที่ 9 ล่าง) ให้มีความโค้งมนยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 15 นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงหน้าจอและปุ่มกดให้มีความสวยงามและสามารถกันน้ำเข้าไปด้านในตัวเครื่องวัดความเค็ม เนื่องจากเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 มี

ข้อบกพร่องในส่วนของฝาปิดแบตเตอรี่หลุดออกง่าย ดังนั้นฝาปิดแบตเตอรี่จึงได้ปรับปรุงให้มีตัวล็อกเพื่อไม่ให้หลุดออกจากโครงสร้างของตัวเครื่องได้ง่ายดังแสดงในวงกลมสีแดงในรูปที่ 15 (ล่างขวา)



รูปที่ 15 ลักษณะ เครื่องวัดความเค็มที่ได้ปรับปรุงขึ้น

3. ผลการทดสอบเครื่องวัดเค็ม Prototype 4 กับสารละลายเกลือ

ในสถานะเริ่มต้น เครื่องวัดความเค็มไม่สามารถบอกค่าความเค็มของสารละลายตัวอย่างขณะวัดได้ เนื่องจากระบบยังขาดสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการแปลงค่าความนำไฟฟ้าที่อ่านได้ให้เป็นค่า %เกลือโซเดียม ดังนั้นการทดลองเก็บค่าความนำไฟฟ้าในตัวอย่างสารละลายที่รู้ค่าแน่นอนเช่น สารละลายเกลือโซเดียม 10%, 7.5%, 5%, 2.5%, 1%, 0.5% และ 0% สามารถนำมาใช้สร้างสมการสำหรับคำนวณค่า %เกลือโซเดียมย้อนกลับได้ ตารางที่ 1 แสดงค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยจากการทดลองวัดจำนวน 4 ครั้งในแต่ละตัวอย่างสารละลาย โดยค่าความนำไฟฟ้าจะมีความมากขึ้นเมื่อค่า %เกลือโซเดียมสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ระบุว่าไอออนของเกลือโซเดียมส่งผลให้ของเหลวนำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

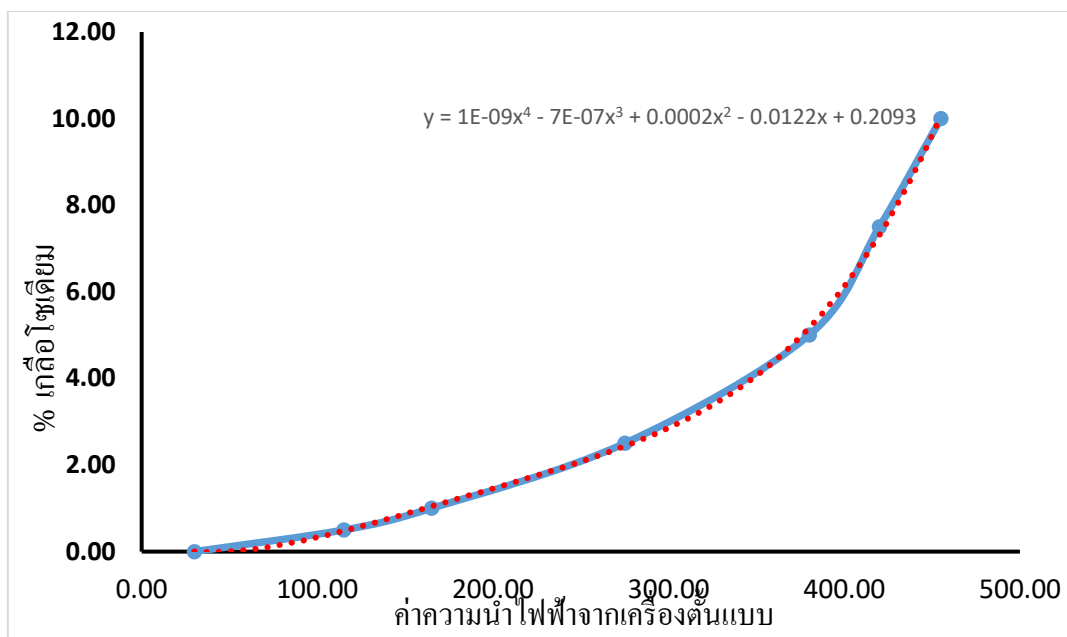
ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยจากเครื่องต้นแบบเทียบกับค่า % เกลือโซเดียมในสารละลายเกลือ

ประเภทอาหาร	% เกลือโซเดียมจากการทดสอบเชิงเคมี	ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยจากเครื่องต้นแบบ
สารละลายเกลือ	0.00	30.00
	0.50	115.00
	1.00	165.00
	2.50	275.00
	5.00	380.00
	7.50	420.00
	10.00	455.00

ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่วัดได้ด้วยเครื่องต้นแบบและ ค่า%เกลือโซเดียมในสารละลายที่รู้ค่าในตารางที่ 1 สามารถนำมาพรีดแสดงความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 12 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความนำไฟฟ้าและค่า%เกลือโซเดียมไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง (เส้นสีฟ้า) ฉะนั้นการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณจึงต้องใช้สมการแบบไม่เป็นเชิงเส้นตัวอย่างเช่นสมการแบบพหุนาม (Polynomial equation) ฉะนั้นสมการที่ใช้คำนวณค่า %เกลือโซเดียมย้อนกลับจากค่าความนำไฟฟ้างแสดงในสมการที่ 1

$$y = (1 \times 10^{-9})x^4 - (7 \times 10^{-7})x^3 + 0.0002x^2 - 0.0122x + 0.2093 \quad (1)$$

เมื่อ y คือค่า %เกลือโซเดียมและ x คือค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวเครื่อง เส้นประสีแดงในรูปที่ 16 แสดงกราฟที่ได้จากสมการที่ 1



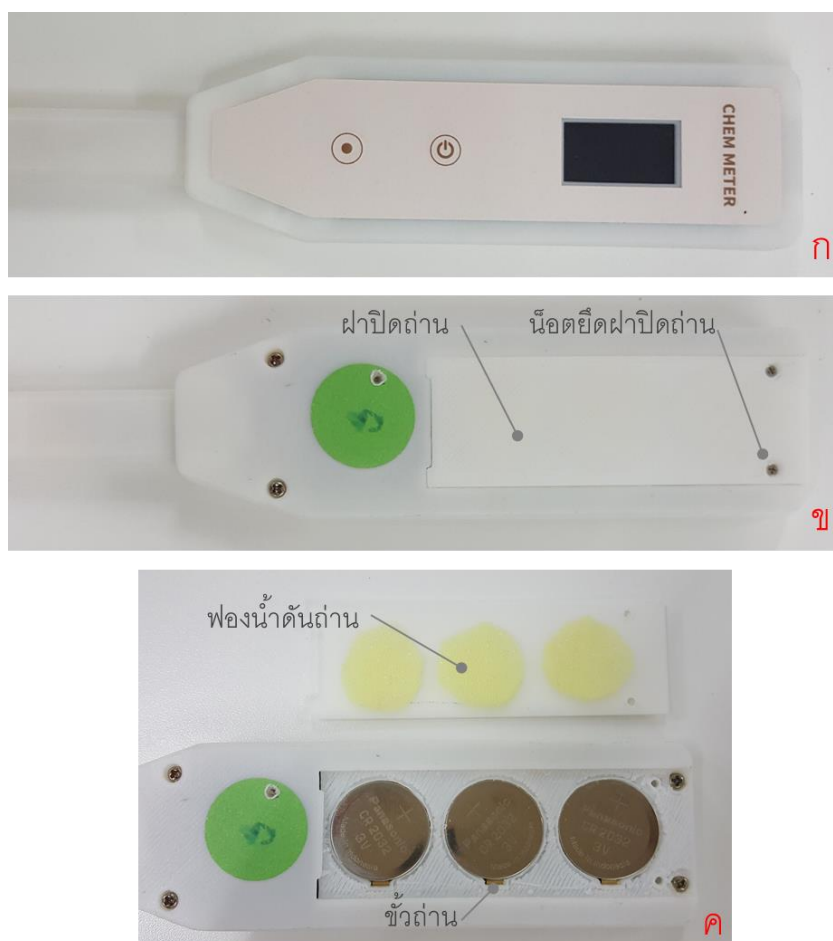
รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าความนำไฟฟ้าเทียบกับค่า%เกลือโซเดียม

จากการทดสอบความวัดปริมาณโซเดียมคลอไรด์ด้วยเครื่องวัดความเค็ม Prototype 4 ผลปรากฏว่า ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 0-5 g ต่อน้ำ 100 ml (0-5%) จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง $\pm 0.2\%$ ในโซเดียมคลอไรด์ 5.1-10% จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ $\pm 1\%$ และในโซเดียมคลอไรด์ 10.1-20% จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ $\pm 3\%$ รูปที่ 17 แสดงตัวอย่างการวัดค่าความเค็มในตัวอย่างสารละลายที่มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 5% ค่าที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 4.8% พร้อมกับแสดงหน้าจอกราฟฟิครูปหน้าบั้งปานกลาง



รูปที่ 17 แสดงการวัดค่าความเค็มในตัวอย่างสารละลายเกลือ 5%

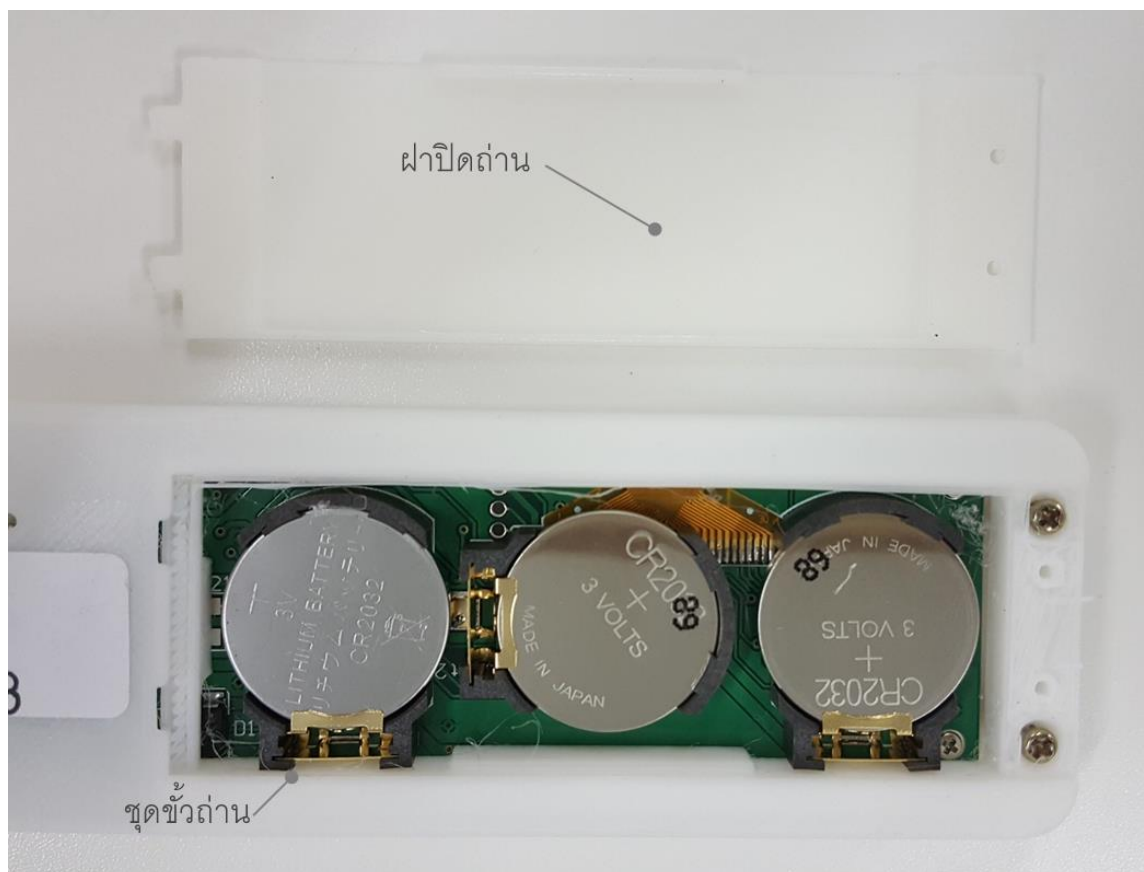
4. รายงานการพัฒนาเครื่องวัดเค็ม Prototyped 5 ปีงบประมาณที่3



รูปที่ 18 เครื่องวัดเค็ม Prototype 5 และลักษณะฝาปิดถ่าน

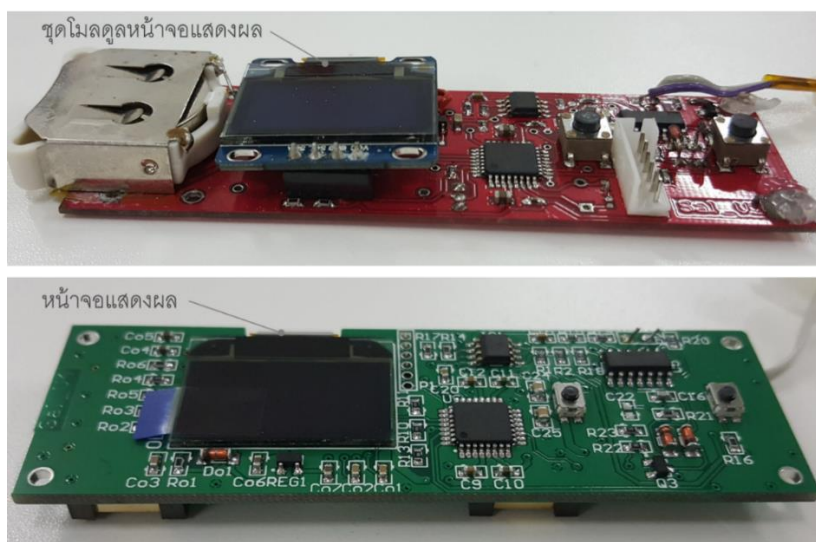
เครื่องวัดเค็ม Prototype 5 ได้มีการพัฒนาต่อยอดโดยมุ่งเน้นการออกแบบที่เอื้อต่อการผลิตจำนวนมาก (mass production) และพัฒนาความแม่นยำในย่านการตรวจจับที่จำเพาะมากขึ้นซึ่งอยู่ในช่วง 0-2 % เกลือโซเดียม โดยมีการปรับปรุงลักษณะภายนอกและชิ้นส่วนฝาปิดถ่านใหม่โดยให้ลักษณะกลมกลืนเป็นชิ้นเดียวกับตัวโครงสร้างเพกเกจหลักดังแสดงในรูปที่ 18 (ก และ ข) โดยฝาปิดถ่านมีลักษณะแนวยาวมีชิ้นส่วนสำหรับสอดล๊อคด้านหนึ่งประกอบเข้าส่วนหลังของตัวเพกเกจหลักและขันน็อตจับยึด (รูปที่ 18, ข) ปัญหาที่พบจากการปรับปรุงรูปแบบนี้คือฝาถ่านเกิดการโก่งตัวจากแรงผลักรองของถ่านและขั้วถ่าน ทำให้ฝาถ่านเสียรูปและถ่านที่เคลื่อนตัวหลวมจากขั้วถ่านส่งผลให้เครื่องเปิดไม่ติด ซึ่งทำได้ทำการแก้ไขด้วยการรองโฟมระหว่างฝาถ่านนั้นยังไม่สามารถแก้ปัญหาลมจากขั้วได้ (รูปที่ 18, ค)

ดังนั้นทีมวิจัยจึงได้เปลี่ยนรูปแบบขั้วถ่านจากขั้วลอยดังแสดงในรูปที่ 18 (ค) เป็นชุดขั้วถ่านพร้อมกรอบ ล็อคตำแหน่งถ่านดังแสดงในรูปที่ 19 ซึ่งทำให้ถ่านสัมผัสกับขั้วรับและไม่เกิดการเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเกิด และไม่เกิดแรงดันบริเวณฝาถ่าน จึงลดความจำเป็นในการใช้ฟองน้ำสำหรับดันถ่าน ช่วยลดชิ้นส่วนและขั้นตอน ในการผลิตอีกด้วย



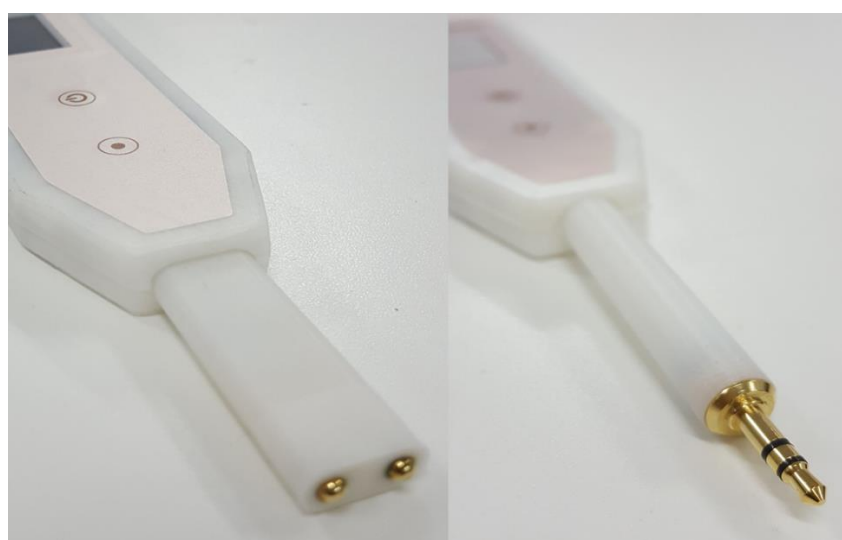
รูปที่ 19 เครื่องวัดเค็ม Prototype 5 ที่ใช้ชุดขั้วถ่านล็อคตำแหน่งถ่าน

บอร์ดวงจรไฟฟ้ามีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของหน้าจอแสดงผลที่จากเดิมใช้ชุดโมดูลสำเร็จรูปดังแสดงในรูปที่ 20 (บน) ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีระยะสูงจากบอร์ดวงจรหลักส่งผลให้เพกเกจหรือขนาดโดยรวมของเครื่องมีความหนาที่มาก อีกทั้งชุดโมดูลหน้าจอแสดงผลมีราคาแพงและไม่เหมาะสำหรับการนำไปประกอบในไลน์ผลิตจริง ทั้งนี้ทีมวิจัยจึงได้ออกแบบวงจรสำหรับการเชื่อมต่อการทำงานของหน้าจอแสดงผลและจัดวางอุปกรณ์ย่อยต่างๆของหน้าจอแสดงผลในตำแหน่งที่เหมาะสม ส่งผลให้บอร์ดวงจรโดยรวมมีความหนาที่ลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบการจัดวางตำแหน่งถ่านจากด้านบนให้อยู่ด้านล่างโดยสอดคล้องกับตำแหน่งฝาปิดถ่านบริเวณด้านหลังอีกด้วย



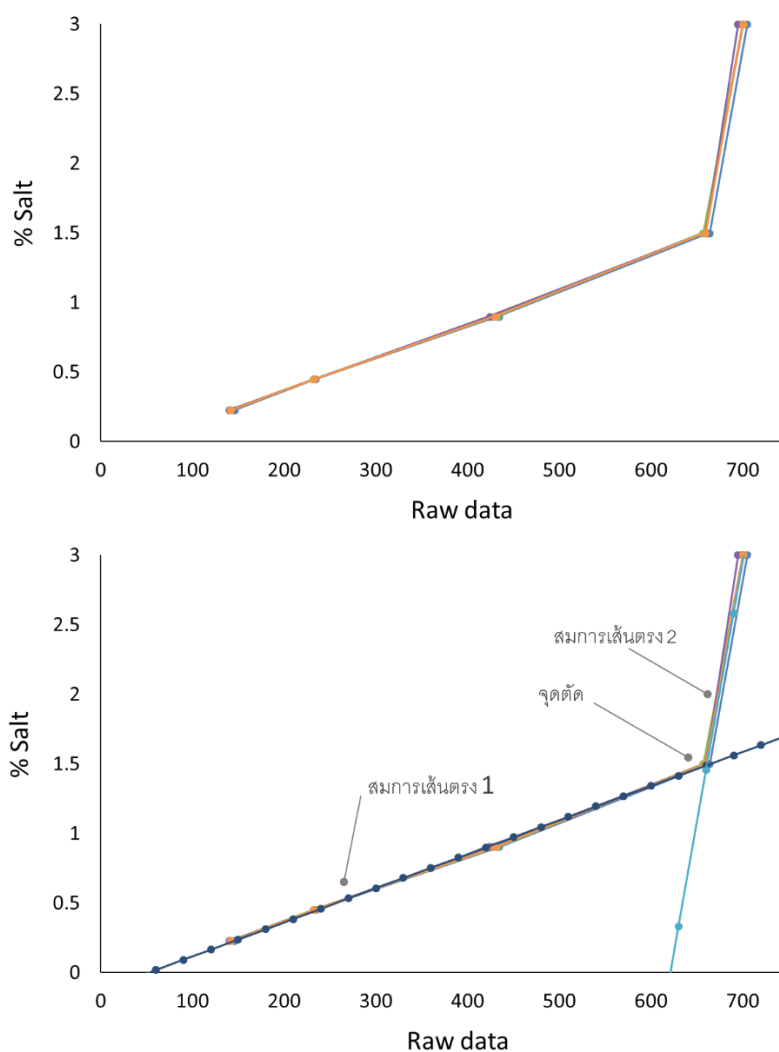
รูปที่ 20 บอร์ดวงจรไฟฟ้าที่ปรับปรุง

โพรบวัดสัญญาณได้ถูกปรับรูปแบบจากเดิมที่มีลักษณะแท่งวงรีที่หน้าตัดส่วนปลายมีหัวโพรบบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มม. จำนวน 2 โพรบวางห่างกันเป็นระยะโดยประมาณ 8 มม. ให้มีลักษณะเป็นแท่งกลมปลายแหลมดังแสดงในรูปที่ 21 (ขวา) ที่มีหัวหนึ่งอยู่ที่ส่วนปลายและมีอีกหัวหนึ่งที่มีลักษณะวงแหวนวางตัวตามแนวแกนเดียวกัน โดยห่างกันประมาณ 1 มม. ซึ่งวัสดุที่ใช้มีลักษณะเคลือบด้วยทองเช่นเดียวกับรูปแบบก่อนหน้า การปรับปรุงในส่วนนี้ช่วยให้ง่ายต่อการทำความสะอาดหัวโพรบมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากเดิมโพรบจะมีบริเวณที่เป็นขอบมุมที่ยากต่อการเช็ดทำความสะอาด นอกจากนี้ยังลดต้นทุนและขั้นตอนในการประกอบอีกด้วย



รูปที่ 21 การปรับปรุงรูปแบบโพรบวัดสัญญาณ

นอกจากการปรับปรุงรูปแบบโพรบวัดสัญญาณให้มีลักษณะที่ง่ายต่อการทำความสะอาด ค่าความเปลี่ยนแปลงที่อ่านได้จากโพรบแบบใหม่นั้นมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าความเค็มสูงขึ้นอีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 22 จากเดิมความเปลี่ยนแปลงที่อ่านได้นั้นมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง (รูปที่ 16) ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการอนุพันธ์แสดงในสมการที่ 1 ซึ่งมีความซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าสมการเส้นตรง รูปที่ 22 (บน) แสดงให้เห็นว่า ค่าความเปลี่ยนแปลงที่อ่านได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าความเค็มในช่วง 0-1.5% ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการเส้นตรงที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 22 (ล่าง), $y = (2.45 \times 10^{-3})x - 0.13$ และค่าความเปลี่ยนแปลงที่อ่านได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าความเค็มในช่วง 1.5-3% ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการเส้นตรง 2, $y = (37.5 \times 10^{-3})x - 23.29$ โดยสมการเส้นตรงทั้งสองนี้มีจุดตัดซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากการแก้สมการหาค่า x ที่ทำให้เกิดค่า y เท่ากัน



รูปที่ 22 ลักษณะค่าความเปลี่ยนแปลงที่อ่านได้จากโพรบเทียบกับค่าความเค็ม (% เกลือ)

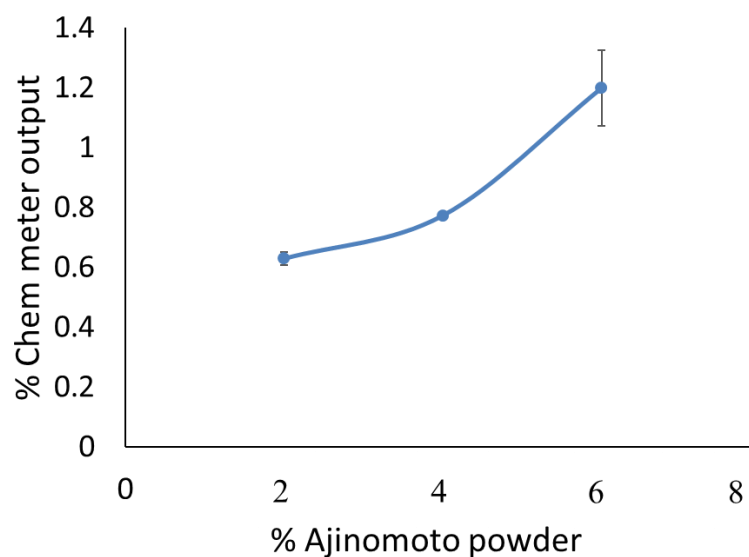
5. การทดลองเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER กับผงชูรส

โดยทั่วไป ผงชูรส Ajinomoto จะประกอบไปด้วย โมโนโซเดียมกลูตาเมต ($C_5H_8NO_4Na$) สัดส่วน 98% และ ไตโซเดียม 5' - ไรบอีนิวลิโอไต์ ($C_{10}H_{11}N_3Na_2O_8P \cdot H_2O$) สัดส่วน 2% จากสมมุติฐานที่ว่า ส่วนประกอบของผงชูรสนั้นมี Na ผสมอยู่ ฉะนั้นการใส่ผงชูรสในอาหารจะส่งผลกระทบต่อค่าการวัดความเค็มที่อ่านได้จากเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER

โดยการทดลองได้เตรียมสารละลายผงชูรสที่มีค่าความเข้มข้นแตกต่างกันจำนวน 3 ตัวอย่างซึ่งมีความเข้มข้น 2%, 4%, และ 6% (% weight in gram/volume in 100 milliliters) จากนั้นวัดค่าความเค็มในแต่ละตัวอย่างสารละลายจำนวน 5 ครั้ง ด้วยเครื่อง CHEM Meter ที่ซึ่งสอบเทียบค่าเครื่องกับน้ำเกลือมาตรฐาน 0.9% รูปที่ 23 แสดงกราฟค่าความเค็ม (ค่าความนำไฟฟ้า) ที่อ่านได้จากเครื่อง CHEM METER เทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นผงชูรส (g/ 100ml)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นผงชูรสสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้นเช่นกัน โดยค่าความเค็ม (%NaCl) ที่อ่านได้จากเครื่อง CHEM Meter ในสารละลายผงชูรส 2%, 4% และ 6% มีค่าเท่ากับ 0.628% ($n = 5, Std = 0.021$), 0.772% ($n = 5, Std = 0.004$) และ 1.198% ($n = 5, Std = 0.126$) ตามลำดับ โดยค่าเปอร์เซ็นต์เกลือ (%NaCl) ที่อ่านได้จากเครื่อง CHEM METER นี้สามารถคำนวณหาปริมาณ Na จะได้ว่าค่าความเค็มที่ 0.628%, 0.772% และ 1.198% มีปริมาณ Na เท่ากับ 0.245 กรัม, 0.301 กรัม และ 0.467 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลทางโภชนาการที่ว่าผงชูรสปริมาณ 5 กรัม ประกอบไปด้วย Na ปริมาณ 0.4 กรัม ฉะนั้นปริมาณผงชูรส 2 กรัม, 4 กรัม และ 6 กรัม จะมีปริมาณ Na เท่ากับ 0.16 กรัม, 0.32 และ 0.48 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณ Na ที่คำนวณได้จากเครื่อง CHEM METER มีค่าเทียบเคียงกับปริมาณ Na ของผงชูรสที่ระบุไว้ในข้อมูลทางโภชนาการ

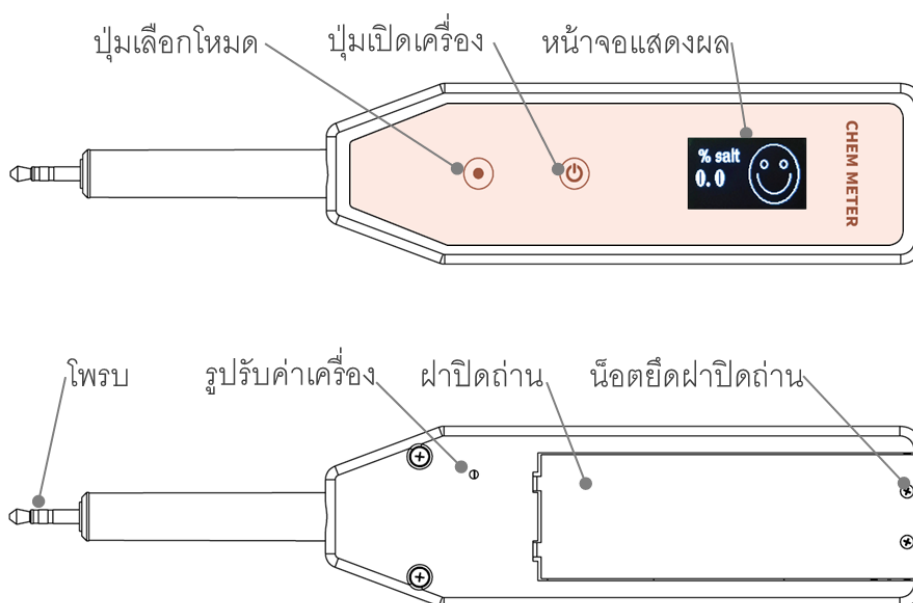
จากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER นั้นสามารถวัด Salt compatible ได้เช่นผงชูรส เป็นต้น ซึ่งส่งผลดีกับการเฝ้าระวังปริมาณ Na ในอาหาร แต่ทว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องนี้ไม่สามารถระบุปริมาณผงชูรสที่แน่นอนได้ เนื่องจากสมการทางคณิตศาสตร์ในเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER ถูกสร้างขึ้นจากเกลือโซเดียม



รูปที่ 23 กราฟค่าความเค็ม (ค่าความนำไฟฟ้า) ที่อ่านได้จากเครื่อง CHEM METER เทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นผงชูรส (g/ 100ml)

6. ส่วนประกอบและการใช้งานเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER (Prototype 5)

เครื่องวัดเค็ม Prototype 5 หรือที่มีชื่อว่า CHEM METER ที่ได้พัฒนารูปลักษณะและการทำงานโดยมีลักษณะและส่วนประกอบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 24 โดยมีโพรบแบบปลายแหลมยื่นออกมาจากตัวกล่องเพกเกจหลัก เหมาะสำหรับจุ่มในอาหารเหลว โดยมีการซีลด้วยซิลิโคนกันน้ำบริเวณจุดเชื่อมต่อโพรบและตัวพลาสติกสำหรับกันน้ำเข้าสู่ตัวเครื่องอีกด้วย ด้านหน้าเครื่องวัดความเค็มประกอบไปด้วยหน้าจอแสดงผลแบบ OLED ขนาด 128x64 พิกเซล สำหรับแสดงค่าความเค็มเป็นเปอร์เซ็นต์เกลือโซเดียมและกราฟฟิกแสดงออกด้วยใบหน้า ปุ่มเปิดเครื่องที่มีลักษณะกดติดปล่อยดับ และปุ่มเลือกโหมดสำหรับกับวัดค่าในอาหารที่มีลักษณะจำเพาะเช่นอาหารประเภทมัน หรือเปรี้ยว ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดต่อไปในอนาคตได้ ส่วนหลังของเครื่องวัดความเค็มประกอบไปด้วยฝาปิดถ่านที่ถูกจับยึดด้วยน็อตสกรูจำนวน 2 ตำแหน่งซึ่งสามารถเปิดออกในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนถ่านได้ นอกจากนี้ เครื่องวัดเค็ม CHEM METER ได้เพิ่มเติมในส่วนช่องปรับค่าเครื่องที่มีลักษณะรูขนาดเล็กที่ไขวงสามารถสอดเข้าไปหมุนปรับค่าได้ โดยรายละเอียดลักษณะและวิธีการปรับค่าจะอธิบายในหัวข้อการปรับตั้งค่าเครื่องต่อไป



รูปที่ 24 ส่วนประกอบ CHEM METER

7. วิธีใช้งานเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER

การใช้งานเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER สามารถทำได้โดยง่าย โดยจุ่มปลายหัวโพรบที่มีลักษณะโลหะสีทองลงไป ในอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวดังแสดงในรูปที่ 25 โดยไม่ควรจุ่มลึกเกินไปหรือไม่ควรจุ่มจนกระทั่งตัวกล่องเพกเกจหลักสัมผัสกับน้ำ ไม่ควรใช้วัดอาหารในขณะร้อนเนื่องจากอุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่ส่งผลค่าที่อ่านได้จากเครื่องมีค่าที่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง แนะนำให้วัดอาหารขณะอุณหภูมิห้อง เมื่อจุ่มโพรบในอาหารแล้วจากนั้นกดปุ่มเปิดเครื่องค้างได้เมื่อต้องการวัดค่า พร้อมกับอ่านค่า % ความเค็มและลักษณะการแสดงผลบนหน้าจอ เครื่องจะดับลงหลังจากปล่อยนิ้วมือจากปุ่มเปิดเครื่อง หลังจากการวัดค่าความเค็มในอาหารแต่ละครั้งควรทำความสะอาดหัวโพรบด้วยน้ำสะอาดแล้วใช้ทิชชูเช็ดให้แห้ง หรือใช้ทิชชูเปียกเช็ดทำความสะอาด ในกรณีมีคราบไขมันสามารถใช้น้ำยาล้างจานทำความสะอาดหัวโพรบได้









รูปที่ 25 การใช้งานเครื่องวัดเค็ม CHEM METER

8. คำแนะนำสำหรับการบริโภค

ตารางที่ 2 แสดงหน่วยบริโภคที่แนะนำต่อค่าความเค็มที่วัดได้โดยค่าต่อหน่วยบริโภคที่แนะนำนี้มาจากข้อสรุปในที่ประชุมเกลือชายลดเค็ม ซึ่งกรณีบุคคลทั่วไปที่ใช้เครื่องวัดเค็มสามารถเข้าใจได้ง่ายด้วยการดูกราฟฟิคแสดงสีหน้าเช่น ลักษณะใบหน้ายิ้ม (น้อยกว่า 0.7% NaCl) แนะนำให้ทานได้ตามปริมาณที่สมควรมากกว่า 13 ซ้อนโต๊ะหรือมากกว่า 200 มิลลิลิตร ลักษณะใบหน้าบึ้งขื่นขื่น (ระหว่าง 0.7-0.9% NaCl) แนะนำให้ทานได้ในช่วง 10-13 ซ้อนโต๊ะหรือในช่วง 150-200 มิลลิลิตร หากลักษณะใบหน้าบึ้งมาก (มากกว่า 0.9% NaCl) แนะนำให้ทานปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่เกิน 10 ซ้อนโต๊ะหรือน้อยกว่า 150 มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 หน่วยบริโภคที่แนะนำต่อค่าความเค็มที่วัดได้

ค่าจากการวัด	ลักษณะใบหน้า			
	% NaCl	$\leq 0.7\%$	0.71 - 0.9%	$> 0.9\%$
หน่วยบริโภค ที่แนะนำ	หน่วยมิลลิลิตร	>200 ml	150-200 ml	<150 ml
	หน่วยช้อนโต๊ะ	$>$  X 13	 10-13	$<$  X 10

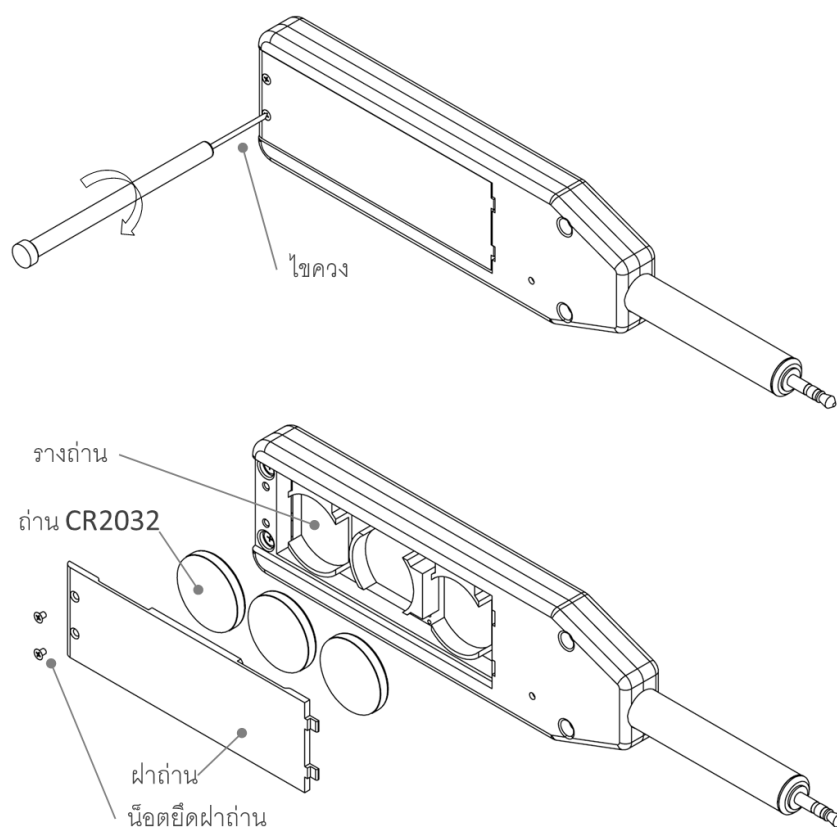
ค่าเปอร์เซ็นต์ที่อ่านได้สามารถคำนวณย้อนกลับหาค่าปริมาณเกลือโซเดียม (NaCl) และ โซเดียม (Na) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณเกลือโซเดียม (NaCl) และ โซเดียม (Na) เทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์

%	NaCl (g/ml)	Na (g/ml)
0.0	0.0	0.0000
0.2	0.2	0.0786
0.4	0.4	0.1573
0.6	0.6	0.2360
0.8	0.8	0.3146
1.0	1.0	0.3933
1.2	1.2	0.4720
1.4	1.4	0.5507
1.6	1.6	0.6293
1.8	1.8	0.7080
2.0	2.0	0.7867

9. การเปลี่ยนแบตเตอรี่

หากหน้าจอแสดงคำว่า "batt!!" แจ้งเตือนให้เปลี่ยน แบตเตอรี่ ขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้คือ ถ่านกระดุม CR2032 หาซื้อได้ที่ 7-11 หรือร้านค้าทั่วไป ซึ่งวิธีการเปลี่ยนถ่านสามารถทำได้โดยการใช้ไขควงหมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อคลายน็อตยึดฝาถ่านจากนั้นเปิดฝาถ่านจะเห็นถ่านจำนวน 3 ก้อน สามารถนำถ่านออกจากรางถ่านได้ด้วยมือหรืองัดด้วยไขควงดังแสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 ส่วนขยายแสดงวิธีการเปลี่ยนถ่านเครื่องวัดความเค็ม CHEM METER

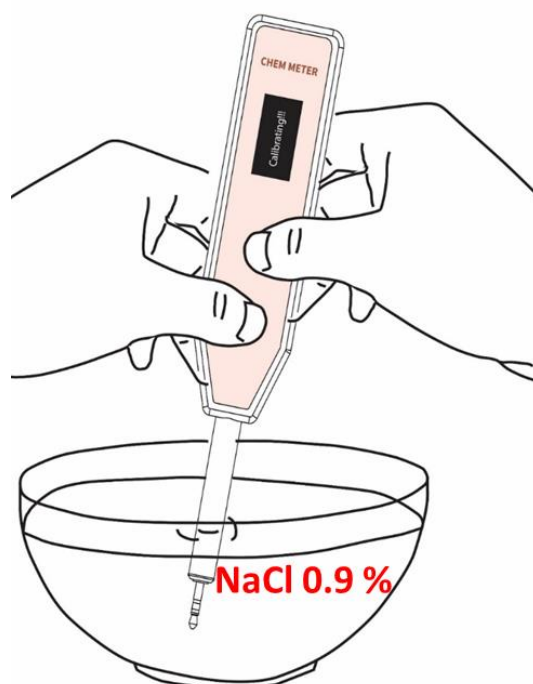
10. การสอบเทียบเครื่อง CHEM METER

การสอบเทียบหรือการปรับค่าเครื่องสามารถทำได้เบื้องต้นด้วยการอ้างอิงกับน้ำเกลือมาตรฐาน 0.9% ทั้งนี้แนะนำให้ปรับตั้งค่าเครื่องเมื่อค่าที่วัดได้จาก CHEM METER มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า ± 0.1 % จากน้ำเกลือมาตรฐาน (0.9%)

การปรับค่าเครื่องสามารถทำได้ด้วยการจุ่มหัวโพรบในน้ำเกลือมาตรฐาน 0.9% จากนั้นกดปุ่มโหมดและปุ่มเปิดเครื่อง หน้าจอจะแสดง "Calibrating!" ดังแสดงในรูปที่ 27 การปรับค่าเครื่องใช้เวลาประมาณ 5

วินาที จากนั้นหน้าจอจะแสดง “Finish” ในกรณีที่หน้าจอแสดง “Error” อาจเกิดจากหัวโพรบไม่ได้จุ่มในน้ำเกลือมาตรฐาน 0.9% การปรับค่าเครื่องจะเสร็จสิ้นเมื่อค่าที่ได้จากการปรับมีค่าใกล้เคียง 0.9%

การปรับค่าเครื่องนี้ระบบจะเก็บและจดจำค่าที่ได้จากการวัดน้ำเกลือมาตรฐานในหน่วยความจำถาวร (EEPROM) ของตัวประมวลผล ค่าที่ได้นี้จะถูกนำไปปรับปรุงสมการ การคำนวณค่าความเค็มดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 27 วิธีการปรับค่าเครื่อง

11. ข้อควรระวัง

- ไม่ควรจุ่มเครื่อง CHEM METER ทิ้งไว้ในอาหาร
- ไม่ควรวัดอาหารร้อน ใช้วัดอาหาร ณ อุณหภูมิห้องเท่านั้น
- ห้ามแช่เครื่อง CHEM METER ในน้ำ
- หลีกเลี่ยงการกระทบบริเวณปลายโพลายโลหะสีทอง

รายละเอียดการพัฒนาแผนตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

1. บทนำ

โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารหลากหลายชนิด ทั้งในรูปการปรุงรสเพื่อให้ได้รสชาติชวนรับประทาน หรือนำมาใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมีรายงานและผลการทดลองบ่งบอกถึงโทษของการบริโภคเกลือในปริมาณสูง ที่เห็นได้ชัดเจนคือความสัมพันธ์ที่แปรตามกันระหว่างปริมาณโซเดียมคลอไรด์กับอาการความดันโลหิตสูง และผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณเกลือที่บริโภคจะช่วยลดความดันโลหิตในผู้ป่วยได้ นอกจากนี้การบริโภคโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณสูงยังมีผลต่อโรคกระดูกพรุน หลอดเลือดสมอง ภาวะไตเสื่อมและไตวาย มะเร็งกระเพาะอาหาร และโรคหอบหืด ในประเทศไทยปัญหาที่พบมากจากการบริโภคเกลือในปริมาณสูงคือการทำงานของไตที่ลดลงและการเสื่อมสภาพ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะบ่งบอกความผิดปกติในการทำงานของไตได้ ในปัจจุบันจึงมีความต้องการชุดตรวจหรือวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ใช้งานง่าย สะดวก และที่สำคัญคือราคาการวิเคราะห์ต่ำเพื่อให้ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงบริการทางสาธารณสุขได้อย่างทั่วถึง การวิเคราะห์อาจอยู่ในรูปแบบการคัดกรองเบื้องต้น เพื่อทราบถึงความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ

ด้วยเหตุข้างต้นจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาชุดตรวจอย่างง่ายสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ เพื่อใช้ในการคัดกรองผู้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เป็นผลจากการบริโภคโซเดียมคลอไรด์ปริมาณสูง โดยเฉพาะโรคไตซึ่งจัดว่าเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญของประชากรในประเทศ ชุดตรวจดังกล่าวอยู่ในรูปกระดาษทดสอบที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างรวดเร็ว โดยอ่านผลจากการเปลี่ยนแปลงของสีที่มีระดับความเข้มแปรตามปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างปัสสาวะ ประเด็นสำคัญประการหนึ่งของการพัฒนาชุดตรวจที่ควรกล่าวถึงในที่นี้คือ มีรายงานว่าปริมาณโซเดียมและคลอไรด์ในปัสสาวะจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ [8] ดังนั้นจึงสามารถใช้การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ซึ่งทำได้ง่ายกว่าเป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณโซเดียมหรือโซเดียมคลอไรด์ที่มีในปัสสาวะได้เช่นกัน ปัจจุบันมีการผลิตชุดทดสอบโซเดียมคลอไรด์โดยใช้การวัดคลอไรด์ออกจากหน่วยในเชิงพาณิชย์จำนวนหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ชุดทดสอบยี่ห้อ Saltesmo ผลิตในประเทศเยอรมนี ใช้การตรวจวัดไอออนเฮไลด์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเฮไลด์ไอออนในโซเดียมคลอไรด์กับสารประกอบเกลือเงิน (silver salt) ซึ่งเป็นสารมีสี ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่จะจางลงเป็นลำดับเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์หรือคลอไรด์ไอออนในตัวอย่างมีปริมาณมากขึ้น Saltesmo ตอบสนองต่อโซเดียมคลอไรด์ช่วงความเข้มข้น 0.25-5 กรัมต่อลิตร มีราคา 1 กล่องหรือ 30 ชิ้น ราคา 4,600 บาท หรือเฉลี่ย

ประมาณ 150 บาทต่อการวัด 1 ตัวอย่าง ขณะที่ราคาขายทางเว็บไซต์ต่างประเทศมีราคาประมาณ 75-90 เหรียญสหรัฐอเมริกา หรือประมาณ 2,300 บาท ไม่รวมค่าจัดส่ง นอกจากนี้ยังมีห้อยอื่น ๆ เช่น Uropaper จากประเทศญี่ปุ่น Merckoquant และ Quantofox ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากเยอรมนี ทั้งหมดนี้มีจำหน่ายทางเว็บไซต์ แต่ยังไม่มีความจำหน่ายในประเทศไทย ราคาขายประมาณ 50-100 บาทต่อการวัด 1 ตัวอย่าง จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าราคาจำหน่ายของชุดตรวจโซเดียมคลอไรด์มีราคาสูง ดังนั้นหากสามารถพัฒนากระบวนการผลิตชุดตรวจขึ้นได้ภายในประเทศ จะช่วยลดการนำเข้าและเป็นการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชากรในประเทศทางหนึ่ง

สืบเนื่องจากรายงานการพัฒนาชุดตรวจความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะฉบับก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงวิธีการพัฒนาชุดตรวจความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์โดยใช้การวัดคลอไรด์ ด้วยเทคนิคคัลเลอร์เมตริก (colorimetric method) หลักการโดยทั่วไปคือการใช้สารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงตะกอนของสารประกอบ การเปลี่ยนแปลงสีของสารแขวนลอย ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นตรวจวัดต้นแบบดังกล่าวคือ สารเคมีซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ร่วมกับไดคลอโรฟลูออเรสซีน (dichlorofluorescein) โดยได้มีการศึกษาปฏิกิริยาระหว่าง silver nitrate/dichlorofluorescein/sodium chloride และการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ dichlorofluorescein สำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในตัวอย่าง พบว่ากระดาศทดสอบโซเดียมคลอไรด์เตรียมขึ้นจากสาร Silver nitrate และ Dichlorofluorescein ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม เมื่อผสมสารละลายทั้ง 2 เข้าด้วยกันแล้วจะได้สารละลายสีเหลืองอมส้ม จากนั้นจึงชุบกระดาศกรองลงในสารละลายที่ผสมไว้แล้ว อบกระดาศกรองที่ชุบสารเคมีจนแห้งก็จะได้แถบตรวจวัดความเข้มข้นของ NaCl ในปัสสาวะ เมื่อจุ่มแถบวัดความเข้มข้นลงในสารละลาย NaCl แถบวัดความเข้มข้นจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองอมส้มกลายเป็นสีชมพู จากการทดลองพบว่าแถบตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ที่ผลิตสามารถตรวจวัดความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างแม่นยำ

ในโครงการนี้จึงมุ่งเน้นที่จะผลิตแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ จำนวน 2,000 แผ่นเพื่อใช้ในโครงการวิจัยและรณรงค์การลดการบริโภคโซเดียมในอาหารเพื่อให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของการควบคุมความเค็มในอาหารซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชน

2. อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. ตู้บลมร้อน
2. เครื่องชั่งสารเคมี
3. เครื่องซีลปากถุง
4. เครื่องตัดกระดาษ
5. กระดาษกรอง Whatman number 4
6. กระดาษอาร์ทมัน ขนาด A4
7. กระดาษกาวสองหน้า
8. ช่องฟอล์ยทีบแสงขนาดกว้าง 9 ซม. ยาว 13 ซม.
9. ช่องกันชื้นขนาด 0.5 กรัม
10. กล่องบรรจุช่องฟอล์ยทีบแสง
11. ถาดย้อมสี
12. ถาดอบกระดาษกรอง
13. หลอดทดลอง
14. ปีกเกอร์
15. ถุงมือ

สารเคมี

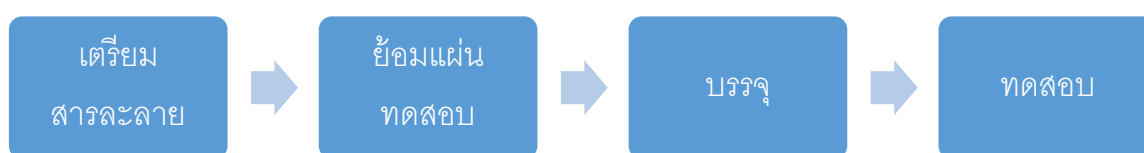
1. Silver nitrate (AgNO_3)
2. Dichlorofluoroscein
3. Absolute ethanol

4. Deionized water

5. NaCl

3. ขั้นตอนการผลิตแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

กระบวนการการผลิตตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ 1. การเตรียมสารละลายเพื่อย้อมกระดาษกรอง 2. ขั้นตอนการย้อมและอบแห้งแผ่นตรวจวัด 3. บรรจุแผ่นทดสอบ และ 4. ทดสอบการทำปฏิกิริยาของแผ่นตรวจวัด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. กระบวนการการผลิตแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลาย silver nitrate และ dichlorofluoroscein สำหรับย้อมแผ่นทดสอบตามตารางที่ 1 และผสมสารละลายในอัตราส่วน 1:1 (ตัวอย่าง 2 ml silver nitrate ต่อ 2 ml dichlorofluoroscein)

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นสารละลาย Silver nitrate และ Dichlorofluoroscein ที่ต้องเตรียม

NaCl (g/l)	AgNO ₃ (M) in 50% ethanol	Dichlorofluoroscein (M) in 100% ethanol
2	0.0684	0.0050
4	0.1368	0.0100
6	0.2052	0.0150
8	0.2734	0.0200
10	0.3418	0.0250

ขั้นตอนที่ 2 การย้อมแผ่นทดสอบ

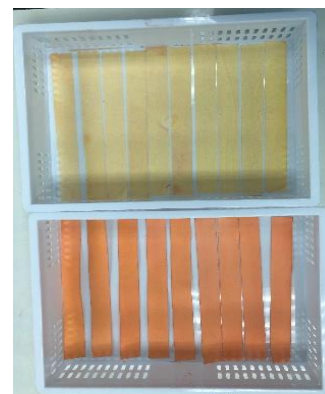
เทสารละลายลงในภาตสำหรับซูประดาษกรองซูประดาษกรองลงในสารละลาย และเมื่อสารละลายกระจายทั่วทั้งแผ่นให้ยกออกทันที ข้อควรระวัง ห้ามทิ้งกระดาษกรองไว้ในภาต เพราะจะเกิดการตกตะกอน และทำให้สารละลายกระจายตัวไม่สม่ำเสมอบนกระดาษกรองอบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 4 นาทีหรือจนกระดาษกรองแห้งสนิท



รูปที่ 2. ภาตย้อมกระดาษกรอง



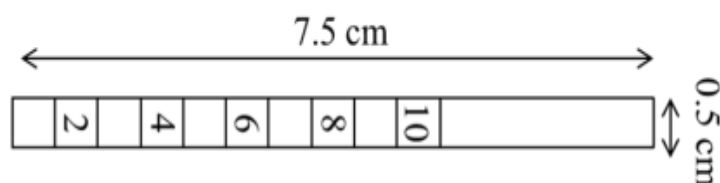
รูปที่ 3. การอบกระดาษกรอง



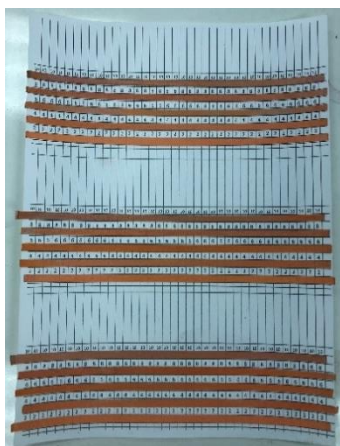
รูปที่ 4. ก่อนอบและหลังอบ

ขั้นตอนที่ 3 บรรจุแผ่นตรวจวัด

พิมพ์ลายแผ่นตรวจวัดขนาดตามรูปที่ 5 ลงบนกระดาษอาร์ทมัน ขนาด A4 ตัดกระดาษกรองให้ได้ขนาดความกว้าง 5 มิลลิเมตรติดกระดาษสองหน้าทางด้านหลังกระดาษกรองและติดกระดาษกรองลงบนตารางที่ได้พิมพ์ไว้ในกระดาษอาร์ทมัน ขนาด A4 ตามค่าความเข้มข้นที่ระบุไว้ และตัดแผ่นตรวจวัดให้ได้ขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร และยาว 7.5 เซนติเมตร บรรจุแผ่นตรวจสอบพร้อมซองกันชื้นลงในถุงทึบแสงและปิดผนึกซองด้วยเครื่องซีลปากถุง ตัดสติ๊กเกอร์ที่ใช้บนซองบรรจุภัณฑ์และบรรจุลงกล่อง



รูปที่ 5. ขนาดแผ่นตรวจวัด



รูปที่ 6. แผ่นตรวจวัด



รูปที่ 7. ปิดผนึกซองด้วยเครื่องซีลปากถุง



รูปที่ 8. สติกเกอร์ที่ใช้บนซองบรรจุภัณฑ์

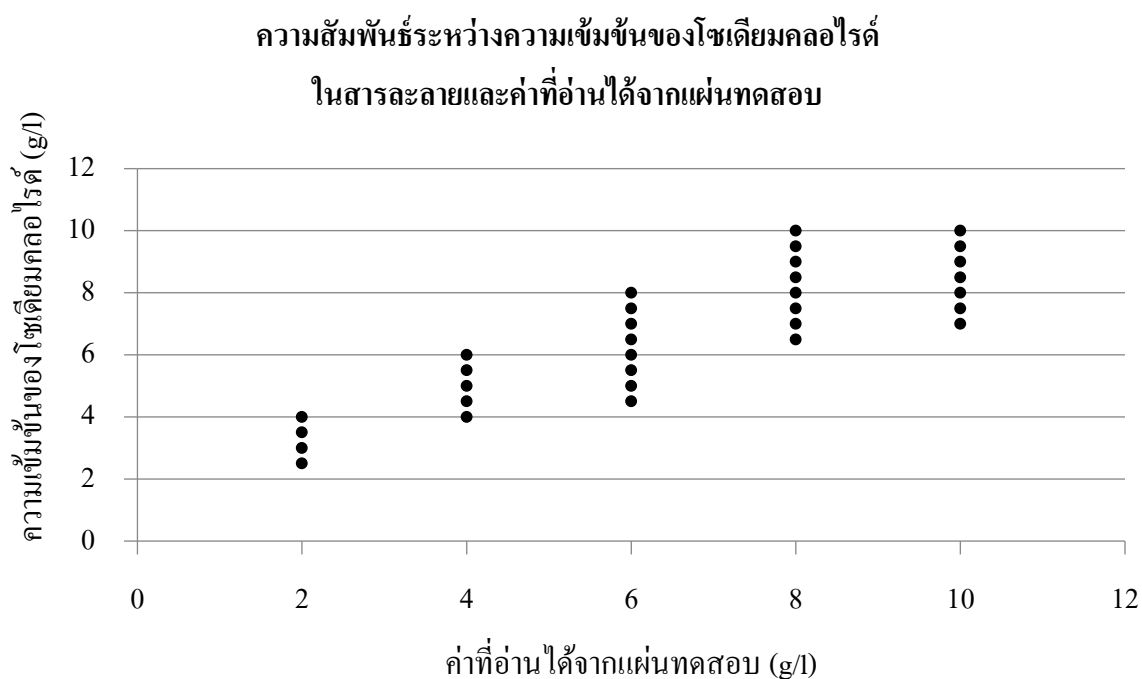


รูปที่ 9. แผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบการทำปฏิกิริยาของแผ่นตรวจวัด

นำแผ่นตรวจวัดมาทำการทดสอบความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายและค่าที่อ่านได้จากแผ่นทดสอบผลการทดสอบแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 10

จากการศึกษาพบว่าค่าที่อ่านได้จากแผ่นทดสอบมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ดังนั้นวิธีการผสมสารแล้วจึงชูประดาชกรองลงในสารละลายจึงสามารถนำมาใช้ในการผลิตแผ่นทดสอบโซเดียมคลอไรด์ได้



รูปที่ 10. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายและค่าที่อ่านได้จากแผ่นทดสอบ

4. คู่มือการใช้งานแผ่นทดสอบความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะ

1. ลักษณะทั่วไป

ขนาด 0.5 cm. x 7.5 cm. สามารถตรวจความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ได้

5 ความเข้มข้น ได้แก่ 2 g/l, 4 g/l, 6 g/l, 8 g/l และ 10 g/l

2. การใช้งาน

1. ใส่ถุงมือทุกครั้งเมื่อใช้แผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์
2. จุ่มแผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลาย เป็นเวลา 10 วินาที
3. นำแผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ขึ้นจากสารละลาย ซับสารละลายส่วนเกินออกจากแผ่นทดสอบ
4. อ่านค่าความเข้มข้นจากแผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ โดยเมื่อ**ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มากกว่าหรือเท่ากับค่าบนแผ่นทดสอบ** กระดาษจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง ดังต่อไปนี้

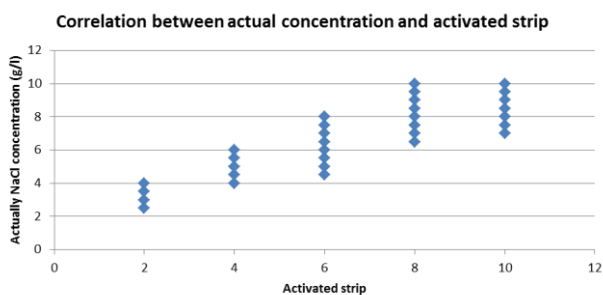
3. ข้อควรระวังในการใช้งาน

หลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงบริเวณแผ่นทดสอบ

4. การเก็บรักษา

ควรเก็บไว้ในที่มืดแห้ง และควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 40 ° C

ก่อนใช้งาน	<2	≥2	≥4	≥6	≥8	≥10
	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l



แผ่นทดสอบต้องมีการเปลี่ยนสีมากกว่า 50% ของพื้นที่ทั้งหมด

สรุปผลการศึกษา

โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การผลิตแผ่นตรวจวัดความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะจำนวน 2,000 แผ่น ที่ตอบสนองต่อโซเดียมคลอไรด์อย่างรวดเร็ว ที่มีราคาประหยัด เพื่อสามารถใช้ได้กับบุคคลทั่วไป เหมาะกับการนำไปใช้ในการรณรงค์ของ สสส และสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ที่ต้องวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในห้องปฏิบัติการ และจุดบริการทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์จากการใช้เครื่องมือราคาสูง

ซึ่งแผ่นตรวจวัดโซเดียมคลอไรด์ในปัสสาวะนั้น นักวิจัยใช้ใช้สารเคมีซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ร่วมกับไดคลอโรฟลูออเรสซีน (dichlorofluorescein) จากการทดสอบพบว่ากระดาษทดสอบดังกล่าวตอบสนองต่อสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในช่วงความเข้มข้น 2 – 10 g/L วิธีการชุบกระดาษกรองลงในสารละลายผสมระหว่าง Silver nitrate และ Dichlorofluoroscein สามารถนำมาใช้ในการผลิตแผ่นทดสอบโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต่อไปได้ในอนาคต