# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

ในงานวิจัยได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายที่มีความแข็งแรง ใช้งานง่ายและสะดวก และทำการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย โดยทดสอบเกี่ยวกับเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาเคมีให้สี 3 ชนิด การหาปริมาณโปรตีน และการวิตามินซีอย่างง่าย โดยมีรายละเอียดของผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

## การสร้างกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายร่วมกับสมาร์ทโฟน

การสร้างกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายร่วมกับสมาร์ทโฟน โดยการออกแบบและกำหนดขนาดได้ปรับจากงานวิจัยที่ได้ทำมาก่อนหน้า ซึ่งเน้นให้กล่องที่ได้มีลักษณะแข็งแรง มีขนาดเหมาะสมกับการพกพา และใช้งานในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น แสดงลักษณะกล่องที่ได้ ดังภาพที่ 4.1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

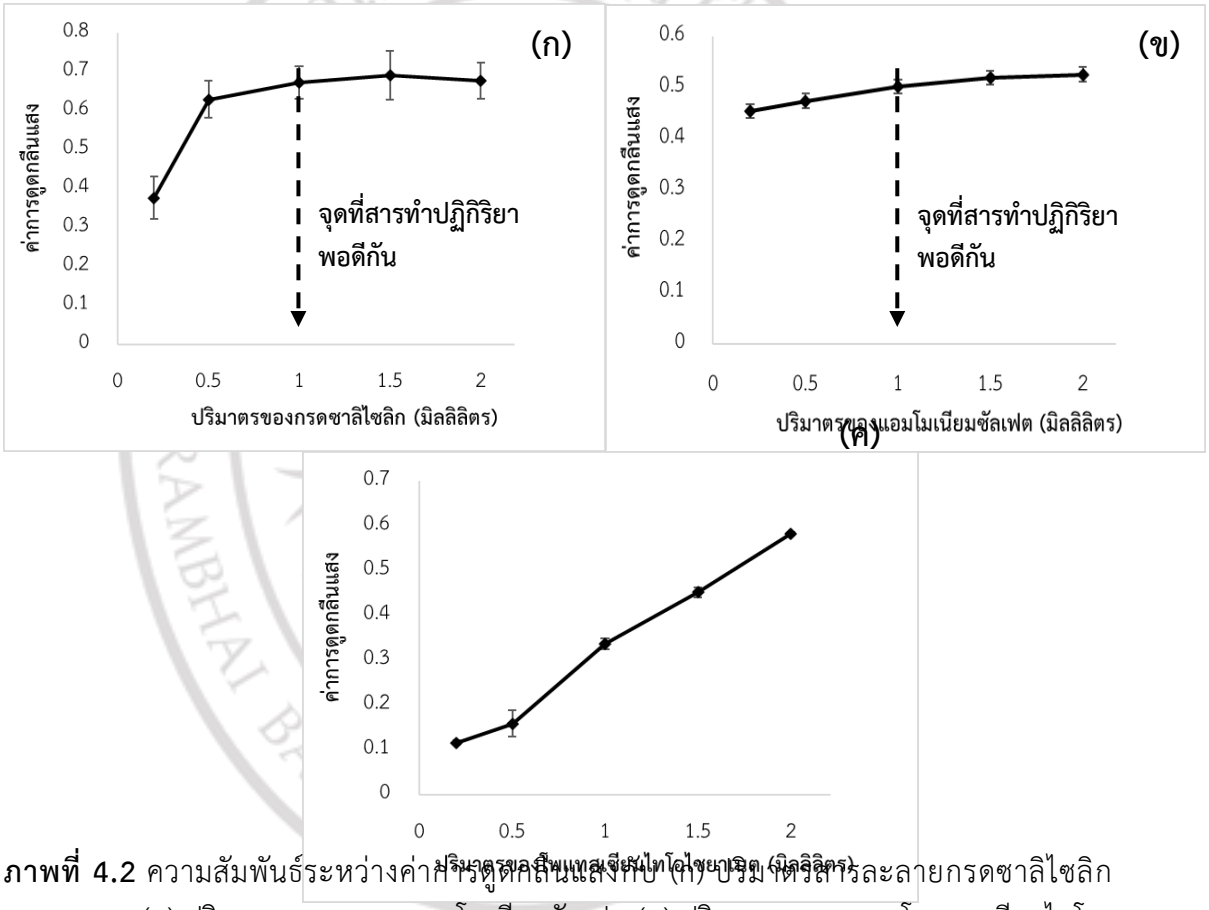
**ภาพที่ 4.1** กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

เมื่อนำกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นมาทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยการวัดค่าความเข้มสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดงของสีผสมอาหาร ร่วมกับการใช้สมาร์ทโฟน ซึ่งจากการวัดค่าความเข้มสีของสารละลายสีต่าง ๆ จำนวน 5 ซ้ำ พบว่า ให้ผลการวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่าร้อยละ 5 แสดงถึงค่าความแม่นยำที่ดีของการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

**ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายในการศึกษา เรื่อง สารกำหนดปริมาณ**

ในงานวิจัยนี้ ได้นำกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย มาทำการศึกษา เรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยออกแบบการทดลองให้สารตั้งต้นหนึ่งชนิดเป็นสารกำหนดปริมาณ ซึ่งมีผลการทดลองดังหัวข้อที่ 1-3

1. ผลการศึกษาเรื่อง สารกำหนดปริมาณของ 3 ปฏิกิริยา ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโทร-โฟโตเมตรี ได้ผลการทดลองแสดงลักษณะของกราฟ ดังภาพที่ 4.2



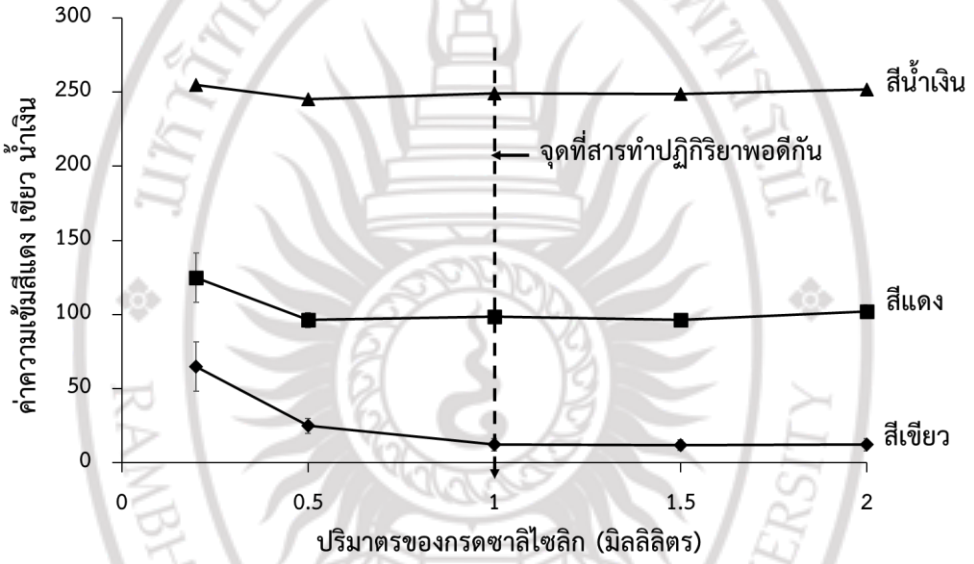

**ภาพที่ 4.2** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับ (ก) ปริมาตรสารละลายกรดซาลิไซลิก (ข) ปริมาตรสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต (ค) ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมไทโอ-ไซยาเนต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากภาพที่ 4.2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุด คือ ปฏิกิริยาระหว่างกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 4.5 มิลลิโมลต่อลิตร และไอร์ออน (III) คลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลต่อลิตร (ภาพที่ 4.2(ก)) เนื่องจากสามารถอธิบาย เรื่อง สารกำหนดปริมาณได้ดีที่สุด คือ ให้เส้นแนวโน้มของกราฟคงที่เมื่อสารทำปฏิกิริยากันพอดี โดยสีของสารผลิตภัณฑ์ไม่เข้มขึ้น เมื่อเทียบกับอีกสองปฏิกิริยาที่แสดงแนวโน้มของกราฟคงที่เมื่อสารทำปฏิกิริยากันพอดีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 4.2(ข)) หรือไม่แสดงแนวโน้มของกราฟคงที่เลยเมื่อสารทำปฏิกิริยากันพอดี (ภาพที่ 4.2(ค))

2. ผลการศึกษาความเข้มสีที่เหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายร่วมกับสมาร์ทโฟน

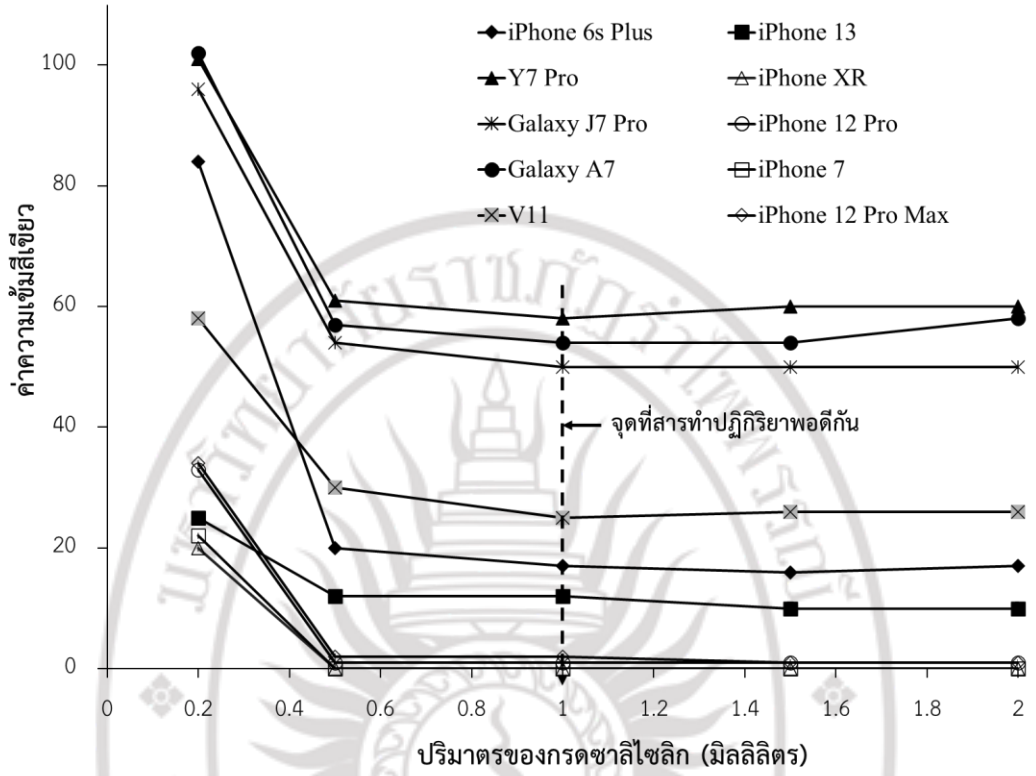
ปฏิกิริยาระหว่างกรดซาลิไซลิกและไอร์ออน (III) คลอไรด์ ถูกเลือกมาศึกษาค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน กับสมาร์ทโฟน โดยนำสารละลายสีม่วงของสารประกอบเชิงซ้อนที่เตรียมได้ไปถ่ายภาพและวิเคราะห์ค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยใช้แอพพลิเคชั่นคัลเลอร์พิกเกอร์ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 4.3 พบว่า เส้นแนวโน้มค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าความเข้มสีเขียวแสดงแนวโน้มของกราฟคงที่เมื่อสารทำปฏิกิริยากันพอดีได้ชัดเจนที่สุด ดังนั้น ความเข้มสีเขียวจึงถูกเลือกใช้ในการศึกษาต่อไป




**ภาพที่ 4.3** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงินกับปริมาตรสารละลายกรดซาลิไซลิก

3. ผลการศึกษายี่ห้อสมาร์ทโฟนต่อผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสี

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาสมาร์ทโฟนทั้งหมด จำนวน 10 เครื่อง โดยทำการสุ่มจากการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไป ซึ่งจะมีความแตกต่างกันของรุ่นยี่ห้อ และราคา แต่ละเครื่องมีขายทั่วไปในท้องตลาด หรือเป็นที่นิยมใช้ โดยได้ทำการถ่ายภาพสารละลายผลิตภัณฑ์สีม่วงจากปฏิกิริยากรดซาลิ-ไซลิก ความเข้มข้น 4.5 มิลลิโมลต่อลิตร และไอร์ออน (III) คลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลต่อลิตร โดย ตั้งค่าโหมดถ่ายภาพแบบโฟกัสคงที่ไม่ใช้แฟลช และวิเคราะห์ค่าความเข้มสีเขียว ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.4




**ภาพที่ 4.4** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีเขียวกับปริมาตรสารละลายกรดซาลิไซลิกจากสมาร์ทโฟน 10 เครื่อง

จากการศึกษาสมาร์ทโฟน 10 เครื่อง โดยวิเคราะห์ค่าความเข้มสีเขียว จากปฏิกิริยากรดซาลิ-ไซลิก ความเข้มข้น 4.5 มิลลิโมลต่อลิตร และไอร์ออน (III) คลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลต่อลิตร โดยส่วนใหญ่สามารถแสดงหรือบ่งบอกถึงผลการศึกษา เรื่อง สารกำหนดปริมาณได้ชัดเจน แต่มีบางเครื่องที่ยังให้แนวโน้มไม่ชัดเจน เนื่องจากภาพถ่ายที่ได้มีลักษณะโทนสีฟ้า การวัดค่าสีจึงเกิดความคลาดเคลื่อน ให้ความแตกต่างของค่าสีได้ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติม พบว่าในบางเครื่องที่ให้ผลการวิเคราะห์จากค่าความเข้มสีเขียวไม่ชัดเจน แต่กลับให้ผลจากการใช้ความเข้มสีแดงที่ดีกว่าสีเขียว จึงอาจทำให้สรุปได้ว่า ค่าความเข้มสีที่เหมาะสมคือ ค่าความเข้มสีเขียว หรือในบางเครื่องอาจให้ค่าความเข้มสีแดงดีที่สุด ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาตามผลการทดลองจริงที่ทำการทดสอบในขณะนั้น ความละเอียดกล้องและยี่ห้อสมาร์ทโฟนมีผลต่อการวิเคราะห์ค่าความเข้มสี โดยต้องเลือกสมาร์ทโฟนที่ให้ภาพสว่าง ไม่แสดงลักษณะโทนสีฟ้า ไม่มีความมืด จึงสามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มสีได้ดี

สมาร์ทโฟนยี่ห้อต่าง ๆ ทั้งในระบบไอโอเอสและแอนดรอยด์ สามารถใช้ได้ในการวิเคราะห์กับชุดอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น อุปกรณ์เหล่านี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่เทียบเท่ากับที่ได้จากเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยสมาร์ทโฟนทุกเครื่องที่มีความละเอียดกล้องสูงกว่า 12 ล้านพิกเซล สามารถใช้งานได้จริง ดังนั้น ผลการทดสอบเบื้องต้นนี้จึงเป็นแนวทางในการสร้าง

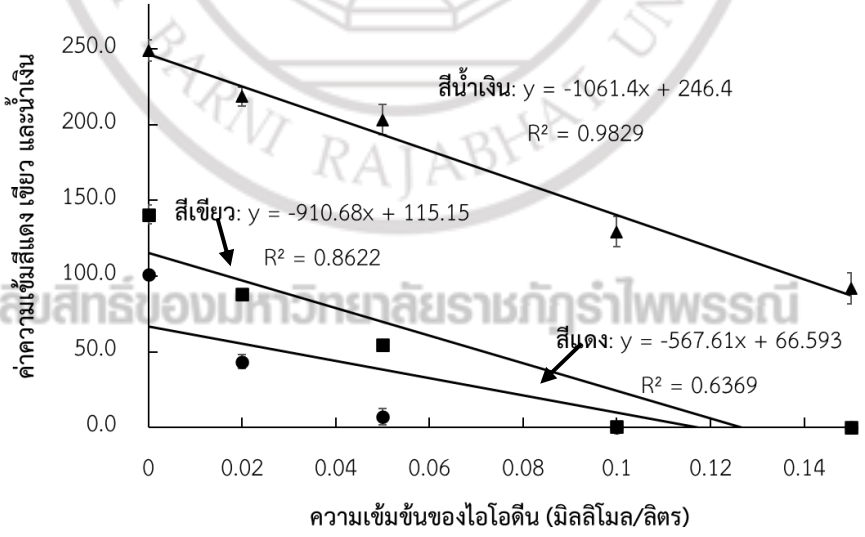
อุปกรณ์พกพาในการวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับกล่องอุปกรณ์อย่างง่ายในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น และมีประโยชน์กับการสอนปริมาณสารสัมพันธ์ในชั้นเรียนปฏิบัติการเคมีสำหรับโรงเรียนที่ไม่สามารถซื้อเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีได้

## ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายในการศึกษา เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม ยาเม็ดวิตามินซี และน้ำผลไม้สด

ในการทดสอบประสิทธิภาพของกล่องด้านปริมาณวิเคราะห์ ได้นำกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย มาทำการศึกษา เรื่อง การหาปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม ยาเม็ดวิตามินซี และน้ำผลไม้สด โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างวิตามินซีกับสารละลายไอโอดีนที่มากเกินพอ แล้วหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือโดยทำปฏิกิริยากับน้ำแป้งได้สารละลายสีน้ำเงิน โดยจะถูกนำไปคำนวณหาปริมาณไอโอดีนที่ถูกใช้ไป ซึ่งจะมีจำนวนโมลเท่ากับปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ในตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงดังหัวข้อที่ 1-4

1. ผลการเลือกค่าความเข้มสีที่เหมาะสมสำหรับการวิคราะห์หาปริมาณวิตามินซี

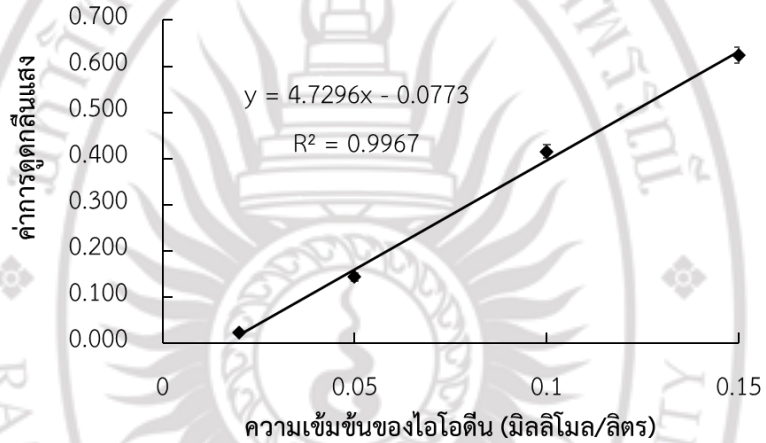
ในการศึกษาค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่เหมาะสมกับการวิคราะห์หาปริมาณวิตามินซี ได้ใช้สมาร์ทโฟนทั้งระบบแอนดรอยด์และไอโอเอสในการทดลอง โดยเลือกเครื่องที่ไม่แสดงภาพถ่ายลักษณะโทนสีฟ้า และทำการทดสอบวัดค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงินของสารละลายไอโอดีนที่ความเข้มข้นในช่วง 0 ถึง 0.15 มิลลิโมลต่อลิตร แสดงผลการทดลองกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน กับค่าความเข้มข้นของไอโอดีน ดังภาพที่ 4.5 พบว่าค่าความเข้มสีน้ำเงินให้แนวโน้มความเป็นเส้นตรงดีที่สุดในช่วงความเข้มข้นของไอโอดีนที่ทำการศึกษา ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าสีเขียวและสีน้ำเงินที่ให้แนวโน้มความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของไอโอดีนที่แคบกว่า ดังนั้น จึงทำการเลือกค่าความเข้มสีน้ำเงินในการศึกษาใน ตัวแปรต่อไป




**ภาพที่ 4.5** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน กับค่าความเข้มข้นของไอโอดีน

2. ผลการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของไอโอดีนจากวิธีที่พัฒนาขึ้นมา

ในการสร้างกราฟมาตรฐานของไอโอดีนได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของไอโอดีน โดยค่าการดูดกลืนแสงคำนวณมาจากค่าความเข้มสีน้ำเงิน โดยอาศัยกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต ($A=-\log I/I_0$) พบว่า กราฟที่ได้มีเส้นแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่ดีในช่วงความเข้มข้น 0.02-0.15 มิลลิ-โมล/ลิตร สมการเส้นตรงคือ $y=4.7296x-0.0773$ และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์หรือค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9967 แสดงดังภาพที่ 4.6




**ภาพที่ 4.6** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของไอโอดีน

วิธีนี้ให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of detection, LOD) เท่ากับ 0.019 มิลลิโมล/ลิตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ) เท่ากับ 0.021 มิลลิโมล/ลิตร และด้วยวิธีการนี้จะสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้มากกว่า 30 ตัวอย่างต่อชั่วโมง

3. ผลการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำ

ในการทดสอบความถูกต้องของวิธี ทำโดยการทดสอบหาปริมาณวิตามินซีในสารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน (10.00 มิลลิโมลต่อลิตร) โดยใช้กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย แล้วนำผลที่ได้มาเทียบกับผลจากวิธีการไทเทรต ซึ่งผลการทดลอง (แสดงในตารางที่ 4.1) พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายให้ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซีใกล้เคียงกับวิธีการไทเทรต โดยให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 4.48 แสดงถึงวิธีที่พัฒนาขึ้นมาให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้อง

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดสอบความถูกต้อง

| ครั้งที่ | ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกด้วยวิธี (มิลลิโมลต่อลิตร) | |
|---|---|---|
| | กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย | วิธีการไทเทรต |

| | | |
|---|---|---|
| **1** | 9.73 | 9.23 |
| **2** | 9.98 | 9.09 |
| **3** | 8.95 | 9.09 |
| **เฉลี่ย** | 9.55 ± 0.54 | 9.14 ± 0.08 |

ในการทดสอบความแม่นยำ ได้ทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานไอโอดีนที่ความเข้มข้น 0.10 มิลลิโมลต่อลิตร จำนวน 5 คิวเวทท์ (n=5) และรายงานผลค่าความแม่นยำด้วยค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ พบว่า สารละลายมาตรฐานไอโอดีนความเข้มข้น 0.10 มิลลิโมลต่อลิตร ให้ค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 2.8 ซึ่งแสดงถึงว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความแม่นยำดี

4. ผลการทดลองในตัวอย่างเครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม ยาเม็ดวิตามินซี และน้ำผลไม้สด

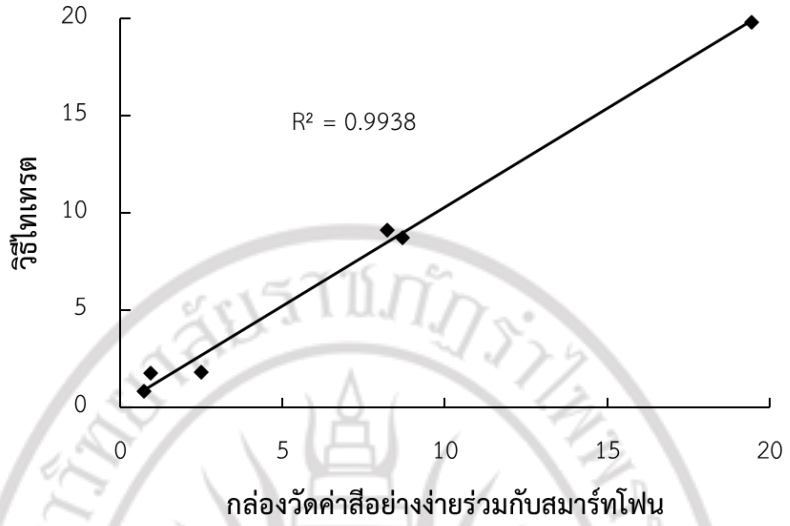
ในการทดลองในตัวอย่างจริงได้ทำการสุ่มเลือกตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม 3 ตัวอย่าง ยาเม็ดวิตามินซี 1 ตัวอย่าง และน้ำผลไม้สด 2 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์เทียบกับวิธีไทเทรต แสดงดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ผลทดลองในตัวอย่างเครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม ยาเม็ดวิตามินซี และน้ำผลไม้สด

| **ตัวอย่าง** | **ความเข้มข้นของวิตามินซี (มิลลิโมลต่อลิตร)** | |
|---|---|---|
| | **กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย** | **วิธีการไทเทรต** |
| **เครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม 1** | 19.44 ± 0.39 | 19.82 ± 0.01 |
| **เครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม 2** | 8.69 ± 0.40 | 8.76 ± 0.14 |
| **เครื่องดื่มวิตามินซีพร้อมดื่ม 3** | 8.22 ± 0.52 | 9.15 ± 0.14 |
| **ยาเม็ดวิตามินซี** | 0.93 ± 0.07 | 1.78 ± 0.04 |
| **น้ำผลไม้สด 1** | 2.49 ± 0.06 | 1.85 ± 0.07 |
| **น้ำผลไม้สด 2** | 0.73 ± 0.03 | 0.83 ± 0.01 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองในตัวอย่างจริง 6 ตัวอย่าง โดยใช้ปฏิกิริยาไอโอดีนและน้ำแป้ง ด้วยกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย พบว่า ให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกับวิธีการไทเทรต โดยส่วนใหญ่ให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าร้อยละ 15 และเมื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองวิธีได้กราฟที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันดี ($R^2$=0.9938) ดังภาพที่ 4.7



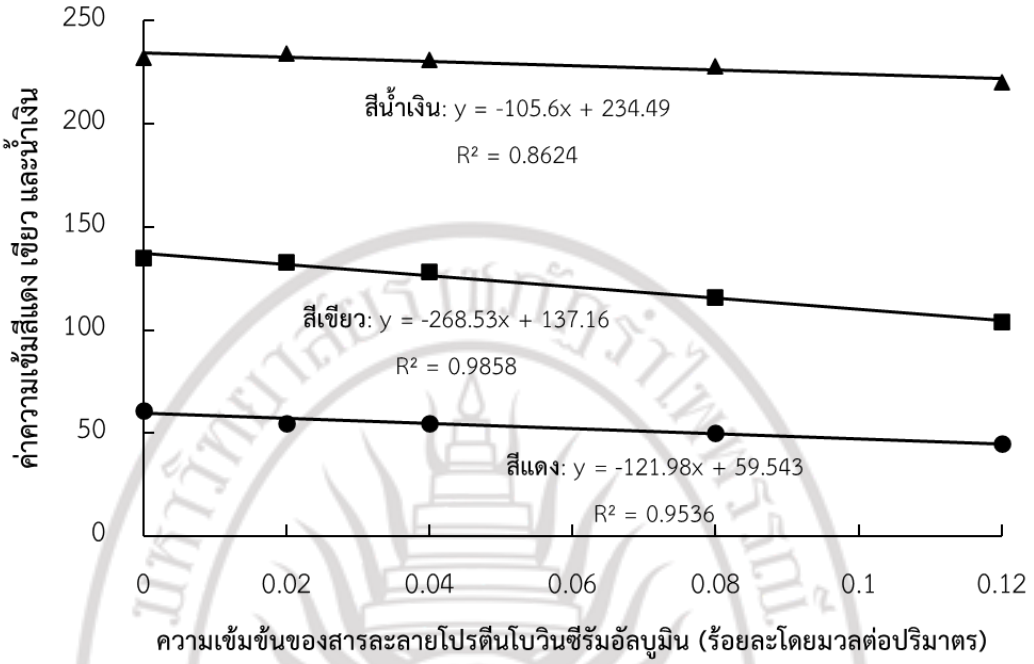

**ภาพที่ 4.7** กราฟความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของวิตามินซีในตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยสองวิธี

## ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย ในการศึกษา เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีไบยูเรต

ในการทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายสำหรับหาปริมาณโปรตีน ได้ทำการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายไบยูเรตและสารละลายโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน (Bovine serum albumin) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วง จากนั้น ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างจริง โดยผลการทดลองแสดงดังหัวข้อที่ 4.4.1-4.4.4

1. ผลการเลือกค่าความเข้มสีที่เหมาะสมสำหรับการวิคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีไบยูเรต

การเลือกค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่เหมาะสมได้พิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีแดง เขียว และน้ำเงิน กับค่าความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน ในช่วงร้อยละ 0.0 ถึง 0.12 โดยมวลต่อปริมาตร โดยในการทดลองได้ใช้สมาร์ทโฟนทั้งระบบแอนดรอยด์และไอโอเอส และทำการเลือกเครื่องที่ไม่แสดงภาพถ่ายลักษณะโทนสีฟ้า ผลจากการทดลองสร้างกราฟโดยใช้อุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายร่วมกับสมาร์ทโฟน พบว่า ค่าความเข้มสีเขียวให้ช่วงความเป็นเส้นตรงมากที่สุด แสดงดังภาพที่ 4.8 ดังนั้น จึงทำการเลือกค่าความเข้มสีเขียวในการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานในขั้นตอนต่อไป

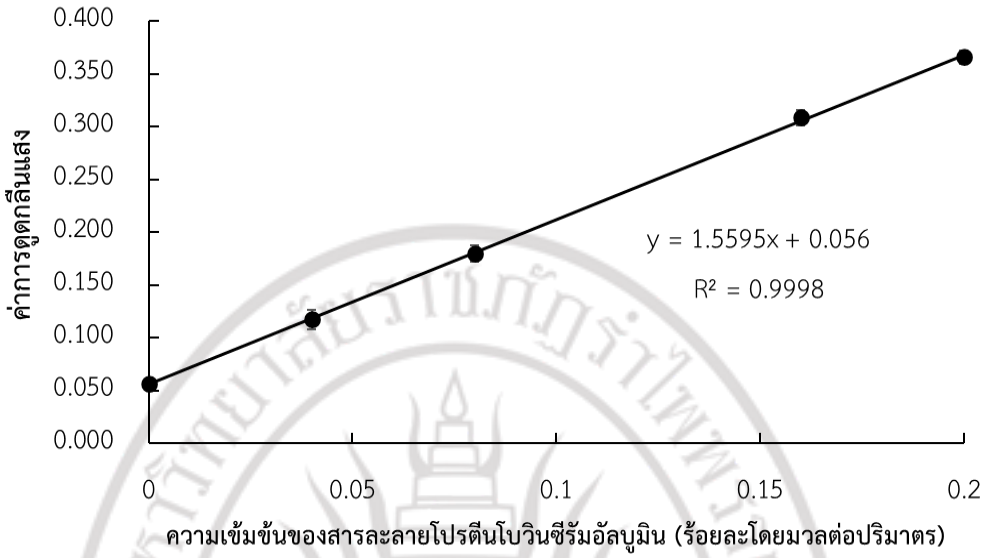



**ภาพที่ 4.8** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีและค่าความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน

2. ผลการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน

ในการสร้างกราฟมาตรฐานได้ทำการเปลี่ยนค่าความเข้มสีเขียวเป็นค่าการดูดกลืนแสงโดยอาศัยกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต แล้วนำไปสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.9 กราฟที่ได้ให้ช่วงความเป็นเส้นตรงที่ดีที่สุดคือ ช่วงร้อยละ 0.0-0.2 โดยมวลต่อปริมาตร สมการเส้นตรง คือ y=1.5595x+0.056 ค่า $R^2$ เท่ากับ 9998 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ เท่ากับ ร้อยละ 0.009 โดยมวลต่อปริมาตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในเชิงปริมาณ เท่ากับ ร้อยละ 0.018 โดยมวลต่อปริมาตร และด้วยวิธีการนี้จะสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้มากกว่า 30 ตัวอย่างต่อชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.9** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนโบวิน-ซีรัมอัลบูมิน

3. ผลการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำ

ในการทดสอบความถูกต้องของวิธี ทำโดยการทดสอบหาปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมินที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน (ร้อยละ 0.10 โดยมวลต่อปริมาตร) จำนวน 3 ซ้ำ (n=3) โดยใช้กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย แล้วนำผลที่ได้มาเทียบกับผลจากวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่า ค่าที่ได้จากการทำการวิเคราะห์ด้วยกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายมีค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน เท่ากับ ร้อยละ 0.107 $\pm$ 0.004 โดยมวลต่อปริมาตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวิธีสเปกโทรโฟ-โตเมตรี ที่มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.102 $\pm$ 0.001 โดยมวลต่อปริมาตร โดยคิดเป็นร้อยละความแตกต่างเท่ากับ 4.8 แสดงถึงวิธีที่พัฒนาขึ้นมาให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้อง

ในการทดสอบความแม่นยำ ได้ทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโปรตีนโบวินซีรัมอัล- บูมินที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.12 โดยมวลต่อปริมาตร จำนวน 5 คิวเวทท์ (n=5) และรายงานผลค่าความแม่นยำด้วยค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ พบว่า ให้ค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 7.0 ซึ่งแสดงถึงว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความแม่นยำดี

4. ผลการทดลองในตัวอย่างจริงด้วยกล่องวัดค่าสีอย่างง่ายร่วมกับสมาร์ทโฟนเทียบกับเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

จากผลการทดสอบหาปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมินเทียบเท่าในตัวอย่างไข่ขาว 1 ตัวอย่าง เครื่องดื่ม 3 ตัวอย่าง และน้ำเต้าหู้ 12 ตัวอย่าง พบว่า ผลจากตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายให้ผลใกล้เคียงกับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงผลดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลทดสอบตัวอย่างจริงด้วยกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายเทียบกับวิธียูวี-วิสิเบิล

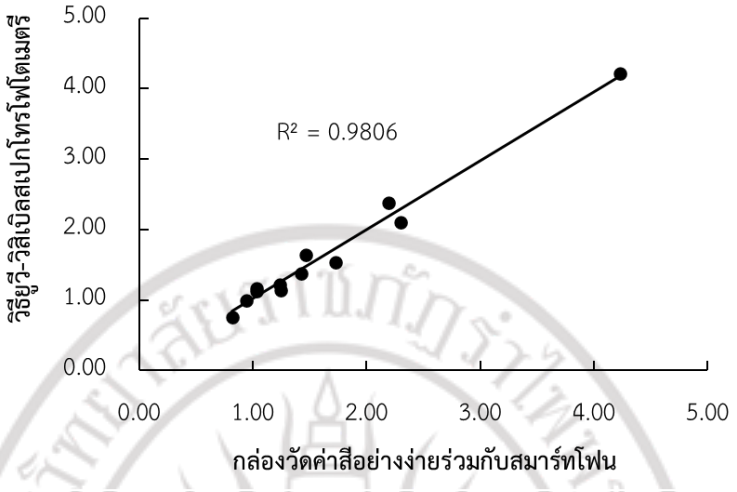
สเปกโทรโฟโตเมตรี

| ตัวอย่าง | ปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมินเทียบเท่า (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) | |
|---|---|---|
| | กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย | เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ |
| ไข่ขาว | 4.23 ± 0.09 | 4.22 ± 0.12 |
| เครื่องดื่ม 1 | 2.30 ± 0.06 | 2.11 ± 0.05 |
| เครื่องดื่ม 2 | 0.82 ± 0.05 | 0.75 ± 0.01 |
| เครื่องดื่ม 3 | 1.73 ± 0.09 | 1.53 ± 0.02 |
| น้ำเต้าหู้ 1 | 1.03 ± 0.06 | 1.17 ± 0.01 |
| น้ำเต้าหู้ 2 | 1.04 ± 0.02 | 1.13 ± 0.01 |
| น้ำเต้าหู้ 3 | 1.23 ± 0.03 | 1.22 ± 0.02 |
| น้ำเต้าหู้ 4 | 0.94 ± 0.04 | 1.00 ± 0.01 |
| น้ำเต้าหู้ 5 | 2.19 ± 0.04 | 2.38 ± 0.01 |
| น้ำเต้าหู้ 6 | 1.43 ± 0.03 | 1.38 ± 0.01 |

**ตารางที่ 4.3** (ต่อ)

| ตัวอย่าง | ปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมินเทียบเท่า (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) | |
|---|---|---|
| | กล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่าย | เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ |
| น้ำเต้าหู้ 7 | 1.46 ± 0.04 | 1.64 ± 0.03 |
| น้ำเต้าหู้ 8 | 1.24 ± 0.06 | 1.14 ± 0.01 |

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองในตัวอย่างจริง 12 ตัวอย่าง เมื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองวิธีได้กราฟที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันดี ($R^2$=0.9806) ดังภาพที่ 4.10 และส่วนใหญ่ให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าร้อยละ 10 ดังนั้น วิธีการที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบู-มินเทียบเท่าในตัวอย่างจริงได้




**ภาพที่ 4.10** กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมินเทียบเท่าในตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยสองวิธี

จากผลการทดสอบกล่องอุปกรณ์วัดค่าสีอย่างง่ายที่สร้างขึ้นมาด้วยการนำไปศึกษา เรื่อง สารกำหนดปริมาณ การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี และการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนนั้น พบว่าให้ผลการวิเคราะห์ที่ดี ไม่แตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานหรือเครื่องมือขั้นสูง แสดงถึงความสำเร็จของการพัฒนาอุปกรณ์อย่างง่ายให้มีความสามารถใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องมือขั้นสูง เพิ่มความสะดวกในการพกพา สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่ต้องการผลในพื้นที่อย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี