

# การสร้างชุดตรวจสอบปริมาณฟอร์มาลินผ่านโทรศัพท์มือถือในตัวอย่างอาหาร

Invention of Formalin Test Kit via Smart Phone in Food Sample

นรินทร์ นามเมือง<sup>1</sup> อัมภา แก้วปิ่นตา<sup>1</sup> พูนฉวี สมบัติศิริ<sup>2</sup> ณรงค์ คชภักดี<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

อีเมล: punchavee\_s@hotmail.com, kotchabhak\_n@hotmail.com

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารฟอร์มาลิน ในตัวอย่างอาหารที่ปนเปื้อนอย่างง่าย โดยการใช้สารละลายผสมระหว่าง 4-amino-3-hydrazine-5-mercapto-1,2,4-triazole; AHMT และโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นรีเอเจนต์ แล้วเกิดเป็นสารประกอบสีม่วงของสารละลาย AHMT และโซเดียมไฮดรอกไซด์ และวัดค่าสีของสารละลายผ่านโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือ เพื่อการประมวลผลเชิงสัญญาณ งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างกล่องวัดสัญญาณสีแบบทึบแสงสีขาว เพื่อควบคุมแสงรบกวน สำหรับวัดค่าการสะท้อนสัญญาณสีแดง เขียว และน้ำเงิน บนโทรศัพท์มือถือ ในการทดลองได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ต่างๆ รวมทั้งการหาสัญญาณสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่เด่นชัดพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย AHMT และโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ 0.005 : 0.02 น้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐาน ฟอร์มาลินกับรีเอเจนต์ คือ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนระยะทางแสงผ่านสารสำหรับการวัดค่าสี 0.75 เซนติเมตร (ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร) ภายใต้สภาวะนี้สามารถวิเคราะห์ได้ในช่วง ความเข้มข้น 0.5-3.0 ppm ซึ่งค่าสัญญาณสีที่เหมาะสมคือ ค่าสัญญาณ สีเขียว ซึ่งมีช่วงความเป็นเส้นตรง  $R^2=0.9967$  สมการเส้นตรง  $y=0.0637X + 1.7818$  ขีดจำกัดการตรวจวัด คือร้อยละ 0.4535 น้ำหนักต่อปริมาตร และขีดจำกัดเชิงปริมาณ คือร้อยละ 0.0460 น้ำหนักต่อปริมาตร การทดสอบความใช้ได้ของวิธี (ความถูกต้องแม่นยำช่วงการวิเคราะห์) พบว่าค่า %Recovery อยู่ในช่วง 80-120% และค่าความแม่นยำที่  $\leq 10\%RSD$  และจากการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีกับตัวอย่างจริง โดยเปรียบเทียบกับเครื่อง ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่าให้ค่า %Recovery อยู่ในช่วง 80-120% ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

**คำสำคัญ:** ชุดตรวจสอบ ฟอร์มาลิน โทรศัพท์มือถือ การประมวลผลเชิงรูปภาพ

## ABSTRACT

The research had developed the method for quantitative analysis of formalin contaminated in food by using 4-amino-3-hydrazine-5-mercapto-1,2,4-triazole; AHMT and sodium hydroxide as a reagent. The changing of colour was measured *via* cell phones for signal processing. The light effect was controlled by a white protective light box for a measurement only reflectance of Red Green Blue (RGB). The experiments have optimized some conditions such as a dominant (RGB) signal which were found that optimum conditions of reagent were 0.005 AHMT : 0.02 sodium hydroxide and reaction time with formalin standard was 30 minutes at 25 °C. The light path of colour measurement was 0.75 cm (1.5 ml of volume). Under the studies, optimum condition can be detect at a concentration range of 0.5-3.0 ppm and a dominant RGB signal was green channel which showed  $R^2 = 0.9967$ ,  $y = 0.0637X + 1.7818$ . A limit of detection (LOD) was 0.4535% (w/v) and a limit of quantification (LOQ) was 0.0460% (w/v). The validation of analytical linear range (accuracy and precision evaluated) showed a % recovery at 80-120% and a precision value less than 10% RSD. The performance test of the method by comparing to standard method (UV-Visible spectrophotometer) showed a %recovery in range of 80-120%, which was in acceptable range.

**Keyword:** Test Kit, Formalin, Smart Phone, Image processing

### 1. บทนำ

ฟอร์มาลิน เป็นชื่อที่รู้จักดีในทางการค้าของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ หรือที่วงการแพทย์เรียกว่า "น้ำยาตองศพ" มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์พลาสติก สิ่งทอ ใช้ในการรักษาผ้าไหมให้ ย่นยับ เป็นต้น หรือใช้ในทางการแพทย์เป็นยาฆ่าเชื้อโรค ฆ่าเชื้อรา และเป็นน้ำยาตองศพ ปัจจุบันพบว่ามีการนำสารฟอร์มาลินมาผสมในอาหาร เพื่อให้อาหารคงความสด ไม่เน่าเสียง่าย และเก็บรักษาได้นาน จากอันตรายของสารตกค้างในอาหารล้วนแล้วแต่เป็นอาหารที่เราบริโภคอยู่เป็นประจำทุกวัน

การตรวจวัดฟอร์มาลินในตัวอย่างมีหลายวิธี แต่จะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ในสารตัวอย่างชนิดต่างๆซึ่งต้องเตรียมให้เหมาะสมกับเทคนิควิธีเพื่อจะทำการวัด เช่น เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ต้องอยู่ในรูปอนุพันธ์ของ 2-(ไฮดรอกซีเมทิล)ไพเพอริดีน (2-(Hydroxymethyl) piperidine; 2-HMP), เทคนิคโพเทนทิโอเมทรี (Potentionmetry) โดยใช้ไบโอ-แรคคอกนิจันเมมเบรน (Bio-recognition membrane) ซึ่งประกอบด้วยแบกทีเรียฟอร์มาลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนส (Bacterial formaldehyde dehydrogenase) และอลูมิเนียมแล้ววัดศักย์ไฟฟ้า (Korpan *et al*, 2000) เทคนิคเคมีคอล (Chemical)

และไบโอเซนเซอร์ (Biosensors) (Kataky *et al*, 2002), เทคนิคโวลแทมเมตรี (Voltammetry) (Chan, 1997; Yang, 2001) เทคนิคพีโซอิเล็กทริกเมทอด (Piezoelectric methods) คือการใช้สนามไฟฟ้าสั่น ฟอर्मัลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนส (Formaldehyde dehydrogenase) ที่ถูกเคลือบ (Coated) บนผลึกควอทซ์ ซึ่งจะไวต่อฟอर्मัลดีไฮด์ในอากาศ (Fatibello-Filho, 1991; Bunde, 2000) เทคนิคซอลิดเฟสไมโครเอ็กซ์แทรกชัน (Solid Phase Microextraction; SPME) เทคนิคไอโซโทปดิลูชันแมสสเปกโตรเมตรี (Isotope dilution mass spectrometry; ID-MS) ซึ่งจะถูกทำให้เป็นอนุพันธ์ของเพนทาฟลูออโรฟีนิลไฮไดรราซีน (Pentafluorophenyl hydrazine) แล้ว ไฮไดรราซีน (Hydrazine) จะถูกดูดซับไว้บนโพลี (ไดเมทิลไซลอกเซน)-ไดไวนิลเบนซีน (Poly(dimethylsiloxane)-divinylbenzene) ที่เคลือบไว้บนกระดาษกรองจากนั้นวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) (Rivero and Topiwala, 2004) เทคนิคฟลูออโรเมตรี (Fluorometry) กับ 3,4-ไดอะมิโนแอนนิโซล (3,4-diaminoanisole) ในสารละลายต่างเอทานอลแล้วจะทำให้ความเข้มของฟลูออเรสเซน (Fluorescence) (Zhan *et al*, 2000) และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (Spectrophotometry) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก เช่น ฟอर्मัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับโครโมโทรปิกแอซิดไดโซเดียมซอลต์ (Chromotropic acid disodium salt; CTA) ในสารละลายกรดเข้มข้น (Geisting & Rappaport, 1982) เฮทซ์รีเอคชัน (Hantzsch reaction) คือการทำปฏิกิริยากันของฟอर्मัลดีไฮด์กับอะซิโตน (Acetylacetone) ในสารละลายแอมโมเนีย (Ammonia) (Nash, 1953) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ยุ่ยยากและซับซ้อน รวมทั้งผู้ปฏิบัติต้องมีความรู้ความชำนาญในเทคนิคนั้นๆแล้วยังมีราคาแพงอีกด้วย สำหรับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าสี แดง เขียว น้ำเงิน ในการประมวลผลเชิงสัญญาณได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี เช่น กล้องเวปแคม (Wongwilai *et al*, 2010) กล้องดิจิทัล (Yamamoto *et al*, 2008) เครื่องสแกนเนอร์ (Morais and Lima, 2014) สมาร์ทโฟน (Sumriddetchkajorna *et al*, 2013 ; Sumriddetchkajorna *et al*, 2014) ซึ่งการสร้างชุดตรวจวัดครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ปฏิกิริยาอย่างง่าย โดยปฏิกิริยาดังกล่าวจะถูกประยุกต์ใช้อุปกรณ์ทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร แทนเครื่องวัดสีราคาแพง เพื่อให้ผลการวัดเป็นค่าทางปริมาณวิเคราะห์ และการใช้วิธีทางการประมวลผลเชิงรูปภาพในการทำแถบเทียบสี (Color Chart) โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือถูกพัฒนาให้มีความสามารถหลายด้าน ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จนตามไม่ทันสิ่งที่น่าสนใจสำหรับโทรศัพท์มือถือคือสมาร์ตโฟน คือมีศักยภาพเหมือนคอมพิวเตอร์ แต่ต่างตรงที่จะพกพาไปที่ไหนก็สะดวกสบายเพราะขนาดเล็กกระทัดรัด เราสามารถพัฒนาโปรแกรม ที่เรียกว่า แอปพลิเคชันได้ด้วยตัวเอง ซึ่ง ดังนั้นเพื่อให้ผู้บริโภคได้มีโอกาสในการตรวจสอบคุณภาพ อาหารก่อนบริโภค ผู้วิจัยจึงได้คิดสร้างชุดตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในอาหารฟอรัมาลินกับสาร 4-อะมิโน ไฮไดรราซีน-5-เมอร์แคปโต-1,2,4-ไตรอาโซล (4-amino hydrazine-5-mercapto-1,2,4-triazole; AHMT) ในสารละลายต่าง เชน ปริมาณทั้งแบบสารละลาย เพื่อความสะดวกต่อการพกพา รวดเร็ว ราคาถูก และให้ค่าที่แม่นยำในการตรวจวัด

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

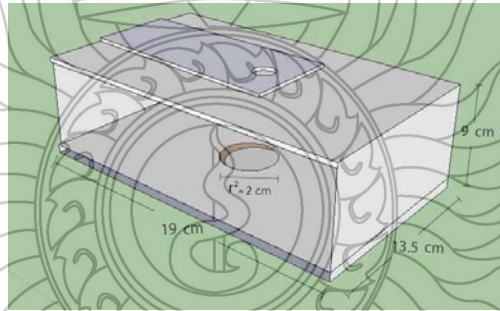
2.1 เพื่อสร้างชุดตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณสารฟอร์มาลินที่ตกค้างในอาหารผ่านอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์มือถือ

2.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มาลิน โดยใช้สารละลายผสมระหว่าง 4-Amino-3-hydrazino-5-mercapto-1,2,4-triazole และโซเดียมไฮดรอกไซด์ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สร้างกล่องอะคริลิก เพื่อวัดค่าสัญญาณสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB) กล้องตั้งรูปที่ 1

3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลินเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 ppm ตามลำดับ และเตรียมสารละลายรีเอเจนต์ที่ใช้ในการทดสอบฟอร์มาลิน ได้แก่สารละลาย 4-amino-3-hydrazino-5-mercapto-1,2,4-triazole; AHMTเข้มข้น 0.025, 0.050 และ 0.075% (w/v)



รูปที่ 1 ภาพจำลอง 3 มิติของกล่องอะคริลิก

3.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายฟอร์มาลินมาผสมกับสารละลาย AHMTเข้มข้น 0.050 % (w/v) ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร

3.4 หาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของความเข้มข้น AHMT ที่เหมาะสม และช่วงเวลาที่เหมาะสม

3.5 หาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของสารละลายฟอร์มาลิน

3.6 วิเคราะห์หากราฟมาตรฐานของสารละลายฟอร์มาลิน

3.7 หาสัญญาณสีที่ดูดกลืนแสง สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน โดยใช้ระบบปฏิบัติการ iOS ในมือถือยี่ห้อ iPhone

3.8 หาระยะทางที่แสงผ่านสาร (Light path) ที่เหมาะสม

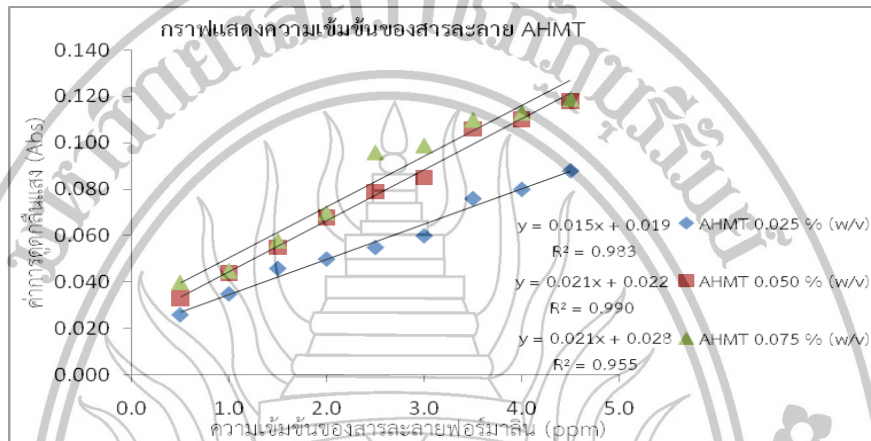
3.9 หาขีดจำกัดของการตรวจวัด

3.10 หาค่าความแม่นยำและความเที่ยง (Accuracy and Precision)

3.11 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Validation of method)

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 การหาความเข้มข้นของสารละลาย 4-Amino-3-hydrazine-5-mercapto-1,2,4-triazole (AHMT) แสดงผลดังรูปที่ 2 จากรูปพบว่าความเข้มข้นของสารละลาย AHMT ที่เหมาะสมที่สุดคือ ความเข้มข้น 0.005 โมลาร์ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 โมลาร์

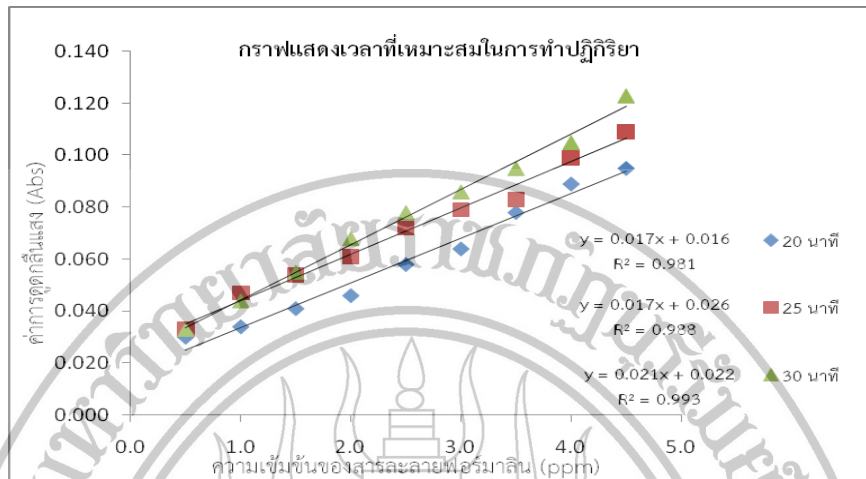


รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารละลาย AHMT ที่เหมาะสม

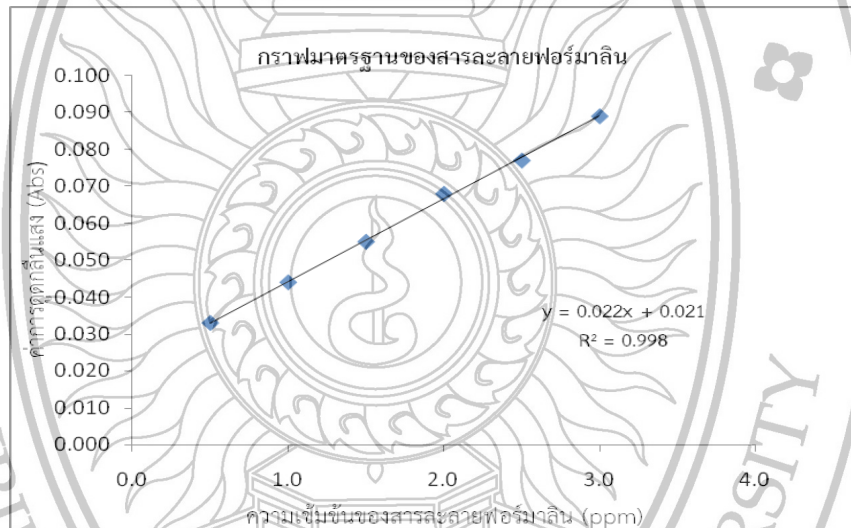
4.2 การหาช่วงเวลาที่เหมาะสม แสดงผลดังรูปที่ 3 จากรูปเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ ที่เวลา 30 นาที ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาคือ การตั้งสารละลายฟอร์มาลินไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง

4.3 การหาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของสารละลายฟอร์มาลิน แสดงผลดังรูปที่ 4 จากรูปกราฟมาตรฐานช่วงความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินที่เหมาะสมคือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ppm

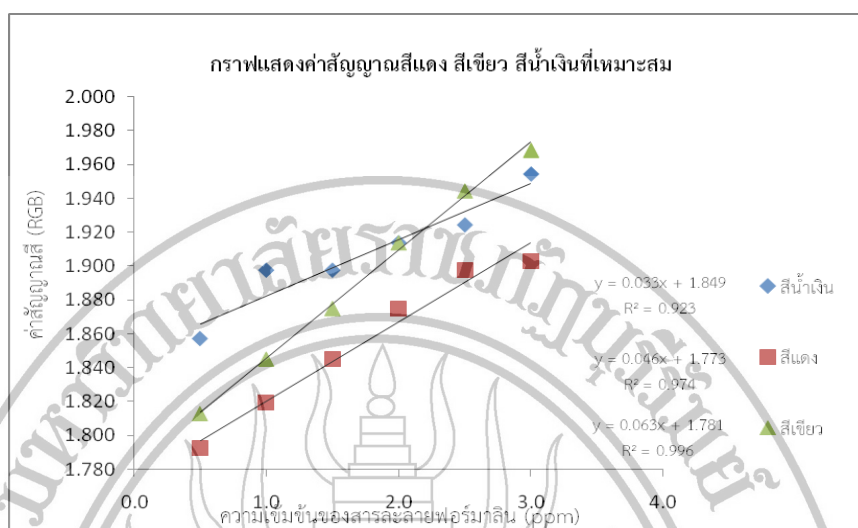
4.4 การหาสัญญาณสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่เหมาะสม แสดงผลดังรูปที่ 5 จากรูปค่าสัญญาณสีที่ดีที่สุดคือ ค่าสีเขียว



รูปที่ 3 กราฟความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินและค่าการดูดกลืนแสงในช่วงเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 4 กราฟมาตรฐานของสารละลายฟอร์มาลินและค่าการดูดกลืนแสง



รูปที่ 5 การหาค่าสัญญาณที่เหมาะสมด้วยโปรแกรมประยุกต์ Color grab

4.5 การหาระยะทางที่แสงผ่านสาร (Light path) ที่เหมาะสม พบว่าที่ปริมาตร 0.75 เซนติเมตร (1.5 มิลลิลิตร) ให้ค่าที่ดีที่สุด

4.6 การหาขีดจำกัดการตรวจวัด วิธีที่ใช้ค่าสัญญาณสีเขียว (G) ด้วยโปรแกรมประยุกต์ Color grab ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวิธีที่ใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ คือ 0.4060 และ 0.7184 ตามลำดับ

4.7 การหาค่าความแม่นยำและความเที่ยง (Accuracy and Precision) จากการหาค่าความถูกต้องแม่นยำทั้ง 3 จุดคือที่ช่วงความเข้มข้น 0.5, 1.5 และ 3.0 ppm พบว่าให้ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) เท่ากับ 8.0, 2.2 และ 1.5 ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการกลับคืน (%Recovery) ให้ค่า 103.6, 103.8 และ 102.6 ตามลำดับ

4.8 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Validation of method) จากการสร้างสภาวะในตัวอย่างอาหารและนำมาตรวจวัดหาความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลีนให้ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากค่าสัญญาณสีเขียวเท่ากับ 3.9 และเมื่อนำค่ามาเทียบกับวิธีมาตรฐานจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกัน และให้ค่าเฉลี่ยการกลับคืนเท่ากับ 97.4

## 5. อภิปรายผล

หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว สามารถนำผลนั้นมาอภิปรายตามผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 ความเข้มข้นของสารละลาย AHMT ที่เหมาะสมที่สุดคือ ความเข้มข้น 0.005 โมลาร์ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 โมลาร์ เนื่องจากให้สมการเส้นตรงที่ดีมีค่าสัมประสิทธิ์การตรวจหา ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.9901 และที่สำคัญให้ค่าความว่องไวในการวัดสูงคือ ให้ค่าความชันเท่ากับ 0.0219 และให้สัญญาณรบกวนของการวิเคราะห์ที่ต่ำ

5.2 เวลาที่เหมาะสมที่สุดคือที่เวลา 30 นาที เนื่องจากให้สมการเส้นตรงที่ดีมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9936 และที่สำคัญให้ค่าความว่องไวในการวัดสูง คือให้ค่าความชันเท่ากับ 0.0214 และให้สัญญาณรบกวนของการวิเคราะห์ที่ต่ำ คือมีจุดตัดที่ต่ำเท่ากับ 0.0229 ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาคือการตั้งสารละลายฟอร์มาลินไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง

5.3 กราฟมาตรฐานจากการตรวจหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 และ 4.5 ppm ให้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9934 และเมื่อเราจำกัดช่วงความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินลงเหลือ 6 ความเข้มข้น ทำให้ได้ผลของการวิเคราะห์ที่เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ตั้งแต่ความเข้มข้นต่ำสุดถึงความเข้มข้นสูงสุด ซึ่งให้สมการเส้นตรงที่ดี  $R^2$  เท่ากับ 0.9987 และที่สำคัญให้ค่าความว่องไวในการวัดสูง คือให้ค่าความชันเท่ากับ 0.0224 และให้สัญญาณรบกวนของการวิเคราะห์ที่ต่ำ และมีจุดตัดที่ต่ำคือ 0.0218 ดังนั้นกราฟมาตรฐานช่วงความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ppm

5.4 ค่าสัญญาณสีที่ดีที่สุดคือ ค่าสีเขียว เนื่องจากให้สมการเส้นตรงที่ดีที่สุดคือให้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9967 และให้ค่าความว่องไวในการวัดสูง ให้ค่าความชันเท่ากับ 0.0637 และให้สัญญาณรบกวนของการวิเคราะห์ที่ต่ำ คือ 1.7818

5.5 เมื่อทำการหาค่าระยะแสงผ่านสารที่ปริมาตร 0.75 เซนติเมตร (1.5 มิลลิลิตร) ให้ค่าที่ดีที่สุดเนื่องจากให้สมการเส้นตรงที่ดีมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9978 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 1 แสดงว่าผลการทดลองมีความถูกต้องสูง นอกจากนี้ค่า  $R^2$  ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้คือ  $R^2$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.995

5.6 วิธีที่ใช้ค่าสัญญาณสีเขียว (G) ด้วยโปรแกรมประยุกต์ Color grab ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวิธีที่ใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งแสดงว่าวิธีการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีสามารถตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลินต่ำสุดที่ 0.4 ppm

5.7 จากการหาค่าความถูกต้องแม่นยำทั้ง 3 จุดคือที่ช่วงความเข้มข้น 0.5, 1.5 และ 3.0 ppm พบว่าให้ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) เท่ากับ 8.0, 2.2 และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีระดับความเข้มข้นมีหน่วยเป็น ppm จะให้ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบน



มาตรฐานสัมพัทธ์ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 (นันทนา กัญยานุวัฒน์, 2555) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการกลับคืน (%Recovery) ซึ่งอยู่ในช่วง 80 -120 % ของเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

5.8 การตรวจสอบความใช้ได้ (Validation) โดยใช้ตัวอย่างจริงคือ ปลาหมึก กุ้ง และสับปะรด เพื่อยืนยันความถูกต้อง และความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Color grab ให้ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากค่าสัญญาณสีเขียวเท่ากับ 3.9 ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีระดับความเข้มข้นมีหน่วยเป็น ppm จะมีค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 (นันทนา กัญยานุวัฒน์, 2555)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของชุดตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณสารฟอร์มาลินที่ตกค้างในอาหารผ่านอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์มือถือ และประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มาลินกับตัวอย่างจริง โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่าให้ค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ %Recovery อยู่ในช่วง 80-120% และค่าความแม่นยำ %RSD ที่น้อยกว่า 10

## 6. สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างชุดตรวจสอบปริมาณสารฟอร์มาลินในตัวอย่างอาหารผ่านอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์มือถือยี่ห้อไอโฟน ในการวิจัยได้ทำการสร้างกล่องวัดสีจากกล่องอะคริลิกสีขาวที่บขนาด กxยxส เท่ากับ 13.5 x 19 x 9 เซนติเมตร ตามลำดับ ด้านบนของกล่องเจาะรูตรงกลาง ด้านล่างเจาะรูให้ตรงกับรูด้านบน เพื่อให้หลอดบรรจุสารตัวอย่าง หลอดบรรจุสารตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ความจุ 3 มิลลิลิตร เพื่อใช้วัดสัญญาณด้วยโทรศัพท์มือถือ และการหาสถานะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ต่างๆ รวมทั้งการหาค่าสัญญาณสีที่เหมาะสม พบว่าค่าสัญญาณสีที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสีเขียว (Green) มีผลวิเคราะห์ที่ดีที่สุด และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบให้ค่า % Recovery อยู่ในช่วง 80-120 % และค่าความแม่นยำ %RSD ที่น้อยกว่า 10 ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ดังนั้นชุดตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณสารฟอร์มาลินที่ตกค้างในอาหารผ่านอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์มือถือ และวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มาลิน โดยใช้สารละลายผสมระหว่าง 4-Amino-3-hydrazino-5-mercapto-1,2,4-triazole และโซเดียมไฮดรอกไซด์ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณสารฟอร์มาลินผ่านโทรศัพท์มือถือในตัวอย่างอาหารได้จริงและมีประสิทธิภาพ

## เอกสารอ้างอิง

- นันทนา กัญยานุวัฒน์ และนุชนาท นาคำ. (2555). แนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.
- Bunde, R.L., Jarvi, E.J. & Rosentreter, J.J. (2000). Piezoelectric Method for Monitoring Formaldehyde induced crosslink formation between poly-lysine and polydeoxygaunosine. *Talanta*, 51(1), 159-171.
- Chan W.H. & Xie Ty. (1997). Determination of sub-ppbv levels of formaldehyde in ambient air using Girard's reagent T-coated glass fiber filters and adsorption voltammetry. *Analytical Chimica Acta*, 349, 349-357.
- Ensafi A.A., Abassi, S. & Fresenius, J. (1999). Sensitive reaction rate method for the determination of low levels of formaldehyde with photometric detection. *Analytical Chemistry*, 363, 376-379.
- Fatibello-Filho, O., Suleiman, A.A. & Guibault, G.G. (1991). Piezoelectric crystal sensor for the determination of formaldehyde in air. *Talanta*, 38, 541-545.
- Geisling, K.L. & Rappaport, S.M., (1982). A passive sampling device for determining formaldehyde in indoor air. *Environment International*, 8, 153-158.
- Kataky R1, Bryce M.R., Goldenberg L., Hayes S. & Nowak A. (2002). A biosensor for monitoring formaldehyde using a new lipophilic tetrathiafulvalene tetracyano quino- dimethane salt and a polyurethane membrane. *Talanta*, 56, 451-458.
- Korpan, Y.I., Gonchar, M.V., Sibirny, A.A., Martelet, C., Elskaya, A.V., Gibson, T.D., et al. (2000). Development of highly selective and stable potentiometric sensors for formaldehyde determination Biosens. *Bioelectron*, 15, 77-83.
- Medeiros de Morais C.d.L. & de Lima K.M.G. (2014). Determination and analytical validation of creatinine content in serum using image analysis by multivariate transfer calibration procedures. *Talanta*, 126, 145-150.
- Nash T. (1953). The colorimetric estimation of formaldehyde by means of the Hantzsch reaction. *Biochemical Journal*, 55, 416-21.

- Rivero, R.T. & Topiwala, V. (2004). Quantitative determination of formaldehyde in cosmetics using combined headspace-solid-phase microextraction gas chromatography. *Journal Chromatography A*, 1029, 217-222.
- Sawicki, E., Hauser, T.R. & McPherson, S. (1962). A green spectrophotometric analytical method for determination of formaldehyde. *Analytical Chemistry*, 34, 1460-1464.
- Shiraishi, T., Soma, Y., Ishitani, O. & Sakamoto, K. (2001). Application of an integrated prestation-GC-NPD system to automated continuous measurement of formaldehyde and acetaldehyde in the atmosphere. *Journal of environmental monitoring*, 3, 654-660.
- Sumriddetchkajorna, S., Chaitavonb,K. & Intaravanne, Y. (2013). Mobile device-based self-referencing colorimeter for monitoring chlorine concentration in water. *Sensors and Actuators B*. 182, 592-597.
- Sumriddetchkajorna, S., Chaitavonb,K. & Intaravanne, Y. (2014). Mobile platform-based colorimeter for monitoring chlorine concentration in water, *Sensors and Actuators B*, 191, 561- 566.
- Wongwilai , W., Lapanantnoppakhun, S., Grudpan, S. & Grudpan, K. (2010). Webcam camera as a detector for a simple lab-on-chip time based approach. *Talanta*,81,1137-1141.
- Yamamoto, T., Takiwaki, H., Arase ,S. & Ohshima, H. (2008). Quantitative evaluation of patch test reactions: a comparison between visual grading and erythema index image analysis. *Skin Research and Technology*, 1426-34.
- Yang, M., Zhang, X.G. & Li, H.L. (2001). Determination of Formaldehyde Based on the Fading Reaction of Methyl Orange by Reversed Flow Injection Spectrophotometry. *Analyst*, 126, 676.
- Zhan, X.-Q., Li, D.-H., Zhu, Q.-Z., Zheng, H. & Xu, J.-G. (2000). Sensitive fluorimetric determination of formaldehyde by the co-quenching effect of formaldehyde and sulfite on the fluorescence of tetra-substituted amino aluminium phthalocyanine. *Analyst*, 125, 2330-2334.