รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

วิธีอย่างง่ายและรู้ผลเร็วสำหรับหาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทยโดยใช้ไมโครเพลทร่วมกับโทรศัพท์มือถือสำหรับการประมวลผลจากภาพถ่าย

Simple and Rapid Method for Determination of Ethanol in Thai Alcoholic Beverages Using Microplate with Mobile Phone for Image Processing

นายณัฐวุฒิ เชิงชั้น

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

วิธีอย่างง่ายและรู้ผลเร็วสำหรับหาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทยโดยใช้ไมโครเพลทร่วมกับโทรศัพท์มือถือสำหรับการประมวลผลจากภาพถ่าย

Simple and Rapid Method for Determination of Ethanol in Thai Alcoholic Beverages Using Microplate with Mobile Phone for Image Processing

นายณัฐวุฒิ เชิงชั้น

b 00266589
i
หมู่
เลขทะเบียน 149115
วัน เดือน ปี 4 ธ.ค. 2561

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) วิธีอย่างง่ายและรู้ผลเร็วสำหรับหาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย โดยใช้ไมโครเพลทร่วมกับโทรศัพท์มือถือสำหรับการประมวลผลจากภาพถ่าย

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2560 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 270,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 30 กันยายน 2560

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. นายณัฐวุฒิ เชิงชั้น (หัวหน้าโครงการ)
   ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายนภดล มณีรัตน์ (ผู้ร่วมโครงการ)
   ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. นางสาวนวลละออ รัตนวิมานวงศ์ (ผู้ร่วมโครงการ)
   ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีอย่างง่ายสำหรับตรวจวัดปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย โดยใช้ไมโครเพลทร่วมกับโทรศัพท์มือถือสำหรับการประมวลผลจากภาพถ่าย ซึ่งจะตรวจวัดสีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลและสารละลายเมทิลออเรนจ์ ในขั้นตอนการทดลองจะใช้ไมโครเพลทที่ดัดแปลงขึ้น โดยจะติดแผ่นซิลิโคนบาง (หนา 1 มม.) ไว้บนตัวไมโครเพลท ในการตรวจวัดจะปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และสารละลายเมทิลออเรนจ์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.004 โดยปริมาตร ลงในที่หลุมใกล้กัน เมื่อปิดฝาจะทำให้เกิดช่องว่างเหนือหลุมทั้งสองขึ้น เอทานอลจะระเหยและถูกดูดซับลงในหลุมสารละลายเมทิลออเรนจ์ จากนั้นจะตรวจวัดสีที่เกิดขึ้น โดยนำไปไว้ในกล่องควบคุมแสงและถ่ายรูปโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งพารามิเตอร์ของกล้องที่เหมาะสมที่สุดในการถ่ายรูปคือ ค่า F เท่ากับ 29 และ ISO เท่ากับ 800 จากนั้นใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการประมวลผล และสร้างกราฟมาตรฐานโดยพลอตระหว่างค่าการสะท้อนแสงกับความเข้มข้นของเอทานอล ซึ่งให้ความเป็นเส้นตรงที่ดีในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 10 – 70 โดยปริมาตร (การสะท้อนแสง = -0.004[Ethanol] + 0.252, r^2 = 0.991) จากนั้นนำวิธีที่พัฒนาขึ้นไปตรวจวัดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พบว่าความเข้มข้นของเอทานอลที่วิเคราะห์ได้มีค่าไม่ต่างจากค่าที่ระบุไว้บนฉลาก ดังนั้นจึงถือได้ว่าวิธีนี้มีค่าความแม่นที่สูง

คำสำคัญ : เอทานอล, เครื่องดื่มแอลกอฮอล์, ไมโครเพลท, การประมวลผลจากภาพถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Simple and Rapid Method for Determination of Ethanol in Thai Alcoholic Beverages using Microplate Plate with Mobile Phone for Image Processing

Fiscal year: 2560 B.E. **Budget:** 270,000 THB

From: 1 October 2559 B.E. to 30 September 2560 B.E.

Researcher: Nathawut Coengchan

Department of chemistry, Faculty of science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Co-researcher: Noppadol Maneerat

Department of instrumentation and control engineering, Faculty of Engineer,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Co-researcher: Nuanlaor Ratanawimarnwong

Department of chemistry, Faculty of science, Srinakharinwirot University

ABSTRACT

This work presents development of a simple method for determination of ethanol in Thai alcoholic beverages using microplate plate with mobile phone for image processing. Reaction between ethanol and methyl orange was used for colorimetric detection. In experiment, a modified microplate plate was used. The plate was attached with a thin silicone sheet (1 mm thickness). Colored liquor sample and 0.004% v/v methyl orange were pipetted into two adjacent wells. After fitting with the plate's lid, head space above the well was obtained. Ethanol vapor in sample well was diffused into headspace and absorbed into reagent well. Color forming in reagent well was detected. The plate then was move inside the light control box and was taken a photo by a mobile phone camera. It was found that at F factor = 29 and ISO = 800 were the most appropriate conditions of the camera for taking a photo. Color of product was converted into reflectance by developed program. Calibration was plot of reflectance against the ethanol concentration. Good linearity from 10 to 70 % (v/v) was achieved (reflectance = -0.004[Ethanol] + 0.252, $r^2 = 0.991$). The developed method was applied to Thai alcoholic beverages samples. It was observed that the ethanol concentration, determined by the proposed methods were not different from the labeled concentration. This can imply that the methods provided high accuracy

Keywords: Ethanol, Alcoholic beverage, Microplate, image processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยตามโครงการนี้ สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี เนื่องด้วยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุนเงินงบประมาณแผ่นดิน สภาวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560 ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ นายคมสรรค์ โพธิ์เงิน สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ร่วมพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจวัดนี้

ขอขอบคุณ นายเกรียงไกร กรรณ์เกตุแก้ว และ นายดิศรณ์ โพธิ์วิเชียร นักศึกษาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และนายอาจณรงค์ เมธาวีสรรเสริญ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ โดยทุ่มเททำงานวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเคมีวิเคราะห์เชิงประยุกต์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานตลอดงานวิจัย

ณัฐวุฒิ เชิงชั้น
นภดล มณีรัตน์
นวลละออ รัตนวิมานวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและเหตุของโครงการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1.1 การควบคุมปริมาณของสารประกอบต่างๆในสุราและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 4

2.2 หลักการของ Image processing 5

2.3 อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี (CCD: Charge coupled device) 6

2.4 หลักการตรวจวัดเอทานอลโดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลและเมทิลออเรจน์ 8

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง 9

2.5.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 9

2.5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค Image processing 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ 11

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ 11

3.1.1 สารเคมี 11

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด 11

3.2 การเตรียมสารละลาย 11

3.2.1 สาระลายมาตรฐานเอทานอล 11

3.2.2 การเตรียมสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 3.4 12

3.2.3 สารละลายเมทิลออเรนจ์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 สารละลายเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้นร้อยละ 0.004 ปริมาตร 12
3.2.5 สารละลายตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย 12
3.3 การดำเนินงานวิจัย 12
3.3.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 12
3.3.2 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับกับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 13
3.3.3 การศึกษาตัวแปรของกล้องที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย สำหรับการนำไปประมวลผลหาค่าสีของสารละลายระหว่างสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 13
3.3.4การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลโดยการระเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์ 13
3.4 การออกแบบกล่องควบคุมแสง 14
3.5 การพัฒนาโปรแกรมตามหลักการ Image Processing สำหรับแปรผลเปลี่ยนความเข้มสีเป็นความเข้มข้นของเอทานอล 15
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 17
4.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 17
4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทดลอง 18
4.2.1 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 18
4.2.2 การศึกษาตัวแปรของกล้องที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย สำหรับการนำไปประมวลผลหาค่าสีของสารละลายระหว่างสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล 19
4.2.3การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลโดยการนะเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์ 21
4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านโดยการนะเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์ 23
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 25
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย 26
เอกสารอ้างอิง 27
ภาคผนวก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ความแรงของแอลกอฮอล์ หรือ ความเข้มข้นของเอทานอล 4
2.2 คุณลักษณะทางเคมี วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อนในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 5
2.3 ค่า pK_a ของเมทิลออร์เรนจ์ในสารละลายเอทานอลในน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ 9
4.1 แสดงผลความเข้มข้นของเอทานอลที่วิเคราะห์ได้เทียบกับความเข้มข้นที่ระบุบนฉลาก 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี 6

2.2 การทำงานของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี 7

2.3 ส่วนประกอบของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี 8

3.1 ไมโครเพลทที่ถูกดัดแปลงโดยนำแผ่นซิลิโคนมาติดบนตัวไมโครเพลทเพื่อกำหนดหลุมสำหรับใส่สารตัวอย่าง
และใส่สารละลายสำหรับใช้ทดสอบ 14

3.2 กล่องควบคุมแสงสำหรับถ่ายรูปที่ออกแบบขึ้น 14

3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทางานของโปรแกรมได้พัฒนาขึ้น 16

3.4 โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับอ่านค่าสีของสารละลายในไมโครเพลทและเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นของเอทานอล 16

4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ระหว่างสารละลายเมทิลออเรจน์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร
และสารละลายมาตรฐานเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยปริมาตร 17

4.2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20, 30, 40
และ 50 โดยปริมาตร 18

4.3 กราฟแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายสารละลายเมทิลออเรจน์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร
กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 20, 30 และ 50 โดยปริมาตร 19

4.4 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 8.0 และ ISO 400 20

4.5 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 36.0 และ ISO 400 20

4.6 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 29.0 และ ISO 800 20

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอล
และสารละลายเมทิลออเรนจ์ 21

4.8 ภาพถ่ายการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลแบบอาศัยการระเหย 22

4.9 กราฟมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ 22

4.10 ภาพถ่ายการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้าน 23

6.1 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวิเคราะห์เอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและเหตุของโครงการวิจัย

ภายหลังจากที่มีโครงการ 'หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP)' เกิดขึ้น แต่ละชุมชนได้ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ OTOP ที่มีคุณภาพประจำตำบล หนึ่งในผลิตภัณฑ์ OTOP ที่มีวางจำหน่ายเป็นจำนวนมาก คือ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย เช่น สาโท กรรมวิธีในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทำได้โดยนำวัตถุดิบจากธรรมชาติ ได้แก่ ข้าว ผักและผลไม้ มาหมักกับจุลินทรีย์จะได้ 'เอทานอล'หรือ 'เอทิลแอลกอฮอล์' ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ชนิดที่บริโภคได้ แต่ถ้าบริโภคในปริมาณมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ปริมาณเอทานอล ส่งผลโดยตรงต่อ กลิ่น รสชาติ และดีกรี จึงสามารถใช้ปริมาณเอทานอลในการจำแนกเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นข้อมูลในการคิดภาษีจากภาคอุตสาหกรรมผู้ประกอบการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อีกด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีกฎหมายเพื่อควบคุมปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย มีประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง 'กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์' ไว้ในราชกิจจานุเบกษา โดยระบุให้มีปริมาณเอทานอลอยู่ในช่วง 15 -40 ดีกรี (หรือ ร้อยละ 15-40 โดยปริมาตร) และปริมาณเอทานอลที่ตรวจวัดได้ ต้องมีค่าเบี่ยงเบนจากที่ระบุไว้ในฉลากไม่เกิน 1 % [1] หากกรมสรรพสามิต และกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ตรวจสอบและรับรองคุณภาพของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยตรง ตรวจพบว่า ระดับเอทานอลไม่เป็นไปตามที่ระบุจะมีความผิดตามกฎหมาย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพการผลิตและคุ้มครองผู้บริโภค

การตรวจวัดหาปริมาณเอทานอลโดยวิธีมาตรฐานจะใช้วิธี Gas Chromatography [2] และเป็นวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการของกรมสรรพสามิตและกระทรวงอุตสาหกรรม ในการตรวจวัดเอทานอลในเครื่องดื่มแอลฮอล์ ข้อดีของเทคนิคนี้คือ ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและมีความแม่นยำสูง แต่เนื่องด้วยเครื่อง Gas Chromatograph มีราคาแพงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ยังไม่มีเทคโนโลยีที่สามารถผลิตได้ในประเทศ และยังต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญในการใช้เครื่อง อีกทั้ง วิธีนี้ใช้เวลาในการวิเคราะห์นานกว่าจะรู้ผล (มากกว่า 20 นาที ต่อ ตัวอย่าง) จึงไม่เหมาะสม ในกรณีที่มีตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ต้องตรวจวัดเป็นจำนวนมาก

ในระยะหลังนี้ วิธีการวัดสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาเคมี (Colorimetric method) เริ่มได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นวิธีตรวจวัดเอทานอล หลักการของวิธีนี้คือ ใช้อุปกรณ์แยกแก๊ส หรือ Gas-diffusion unit [3-5] เพื่อแยกเอาไอระเหยของเอทานอล ออกมาจากตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกฮอล์ แล้วจึงให้ไอระเหยของเอทานอลดูดซับลงบนสารละลายเคมี เกิดการทำปฏิกิริยา แล้วตรวจวัดสีของสารละลายเคมีที่เปลี่ยนไปโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปคโทรมิเตอร์ ข้อดีของการใช้อุปกรณ์แยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊ส คือช่วยเพิ่มความจำเพาะเจาะจง เพราะตัวรบกวนซึ่งอาจพบในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จะถูกแยกออกเพราะไม่สามารถระเหยได้ และเนื่องจากนิยมใช้อุปกรณ์แยกแก๊สร่วมกับเทคนิควิเคราะห์ที่อาศัยการไหลอย่างต่อเนื่องของของเหลวในท่อขนาดเล็ก เช่น Flow injection analysis [6] จึงทำให้การวิเคราะห์ทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ดี สารละลายเคมีที่ใช้เป็นตัวดูดซับนิยมเตรียมจากไอออนของโลหะหนักซึ่งมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีใหม่สำหรับหาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยมุ่งหวังจะพัฒนาให้เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และใช้สารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยในการทำปฏิกิริยากับเอทานอล หลักการตรวจวัดจะทำโดยนำอุปกรณ์ไมโครเพลทชนิด 96 หลุม (96-well microplate) มาดัดแปลงเป็นภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่าง เครื่องดื่มแอลกอฮอล์และสารละลายเคมีที่ใช้ตรวจวัด ซึ่งในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้เมทิลออเรจน์แทนสารละลายที่เตรียมจากโลหะหนักจึงมีความเป็นพิษน้อยกว่า โดยจะบรรจุตัวอย่างและเมทิลออเรจน์ลงในหลุมของไมโครเพลทโดยบรรจุให้อยู่หลุมติดกัน แล้วปิดฝาไมโครเพลทเพื่อให้ไอของเอทานอลระเหยขึ้นมาจากหลุมตัวอย่าง แล้วถูกดูดซับลงในหลุมเมทิลออเรจน์ เกิดการทำปฏิกิริยา ทำให้สีของเมทิลออเรจน์เปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเหลือง ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลยิ่งสูง ยิ่งจะเกิดสีเหลืองชัดขึ้น จากนั้นจะนำไมโครเพลทเข้ากล่องอุปกรณ์สำหรับถ่ายรูป แล้วใช้กล้องของโทรศัพท์มือถือซึ่งออกแบบให้สามารถวางแนบอยู่กับตัวกล่อง ถ่ายภาพสีของสารละลายเมทิลออเรจน์ที่เปลี่ยนไป แล้วแปรผลเพื่อเปลี่ยนความเข้มสีเป็นความเข้มข้นของเอทานอลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามหลักการ Image Processing [7] จะเห็นได้ว่า ข้อดีของวิธีที่จะพัฒนาขึ้นนี้นอกจากทำการวิเคราะห์ได้สะดวกรวดเร็ว เพราะไมโครเพลท 1 ชุด สามารถวิเคราะห์ได้หลายตรวอย่างในเวลาเดียวกันแล้ว ยังมีข้อดีที่สำคัญคือ มีความจำเพาะเจาะสูง เนื่องจากทั้งตัวอย่างและเมทิลออเรจน์ไม่ได้ถูกบรรจุอยู่ในหลุมเดียวกัน ตัวรบกวนในตัวอย่างไม่สามารถระเหยขึ้นมาจากหลุมตัวอย่างได้ ตัวรบกวนจึงไม่สัมผัสและไม่ทำปฏิกิริยากับเมทิลออเรจน์ อีกทั้งอุปกรณ์ไมโครเพลทและโทรศัพท์มือถือ มีราคาถูกกว่าเครื่อง Gas chromatograph เป็นอย่างมาก จึงช่วยลดต้นทุนในการวิเคราะห์ได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีใหม่สำหรับตรวจวัดหาปริมาณเอทานอล โดยอาศัยการใช้ไมโครเพลทร่วมกับการประมวลผลจากภาพถ่ายโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรู้ผลเร็ว

2. เพื่อประยุกต์วิธีที่พัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย เช่น สาโท

3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและทดสอบความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เริ่มจากการสืบค้นและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในขั้นต่อไป ได้ศึกษาหลักการตรวจวัดซึ่งอาศัยปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลและเมทิลออเรจน์ด้วยเครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์เพื่อติดตามความเข้มสีของเมทิลออเรจน์ที่เปลี่ยนไปโดยพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสง เพื่อนำสภาวะการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นกับวิธีที่ใช้ไมโครเพลท ในระหว่างนี้ก็จะทำการประดิษฐ์ตัวกล่องซึ่งออกแบบให้สามารถวางโทรศัพท์มือถือให้ติดอยู่กับกล่องได้ สำหรับใช้ถ่ายรูปสีของเมทิลออเรจน์ในไมโครเพลทที่เปลี่ยนไปหลังจากทำปฏิกิริยากับไอระเหยของเอทานอลที่ถูกดูดซับลงมา และได้ทำการพัฒนาโปรแกรมตามหลักการ Image Processing เพื่อใช้แปรผลเปลี่ยนความเข้มสีเป็นความเข้มข้นของเอทานอล จากนั้นจึงทำการทดสอบการทำงานของตัวกล่องและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น แล้วจึงศึกษาหาสภาวะการทดลองที่เหมาะสม (Optimization) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความไวในการวิเคราะห์ (Sensitivity) และเวลาในการวิเคราะห์ (Analysis time) เช่น ความเข้มข้นของเมทิลออเรจน์ ปริมาตรของสารตัวอย่างและเมทิวลออเรจน์ อุณหภูมิ (สามารถช่วยเร่งการระเหยของเอทานอลในตัวอย่างได้ ทำให้ตรวจวัดเอทานอลได้มากขึ้น) ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย เช่น ขนาดของรูรับแสง (ค่า F stop number) ความไวแสง (ค่า ISO) และระยะห่างระหว่างตัวกล่องกับไมโครเพลท เป็นต้น ในขั้นต่อไปได้ทำการประเมินคุณลักษณะของวิธี (Analytical performances) เช่น ความเที่ยง ความแม่น ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และ ค่าร้อยละของการวิเคราะห์คืนกลับ จากนั้นได้นำวิธีที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทยที่เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP เช่น สาโท แล้วจึงทำการศึกษาความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธี Gas chromatography โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ Paired-t test [8] เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลวิเคราะห์ และในขั้นตอนสุดท้ายได้ทำการรวบรวมผลเพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการตรวจวัดเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว

2. ได้ผลงานตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการและวารสารวิชาการระดับนานาชาติซึ่งเป็นที่ยอมรับ

3. ได้อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวิเคราะห์เอทานอล และอาจประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ไอระเหยของสารอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การควบคุมปริมาณของสารประกอบต่างๆในสุราและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ [9]

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ (มอก.) ซึ่งประกาศโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์สุราและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (มาตรฐานเลขที่ 2088 – 2544) ได้ระบุรายละเอียดของสุราและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ โดยกำหนดของความแรงแอลกอฮอล์ คุณลักษณะทางเคมี วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อนต่างๆในสุราและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความแรงของแอลกอฮอล์ หรือ ความเข้มข้นของเอทานอล (ต่อการบรรจุภาชนะ 1 ขวด)

ชนิดของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต)	ปริมาณความเข้มข้นของเอทานอล (ร้อยละโดยปริมาตร)
เบียร์ (beer)	ไม่เกิน 8
สุราขาว	ไม่เกิน 40
ไลต์รัม (light rum)	ไม่เกิน 40
ยิน (gin)	ไม่เกิน 45
ไวน์	ไม่เกิน 50
เกาเหลียง	ไม่เกิน 60
วิสกี้ (whisky)	ไม่ต่ำกว่า 40
บรั่นดี (brandy)	ไม่ต่ำกว่า 38
วอดกา (vodka)	ไม่ต่ำกว่า 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะทางเคมี วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อนในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ต่อการบรรจุภาชนะ 1 ขวด)

คุณลักษณะและสารเจือปนในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์	เกณฑ์ที่กำหนด (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ฟูเซลล์ออยล์	ไม่เกิน 5500
เพอร์ฟิวรัล	ไม่เกิน 50
เอสเทอร์ (เอทิลแอลซิเทต)	ไม่เกิน 1200
แอลดีไฮด์ (แอซีทัลดีไฮด์)	ไม่เกิน 160
เมทิลแอลกอฮอล์	ไม่เกิน 420
ซัลเฟอร์ไดร์ออกไซด์	ไม่เกิน 350
สารหนู	ไม่เกิน 0.1
ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.2

2.2 หลักการของ Image processing [7]

Image processing คือ กระบวนการในการประมวลผลภาพ เช่น ภาพถ่ายหรือภาพวีดีโอ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณที่รบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่สนใจออกจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณต่อไป เช่น ขนาด รูปร่าง ความเข้มสี และทิศทางการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพ จากนั้นนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์และสร้างระบบ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด หรือระบบตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม หรือระบบคัดแยกเกรด คัดแยกคุณภาพพืชผลทางการเกษตร หรือระบบอ่านรหัสไปรษณีย์แบบ
อัตโนมัติ เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล จะมีความละเอียด ถูกต้องมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับภาพถ่ายที่นำไปประมวลผลซึ่งได้จากอุปกรณ์ถ่ายภาพ เช่น กล้องถ่ายรูปดิจิตอล กล้องในโทรศัพท์มือถือ โดยจะมีอุปกรณ์ในการรับภาพ หรืออิมเมจเซนเซอร์ ที่ทำหน้าที่รับแสงที่สะท้อนจากวัตถุ และให้สัญญาณภาพเป็นอะนาล็อกออกมา จากนั้นจะเปลี่ยนสัญญาณอะนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อบันทึกลงหน่วยความจำ อิมเมจเซนเซอร์ในปัจจุบันมี 3 ชนิด คือ

(1) อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีมอส (CMOS : Complementary metal oxide semiconductor) ในอดีตเซนเซอร์รับภาพชนิดนี้มีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนค่อนข้างมาก เนื่องจากมีความไวแสงที่ต่ำ แต่ปัจจุบันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการพัฒนาให้มีความสามารถที่ดีขึ้น และส่งผ่านข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น กล้องที่ใช้อิมเมจเซนเซอร์ชนิดนี้ จึงนิยมใช้ถ่ายภาพเพื่อใช้ส่งทางอินเตอร์เน็ตหรือทำเว็บไซต์

(2) อิมเมจเซนเซอร์ แบบมอส (MOS : Metal oxide semiconductor) อิมเมจเซนเซอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ แบบซีมอส แต่ไม่มีคุณสมบัติของการประหยัดงาน

(3) อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี (CCD : Charge coupled device) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.3 อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี (CCD: Charge coupled device) [10]

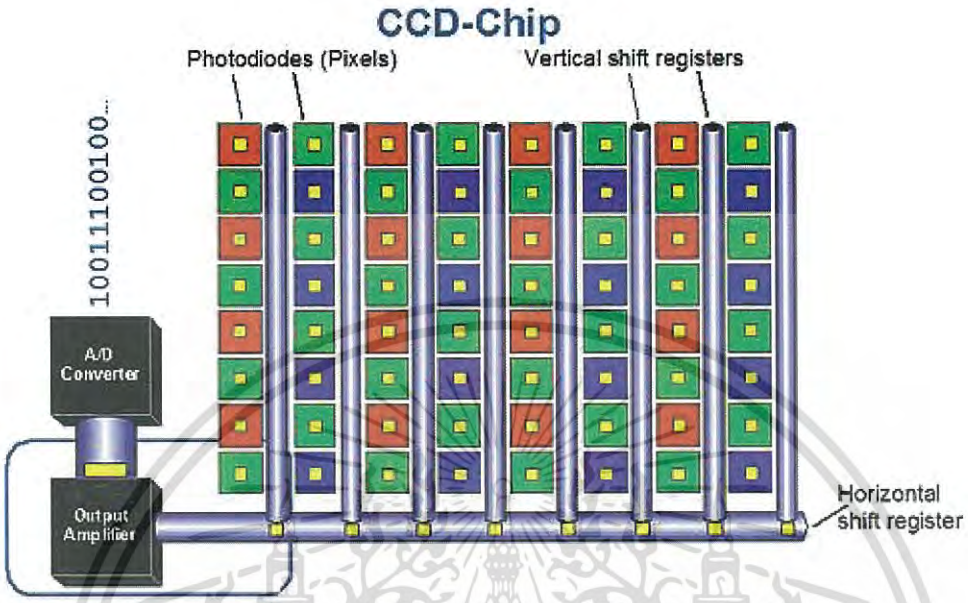
Charge coupled device หรือ CCD คือ เซนเซอร์รับภาพ มีหน้าที่ในการรับแสงเพียงอย่างเดียวโดยส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์แต่ละพิกเซลนั้น จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอะนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเพื่อเปลี่ยนค่าอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกที โดยซีซีดี เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อแสง โดยในแผงของซีซีดีจะมีเซลล์รับแสง (Pixels) จำนวนมากตามความละเอียดของกล้อง เช่น ถ้ากล่าวว่ากล้องดิจิตอลนี้มีความละเอียด 9.1 MegaPixel ก็แสดงว่ากล้องตัวนี้มีซีซีดีที่มีเซลล์รับแสง 9.1 ล้านตัว และเนื่องจากยิ่งแผ่นซีซีดีมีจำนวนเซลล์รับแสงมากเท่าไร ความละเอียดของภาพที่ได้ก็จะมากขึ้น และยิ่งซีซีดีมีขนาดใหญ่ ความแม่นยำในการวัดสภาพแสงก็มากขึ้นด้วย

รูปที่ 2.1 อิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี
ที่มา http://pomhappycamera.blogspot.com/

หลักการทำงานของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี [11] คือ เมื่อแสงผ่านเลนส์มากระทบกับผิวของพิกเซลในซีซีดีจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าหรืออิเลคตรอนในแต่ละพิกเซล จากนั้นประจุไฟฟ้าจะถูกดึงไปที่ Read out register เพื่อแปลงเป็นสัญญาณอะนาล็อก แล้วส่งไปยัง Amplifier เพื่อขยายสัญญาณ เมื่อแปลงเป็นสัญญาณอะนาล็อกครบแล้วจะถูกส่งไปยัง Analog to Digital converter (A/D Converter) เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งความแตกต่างของสัญญาณอะนาล็อกกับสัญญาณดิจิตอล คือ สัญญาณอะนาล็อกจะแสดงค่าของข้อมูลที่เป็นค่าตามธรรมชาติตามที่ได้รับมา ส่วนสัญญาณดิจิตอล คือ ค่าของข้อมูลที่สามารถแสดงเป็นตัวเลขได้ จากนั้นเมื่อแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิจิตอลแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบความคมชัดของภาพและทำการบีบอัดเพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บภาพ ก่อนจะส่งไปเก็บที่หน่วยความจำของกล้อง แล้วแสดงผลที่หน้าจอมอนิเตอร์ของกล้อง



รูปที่ 2. 2 การทำงานของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี

ที่มา http://www.innekt.com/article4.php

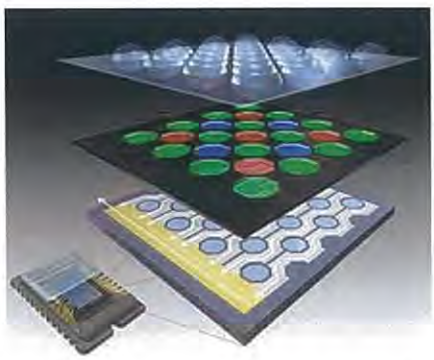
ส่วนประกอบของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. ฟิลเตอร์ (Filter) คือส่วนที่ใช้กรองแสง ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่ไม่ยอมให้สีบางสีของแสงผ่านไปตกถึงโฟโต้ไซต์ได้ และขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนสีของแสงที่ตกลงมากระทบด้วย

2. โฟโต้ไซต์ (Photo site) หรือ Photodiodes หรือเซลล์รับแสง (pixels) คือส่วนที่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นเมื่อแสงผ่านเลนส์ลงมากระทบในแผงซีซีดี โดยโฟโตไซส์ จะสร้างสัญญาณกระแสไฟฟ้าออกมา โดยยิ่งแสงตกลงมามาก สัญญาณกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นก็จะมากตามไปด้วย ซึ่งกระแสไฟฟ้าเหล่านี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลด้วย A/D Converter ต่อไป

3. ตัวอ่านสัญญาณหรือประจุไฟฟ้า (Read out register) ซึ่งจะมีอยู่ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง โดยจะทำหน้าที่ในอ่านสัญญาณไฟฟ้าแล้วแปลงเป็นสัญญาณอะนาล็อก ซึ่งการอ่านสัญญาณไฟฟ้าของตัว Read out register จะอ่านที่ละแถว โดยเริ่มจากแถวที่ใกล้กับ Read out register ก่อน เมื่ออ่านค่าเสร็จจะมีการลบข้อมูลของแถวนั้น แล้วอ่านของแถวลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของอิมเมจเซนเซอร์ แบบซีซีดี

ที่มา http://www.lesa.biz/astronomy/light/photon/ccd_matrix.jpg?attredirects=0

2.4 หลักการตรวจวัดเอทานอลโดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลและเมทิลออเรจน์

ในปี ค.ศ. 1998 Fan และคณะ [13] ได้ศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ คือ methanol, ethanol, iso-propanol และ tert-butanol ที่มีต่อค่าคงที่การแตกตัวของเมทิลออเรจน์ ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 25^{o}C และสารละลายที่มีค่า ionic strength เท่ากับ 0.1 mol. L^{-1} โดยใช้วิธีทางสเปกโทรสโกปี ในการศึกษาพบว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นแอลกอฮอล์ต่างกันนั้น ส่งผลต่อสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและค่าคงที่การแตกตัวของเมทิลออเรจน์ โดยเรียงลำดับชนิดของแอลกอฮอล์ที่มีผลความแตกต่างจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ tert-butanol > isopropanol > ethanol > methanol > water จากลำดับนี้จะเห็นว่า ethanol มีอิทธิพลต่อการแตกตัวของเมทิลออเรจน์ มากกว่า methanol ดังนั้นหากในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มี methanol ปนอยู่ ก็จะไม่รบกวนการทำปฏิกิริยาระหว่าง ethanol กับเมทิล-ออเรจน์ อีกประการหนึ่ง คือ ปริมาณ tert-butanol, iso-propanolและ methanol ในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีน้อยกว่าปริมาณเอทานอลมากๆ ดังนั้นแอลกอฮอล์เหล่านี้ จึงไม่ส่งผลต่อการวิเคราะห์เอทานอลแต่อย่างใด

ในปี ค.ศ. 2005 Boily และคณะ [14] ได้เสนอการอธิบายเพิ่มเติมถึงสาเหตุของค่าคงที่การแตกตัวของเมทิลออเรจน์ที่เปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำปฏิกิริยานี้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณเอทานอลได้ โดย Boily อธิบายว่า เกิด intramoleculardihydrogen bonding ซึ่ง เมทิลออเรจน์ จะแตกตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ดังแสดงในสมการที่ 1

$$SH + MO.H \longleftrightarrow SH_2^+ + MO^- \quad \text{..... (1)}$$

การแตกตัวของเมธิลออร์เรนจ์สามารถเกิดขึ้นได้ในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 0 – 70% โดยน้ำหนัก ซึ่งค่าคงที่การแตกตัวจะแสดงอยู่ในรูปของ pK_a โดยที่ตารางที่ 8.1 แสดงค่า pK_a ของเมทิลออร์เรนจ์ในสารละลายเอทานอลซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 25^{o}C จากตารางสามารถที่จะใช้ในการคำนวณค่าความเข้มข้นของเมทิลออร์เรนจ์ในรูป MO.H และ MO^- ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่า pK_a ของเมทิลออร์เรนจ์ในสารละลายเอทานอลในน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ [14]

เอทานอล (% โดยน้ำหนัก)	ค่า pKa
0	3.39 ± 0.03
10	3.19 ± 0.02
20	2.91 ± 0.02
30	2.49 ± 0.02
40	2.14 ± 0.02
50	1.85 ± 0.01
60	1.71 ± 0.02
70	1.50 ± 0.03

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

มีกลุ่มนักวิจัยเป็นจำนวนมากที่เสนอวิธีวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในเครื่องดื่มด้วยหลักการต่างๆ เช่น หลักการทางโครมาโทกราฟี ซึ่งมีทั้งแก๊สโครมาโทกราฟีและลิควิดโครมาโทกราฟี ในส่วนของแก๊สโครมาโท-กราฟีนั้น Jan Kovai [14] ได้ใช้หลักการแก๊ส-โซลิดโครมาโทกราฟี ร่วมกับวิธี internal standard สำหรับหาเอทานอลเพื่อให้วิธีวิเคราะห์มีความเที่ยงและแม่นดีขึ้น ในส่วนของเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีนั้น T. Takeuchi และคณะ [15] ได้พัฒนาวิธีไมโคร-ไฮเพอร์ฟอร์มแมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟีอาศัยการตรวจวัดทางแสงเพื่อวิเคราะห์อะลิฟาติกแอลกอฮอล์ ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โพรพานอล และบิวทานอล ในเครื่องดื่ม แต่วิธีทางโครมาโทกราฟีมักใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน วิธีที่อาศัยหลักการสเปคโทสโกปี เช่น การวัดการดูดกลืนแสงในความยาวคลื่นอินฟราเรด [16-18] ซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า จึงเป็นอีกวิธีที่ได้รับความนิยมเพื่อใช้วิเคราะห์เอทานอล นอกจากหลักการดังกล่าวข้างต้นแล้ว การใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้าร่วมกับการใช้ขั้วตรวจวัดทางชีวภาพอาศัยการทำงานของเอนไซม์[19-21] ที่ถูกตรึงอยู่บนขั้วเพื่อเพิ่มความจำเพาะเจาะจงของการตรวจวัดก็เป็นวิธีที่มีผู้เสนอเช่นเดียวกัน

ในการเพิ่มความจำเพาะเจาะจงสำหรับการตรวจวัดเอทานอล นอกจากใช้ขั้วชีวภาพที่มีเอนไซม์ตรึงอยู่แล้วนั้น ยังทำได้โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีเยื่อเลือกผ่านชนิดที่ยอมให้แก๊สเท่านั้นที่แพร่ผ่านได้วางอยู่ภายใน เนื่องจากเอทานอลระเหยกลายเป็นแก๊สได้ง่ายที่อุณหภูมิห้องในขณะที่ตัวรบกวนอื่นๆ ไม่สามารถระเหยได้ การใช้อุปกรณ์ชนิดนี้จึงสามารถแยกเอทานอลออกจากตัวรบกวนได้ อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ Gas-diffusion unit ในการวิเคราะห์เอทานอลด้วยอุปกรณ์นี้มักใช้ร่วมกับเทคนิคโฟลอินเจคชัน โดยมีคณะนักวิจัย เสนอวิธีการตรวจวัดเอทานอลด้วยระบบโฟลอินเจคชันร่วมกับการใช้แก๊สดิฟฟิวชันแล้วประยุกต์ใช้กับตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ [22]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค Image processing

L. Lahuerta Zamora และคณะ [23] ได้นำเสนอวิธีในการตรวจวัดหาปริมาณนิเกิลในหินอุกกาบาตโดยการถ่ายรูป โดยวิธีนี้จะถ่ายรูปดิจิตอลของสารละลายมาตรฐานของ nickel–dimethyl-glyoxime coloured chelate และสารละลายตัวอย่างหินอุกกาบาต ซึ่งมีการเตรียมเหมือนกับการหาปริมาณของสารละลายมาตรฐานนิกเกิล จากนั้นประมวลผลรูปถ่ายด้วยซอฟท์แวร์ที่เหมาะสมเพื่อคำนวณหาความเข้มสีของสารมาตรฐานแต่ละตัว ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้น และใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน จากนั้นเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีมาตรฐานสำหรับตรวจวัดนิกเกิล ซึ่ง ISO ให้การรับรอง วิธีที่เสนอนี้ทำได้ง่ายและราคาถูกกว่า สามารถใช้กล้องถ่ายรูปดิจิตอลเป็นเครื่องมือในการตรวจวัด รูปถ่ายที่ได้จะประมวลผลด้วนซอฟต์แวร์ที่มีเผยแพร่ทั่วไป

Mohsen Kompany-Zareh และคณะ [24] ได้นำเสนอวิธีที่ง่ายและรวดเร็วในการตรวจวัดหาเหล็ก(III) โดยทำ spot-test และตรวจวัดสีด้วยเครื่องสแกน ซึ่งใช้ Artificial neural networks กับ back propagation algorithm ช่วยออกแบบโมเดลและหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรของเครื่องสแกน ตัวแปรของเครื่องสแกนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จุดต่อนิ้ว (dpi), ความสว่าง, ความคมชัด และการผสมแกมมา จากนั้นใช้การประมวลผลแบบArtificial neural networks จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานโดยพล็อต องค์ประกอบหลักที่ได้จากความเข้มของสี (แดง, เขียว, น้ำเงิน) กับความเข้มข้นของเหล็ก(III) ในช่วงความเข้มข้น 6 – 45 มิลลิโมลาร์ พบความผิดพลาดของวิธีน้อยกว่า 4 % วิธีนี้ประสบผลสำเร็จในกประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาเหล็ก(III) ในเหล็กกล้า และมีความถูกต้องและแม่นยำ

A. Mathaweesansurn และคณะ [25] ได้เสนอการใช้แอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือชื่อ “Albumin Smart Test” ในการตรวจวัดหาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ หลักการตรวจวัดจะอาศัยการตรวจวัดสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอัลบูมินกับเตตระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีนเอทิลเอสเทอร์ที่มี Triton-X 100 โดยทำการผสมสารละลายสำหรับตรวจวัดในตลับผสมซึ่งประกอบด้วย 2 หลุม สำหรับใส่สารควบคุมและสารทดสอบ จากนั้นนำตลับผสมวางบนกระดาษทดสอบที่มีแถบสีมาตรฐานอยู่และถ่ายรูปสีของสารละลายที่เกิดขึ้นคู่กับแถบสีมาตรฐาน แอปพลิเคชันจะทำการสร้างสมการเส้นตรงขึ้นจากแถบสีมาตรฐาน และหาความเข้มข้นของอัลบูมินในสารละลายตัวอย่างโดยนำค่าสีที่ได้ไปเทียบกับสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้น ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือการถ่ายรูปแถบสีมาตรฐานและตัวอย่างจะถ่ายพร้อมกันภายในรูปถ่ายเดียว (Self-calibration) ทำให้มีสภาวะแสงที่เหมือนกันช่วยให้ไม่ต้องมีอุปกรณ์ในการควบคุมแสงอื่นๆ เพิ่มเติม อีกทั้งสามารถนำไปทดสอบภาคสนามได้ มีการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

3.1.1.1 สารละลายเอทานอล เกรดวิเคราะห์ (Ethanol) – Merck, Germany

3.1.1.2 เมทิลออเรนจ์ (Methyl orange) – Carlo Erba, Italy

3.1.1.3 กรดอะซิติก (Acetic acid) – Sigma, USA

3.1.1.4 โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate acid)- Carlo Erba, Italy

3.1.1.4 กลั่นปราศจากไอออน (Deionized-distilled water)

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด

3.1.2.1 ขวดวัดปริมาตร

3.1.2.2 บีกเกอร์

3.1.2.3 ปิเปต

3.1.2.4 ไมโครปิเปต

3.1.2.5 ไมโครเพลท

3.1.2.6 ตู้อบ – ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 53, ประเทศเยอรมัน

3.1.2.6 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล - ยี่ห้อ Cannon รุ่น D450

3.1.2.7 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ – ยี่ห้อ Jasco รุ่น V630, ประเทศอเมริกา

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 สาระลายมาตรฐานเอทานอล

เตรียมสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยปริมาตร ทำโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 โดยปริมาตร มา 1.25, 2.50, 5.00, 7.50, 10.00 และ 12.50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนครบ 25.00 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 3.4

ชั่งโซเดียมอะซิเตท 0.4384 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นปราศจากไอออนเล็กน้อย ถ่ายใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 99.99 ปริมาตร 6.86 มิลลิลิตร ตามลงไป ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร

3.2.3 สารละลายเมทิลออเรนจ์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร

ชั่งเมทิลออเรนจ์มา 0.05 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นปราศจากไอออนเล็กน้อย ถ่ายใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร

3.2.4 สารละลายเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้นร้อยละ 0.004 ปริมาตร

ปิเปตสารละลายเมทิลออเรนจ์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร มา 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 3.4 ปริมาตร10.00 มิลลิลิตร ตามลงไป ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร

3.2.5 สารละลายตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย

นำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านชนิดต่างๆ ที่ซื้อจากตลาดท้องถิ่นและห้างสรรพสินค้าทั่วไปมาทำการทดลองโดยไม่ต้องมีกระบวนการเตรียมตัวอย่างใดๆ เพิ่มเติม

3.3 การดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 โดยปริมาตร มา 1.25, 2.50, 5.00, 7.50, 10.00 และ 12.50 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25.00 มิลลิลิตร แต่ละขวด

2) ปิเปตสารละลายเมทิลออเรนจ์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร มา 0.50 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 3.4 ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร ตามลงไปแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3) นำสารละลายที่ได้เทใส่ Cuvette สแกนความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 ถึง 800 นาโนเมตร (สาระละลายแบลงค์ใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนแทนสารละลายมาตรฐานเอทานอล)

4) เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลจนครบทุกความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับกับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 โดยปริมาตร มา 1.25 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25.00 มิลลิลิตร

2) ปิเปตสารละลายเมทิลออเรนจ์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร มา 0.50 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 3.4 ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร ลงไปแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3) นำสารละลายที่ได้เทใส่ Cuvette และตรวจวัดในโหมด Time course measurement ติดตามเป็นเวลา 15 นาที

4) เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลจนครบทุกความเข้มข้น

3.3.3 การศึกษาตัวแปรของกล้องที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย สำหรับการนำไปประมวลผลหาค่าสีของสารละลายระหว่างสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

1) ปิเปตเมทิลออเรนจ์เข้มข้นร้อยละ 0.004 โดยปริมาตร ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลทที่ถูกดัดแปลง ในแถว A, C และ E ตามลำดับ

2) ปิเปตน้ำกลั่น ปริมาตร 150 ไมโครลิตร(สารละลายแบลงค์) ลงไปในแถว E คอลัมน์ที่ 6

3) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอล ตามลำดับความเข้มข้นตั้งแต่ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซ็นโดยปริมาตร ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ลงไปในแถวที่มีสารละลายเมทิล-ออเรนจ์อยู่

4) ทำการถ่ายภาพไมโครเพลท ทุกๆ ISO และทุกๆ F stop number จากนั้นนำภาพถ่ายไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลโดยการระเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์

1) ปิเปตเมทิลออเรนจ์เข้มข้นร้อยละ 0.004 โดยปริมาตร ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลทที่ถูกดัดแปลง ในแถว A, D และ G ตามลำดับ

2) ปิเปตน้ำกลั่น ปริมาตร 300 ไมโครลิตร (สารละลายแบลงค์) ลงไปในแถว E คอลัมน์ที่ 11

3) ปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอล ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ความเข้มข้นร้อยละ 10, 20, 30, 40, และ 50 โดยปริมาตร ลงไปในแถว B คอลัมน์ที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60, 70, 80, 90 และ 100 โดยปริมาตร ลงไปในแถว E คอลัมน์ที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 300 ไมโครลิตร ลงไปในแถว H คอลัมน์ที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ

5) ถ่ายภาพสารละลายโดยใช้กล่องควบคุมแสงร่วมกับโทรศัพท์มือถือ และประมวลผลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 3.1 ไมโครเพลทที่ถูกดัดแปลงโดยนำแผ่นซิลิโคนมาติดบนตัวไมโครเพลทเพื่อกำหนดหลุมสำหรับใส่สารตัวอย่างและใส่สารละลายสำหรับใช้ทดสอบ

3.4 การออกแบบกล่องควบคุมแสง

กล่องควบคุมแสงประกอบด้วย

1) กล่องขนาด 15 x 35 x 25 cm มีประตูปิด ภายในถูกบุด้วยผนังสีดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกและลดการกระจายของแสงภายในกล่อง

2) แผ่น LED ขนาด 5w ใช้ในการให้แสงสว่างใต้แผ่นไมโครเพลท

3) แผ่นสำหรับระบุตำแหน่งไมโครเพลท

4) แท่นสำหรับยึดจับโทรศัพท์มือถือ

รูปที่ 3.2 กล่องควบคุมแสงสำหรับถ่ายรูปที่ออกแบบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การพัฒนาโปรแกรมตามหลักการ Image Processing สำหรับแปรผลเปลี่ยนความเข้มสีเป็นความเข้มข้นของเอทานอล

โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นด้วย Visual studio C# ภายในโปรแกรมประกอบด้วย ส่วนที่ทำงานในการสร้างกราฟมาตรฐาน และส่วนที่ทำการคำนวณค่าความเข้มข้นจากสารละลายที่ไม่ทราบความเข้มข้นเทียบกับกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้น และส่วนของการแสดงผลต่างๆ

ในการคำนวณค่าสีในแต่ละหลุม โปรแกรมที่ออกแบบขึ้นนี้จะกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 10 x 10 พิกเซลสำหรับคำนวณ ใช้ระบบสี HSV ในการหาความเข้มสี แต่ระบบกล้องดิจิตอลทั่วไปจะแสดงผลในระบบ RGB ดังนั้นการวิเคราะห์ในระบบ HSV จำเป็นต้องใช้สมการที่ (3.1) (3.2) และ (3.3) ในการแปลงจาก RGB เป็น HSV และใช้สมการที่ (3.4) ในการแปลงจาก RGB เป็น Gray

$$V = \max(R, G, B) \tag{3.1}$$

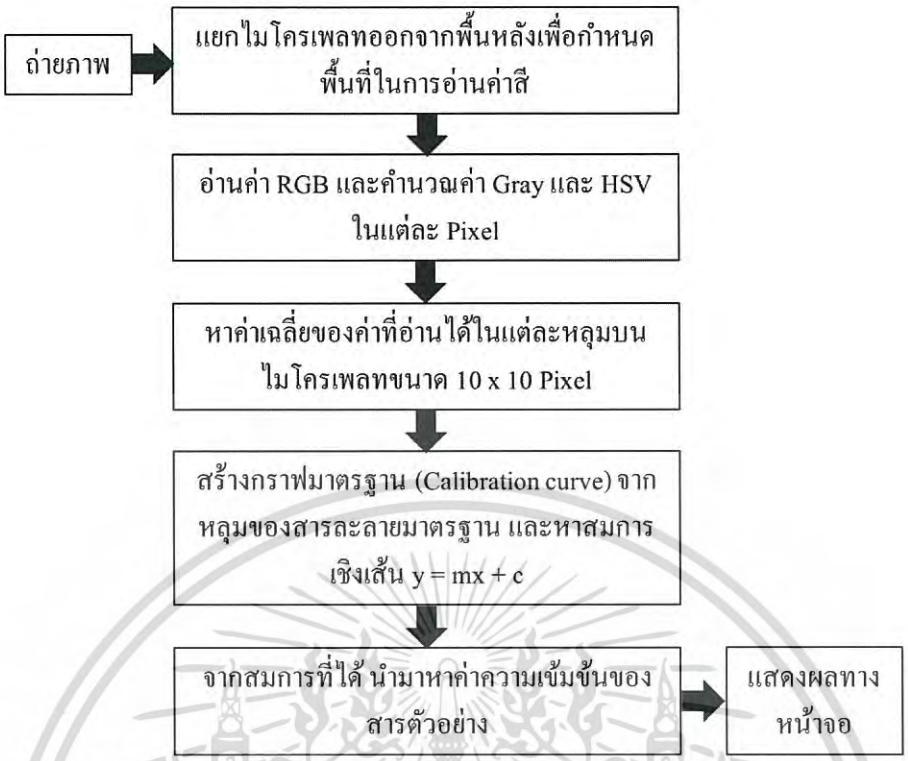
$$S = \begin{cases} \frac{V - \min(R,G,B)}{V}, & V \neq 0 \\ 0, & Otherwise \end{cases} \tag{3.2}$$

$$H = \begin{cases} 60(G - B)/(V - \min(R,G,B)), & V = R \\ 120 + 60(B - R)/(V - \min(R,G,B)), & V = G \\ 240 + 60(R - G)/(V - \min(R,G,B)), & V = B \end{cases} \tag{3.3}$$

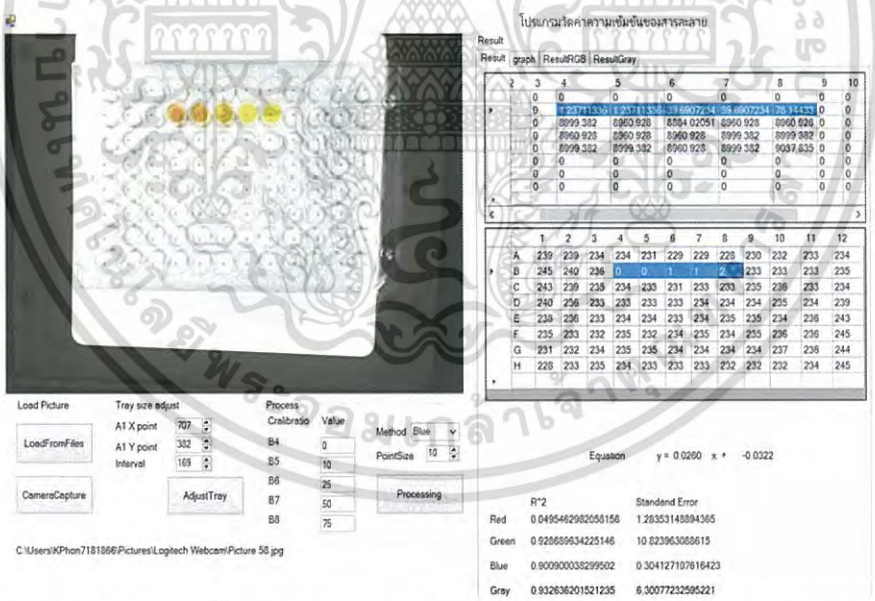
$$Gr = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114 \tag{3.4}$$

เมื่อ R(Red) คือ องค์ประกอบสีแดง G (Green) คือ องค์ประกอบสีเขียว B (Blue) คือ องค์ประกอบสีนาเงิน H (Hue) คือ สีของภาพ S (Saturation) คือ ปริมาณความอิ่มตัวของสี V (Value) คือ ปริมาณความสว่างของภาพ และ Gr (Gray) คือโหมดสีที่มีการไล่ระดับสีของสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.4 โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับอ่านค่าสีของสารละลายในไมโครเพลทและเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นของเอทานอล

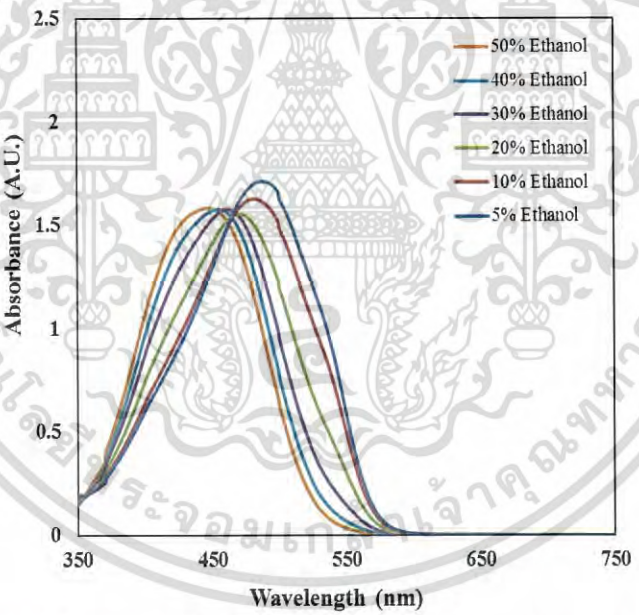
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาหลักการตรวจวัดซึ่งอาศัยปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลและสารละลายเมทิลออเรจน์ด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างกันจะส่งผลต่อค่าคงที่การแตกตัวและสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของเมทิลออเรจน์ ในขั้นแรกได้ศึกษาหาความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงที่เหมาะสมในการติดตามหาปริมาณเอทานอล โดยการทดลองได้ทำการสแกนความยาวคลื่นเพื่อวัดค่าดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเมทิลออเรจน์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร และสารละลายมาตรฐานเอทานอล ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 - 50 โดยปริมาตร ได้ผลดังรูปที่ 4.1



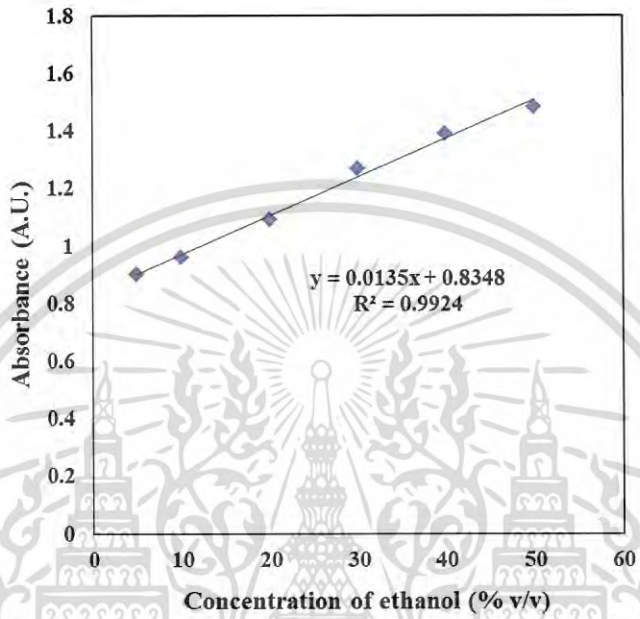
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ระหว่างสารละลายเมทิลออเรจน์ เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร และสารละลายมาตรฐานเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยปริมาตร

จากรูปที่ 4.1 เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ค่าคงที่การแตกตัวของเมทิลออเรจน์เปลี่ยนไป ส่งผลให้ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายเมทิลออเรจน์เกิดการเคลื่อนแบบ Blue shift และจะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 425 นาโนเมตรเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเอทานอล จากนั้นได้สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลและค่าดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 425 นาโนเมตร พบว่าได้ช่วงความเป็นเส้นตรงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149115

สารละลายมาตรฐานเอทานอลเท่ากับ ร้อยละ 5 - 50 โดยปริมาตร มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เท่ากับ 0.9924 ซึ่งให้ค่าความเป็นเส้นตรงที่ดี (รูปที่ 4.2) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถตรวจวัดหาปริมาณเอทานอลโดยใช้สารละลายเมทิลออเรจน์ได้ และจะอาศัยปฏิกิริยานี้ในการทดสอบอื่นๆ ต่อไป



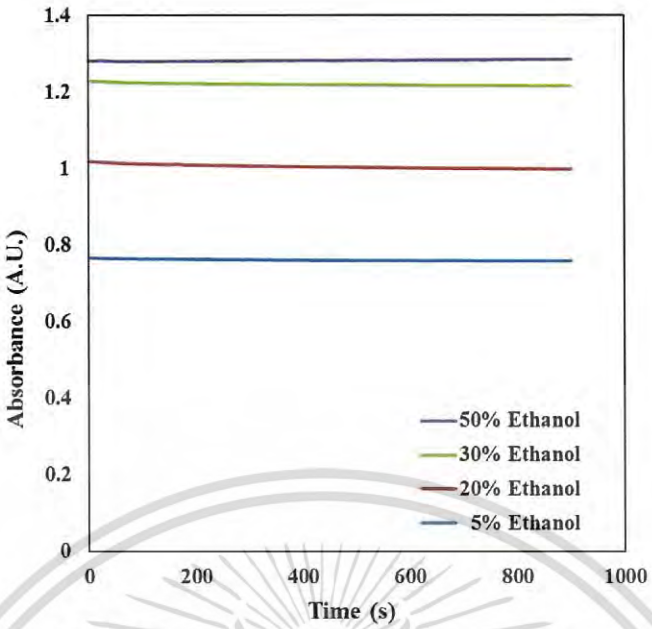
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยปริมาตร

4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทดลอง

4.2.1 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐานเอทานอลกับสารละลายเมทิลออเรจน์ เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการถ่ายรูปและคำนวณหาความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้กล่องควบคุมแสงสำหรับถ่ายรูปและใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับประมวลผลภาพถ่าย ในการทดลองจะทำการผสมสารละลายเมทิลออเรจน์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร และสารละลายมาตรฐานเอทานอลในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 - 50 โดยปริมาตร และติดตามค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 นาที ได้ผลการทดลองดังรูป 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายสารละลายเมทิลออเรจน์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 20, 30 และ 50 โดยปริมาตร

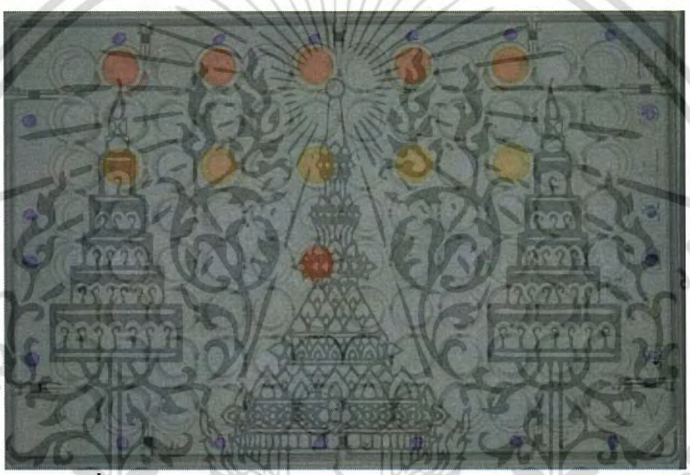
จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผสมสารละลายเมทิลออเรจน์และสารละลายมาตรฐานเอทานอลเข้าด้วยกัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์โดยทันทีและได้ผลิตภัณฑ์ที่เสถียร สังเกตได้จากค่าดูดกลืนแสงที่คงที่ไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นปฏิกิริยานี้สามารถเลือกถ่ายรูปที่เวลาใดก็ได้หลังจากการผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน

4.2.2 การศึกษาตัวแปรของกล้องที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย สำหรับการนำไปประมวลผลหาค่าสีของสารละลายระหว่างสารละลายเมทิลออเรนจ์กับสารละลายมาตรฐานเอทานอล

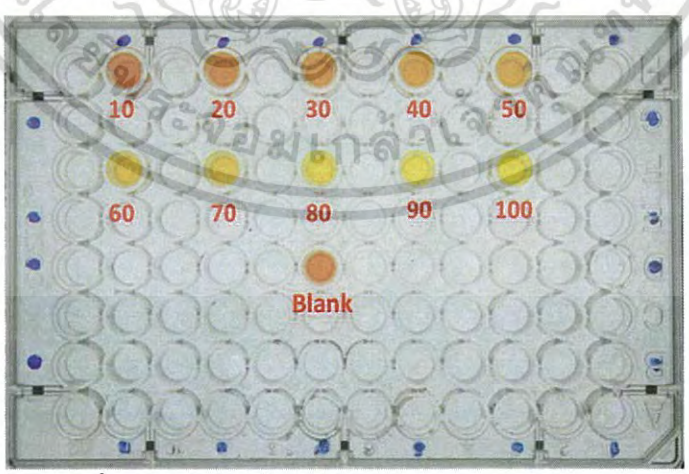
ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของรูปถ่ายของกล้องดิจิตอลได้แก่ ค่า F และ ISO ซึ่งทั้งสองตัวแปรจะเป็นตัวกำหนดปริมาณแสงที่จะเข้าสู่ตัวกล้อง ทำให้ได้ภาพที่มืด หรือ สว่าง ดังนั้นจึงศึกษาค่า F และ ISO เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัด ค่า F ที่ศึกษาคือ F5.6, F6.3, F7.1, F8.0, F9.0, F10.0, F11.0, F13.0, F14.0, F16.0, F18.0 และ F20.0 ค่า ISO ที่ศึกษาคือ ISO 100, ISO 200, ISO 400, ISO 800 และ ISO 1600 ได้แสดงตัวอย่างรูปถ่าย และผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.4 – 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 8.0 และ ISO 400



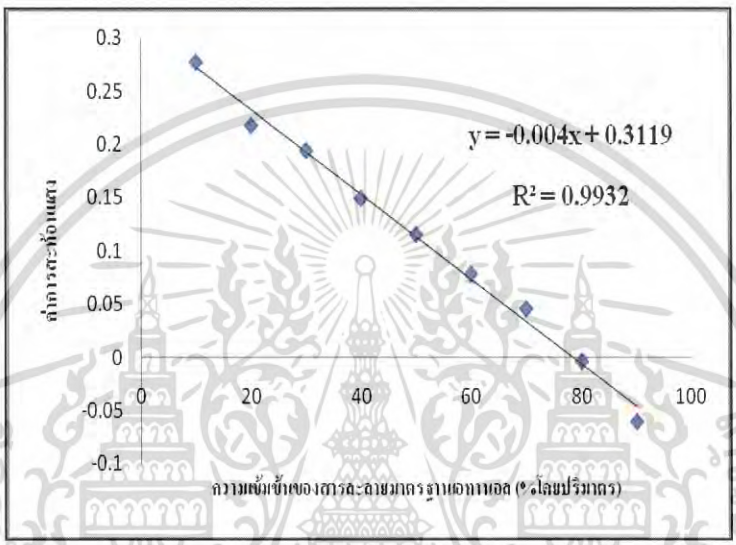
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 36.0 และ ISO 400



รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายที่พารามิเตอร์ F 29.0 และ ISO 800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงตัวอย่างการตั้งค่าพารามิเตอร์กล้องที่ทำให้ได้ภาพถ่ายที่มีค่าความสว่างมากเกินไป และมืดเกินไป ส่วนในรูปที่ 4.6 แสดงภาพถ่ายโดยใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ F 29.0 และ ISO 800 จากนั้นได้ทำการประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาค่าการสะท้อนแสง และนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยพล็อตระหว่างค่าการสะท้อนแสงและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 10 – 90 โดยปริมาตร พบว่าให้ค่าความเป็นเส้นตรงที่สูง ดังรูปที่ 4.7 ดังนั้นจะใช้พารามิเตอร์กล้อง F 29.0 และ ISO 800 ในการทดลองต่อไป

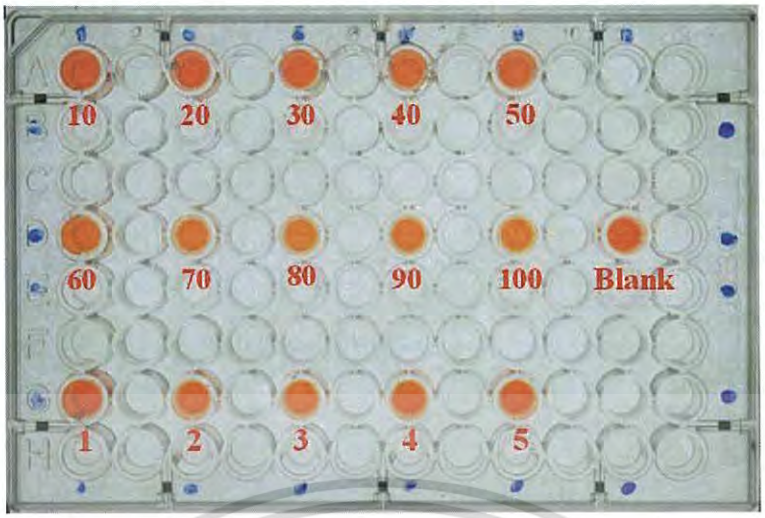


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลและสารละลายเมทิลออเรนจ์

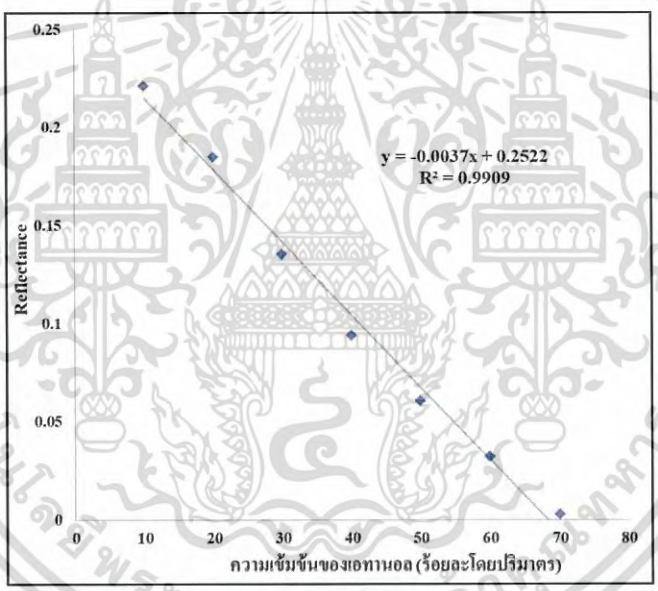
4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลโดยการระเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์

ในส่วนนี้ได้ทำการดัดแปลงไมโครเพลท โดยการตัดซิลิโคนมาแปะเพื่อแบ่งช่องในการระเหยของสารภายในไมโครเพลท เมื่อเอทานอลระเหยมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์ สีของสารละลายเมทิลออเรนจ์ จะเปลี่ยนแปลงไป จากนั้นนำไปถ่ายรูปโดยใช้กล่องควบคุมแสงร่วมกับโทรศัพท์มือถือ และประมวลผลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.8 และ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลแบบอาศัยการระเหย (สองแถวบน (A และ D) คือ สารละลายมาตรฐานเอทานอล และแถวล่างสุด (แถว G) คือ ตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์)



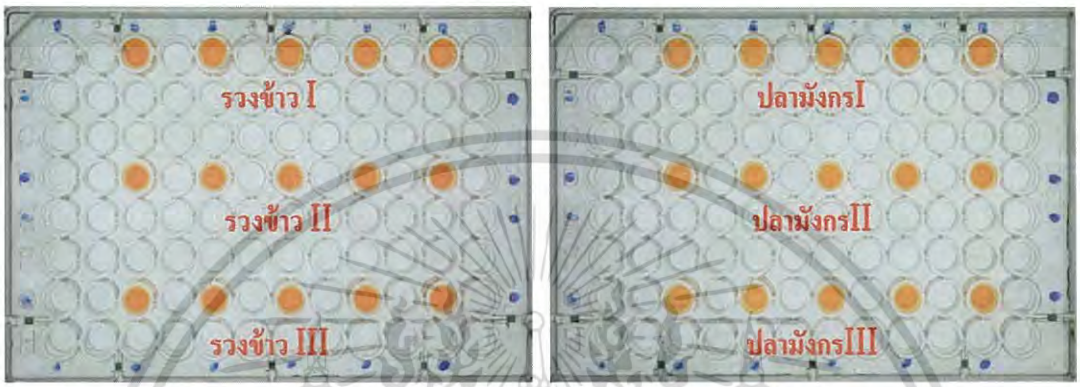
รูปที่ 4.9 กราฟมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อสารละลายมาตรฐานเอทานอลมีความเข้มข้นสูงขึ้น สีของสารละลายเมทิลออเรนจ์จะจางลงอย่างเป็นลำดับ เมื่อนำภาพไปประมวลผลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและสร้างกราฟมาตรฐานพลอตเทียบระหว่างค่า Reflectance และความเข้มข้นของสารละลายเอทานอล พบว่ามีความเป็นเส้นตรงที่ดี (รูปที่ 4.9) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้กล่องควบคุมแสงร่วมกับโทรศัพท์มือถือเพื่อถ่ายรูปและโปรแกรมที่พัฒนา ขึ้นสามารถใช้ในการตรวจวัดหาปริมาณเอทานอลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านโดยการระเหยแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์

เมื่อพัฒนาวิธีได้แล้วจึงนำมาประยุกต์ใช้กับตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้าน ในการวิเคราะห์จะนำเอาชุดเครื่องมือวิเคราะห์ และสภาวะการทดลองที่เหมาะที่ได้มาใช้กับตัวอย่าง โดยจะทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้าน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลความเข้มข้นของเอทานอลที่วิเคราะห์ได้เทียบกับความเข้มข้นที่ระบุบนฉลาก (n = 5)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นที่ระบุบนฉลาก (ร้อยละโดยปริมาตร)	ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ร้อยละความแตกต่าง	%RSD
รวงข้าว I	40	40.50 ± 0.39	1.25	0.97
รวงข้าว II	40	41.01 ± 0.23	2.25	0.57
รวงข้าว III	40	40.51 ± 0.52	1.28	1.29
ปลามังกร I	40	40.75 ± 0.42	1.88	1.02
ปลามังกร II	40	40.74 ± 0.68	1.85	1.68
ปลามังกร III	40	40.37 ± 0.58	0.93	1.45

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง ชี้ให้เห็นว่าชุดเครื่องมือวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความแม่น และความเที่ยงที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ได้หลายตัวอย่างในคราวเดียวกัน สามารถนำประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีใหม่สำหรับตรวจวัดปริมาณเอทานอล โดยอาศัยการใช้ไมโครเพลท ร่วมกับการประมวลผลจากภาพถ่ายโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งในงานวิจัย เริ่มจากการดัดแปลงไมโครเพลทโดยการตัดซิลิโคนมาแปะเพื่อแบ่งช่องในการระเหยของสารภายในไมโครเพลท เมื่อเอทานอลระเหยมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลออเรนจ์ สีของสารละลายเมทิลออเรนจ์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของเอทานอล จากนั้นนำไปถ่ายรูปโดยใช้กล่องควบคุมแสงร่วมกับโทรศัพท์มือถือ ซึ่งพารามิเตอร์ของกล้องที่เหมาะสมที่สุดในการถ่ายรูปคือ ค่า F เท่ากับ 29 และ ISO เท่ากับ 800 จากนั้นประมวลผลภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จากการทดลองพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ที่ดี และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับตัวอย่างเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้าน พบว่า %RSD ของการตรวจวัดปริมาณเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 0.97 – 1.68 ซึ่งถือว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และได้ค่าความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับที่ระบุไว้บนฉลาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ไมโครเพลทร่วมกับกล่องควบคุมแสงและโทรศัพท์มือถือ และการประมวลผลภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ง่าย สะดวก ได้ผลการวิเคราะห์รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละหลายๆตัวอย่าง อีกทั้งเครื่องมือมีราคาถูก มีวิธีการบำรุงรักษาเครื่องมือที่ไม่ยุ่งยาก เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ เช่น เครื่อง Gas chromatograph หรือเครื่องมือทาง Colorimetric method อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวิเคราะห์เอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ง่าย สะดวก ได้ผลการวิเคราะห์รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละหลายๆตัวอย่าง อีกทั้งเครื่องมือมีราคาถูก มีวิธีการบำรุงรักษาเครื่องมือที่ไม่ยุ่งยาก โดยอุปกรณ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.1 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวิเคราะห์เอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย ก. กล่องควบคุมแสงขณะปิดไฟ และ ข. กล่องควบคุมแสงขณะเปิดไฟสำหรับทำการทอสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ราชกิจจานุเบกษา, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรา กลั่น, เล่ม118 ม, 2544

[2] AOAC. (1990). AOAC official method of analysis of the association of official analytical chemistry: Inc. Virginia.

[3] P. Pinyou, N. Youngvises, J. Jakmunee, Talanta, 84 (2011) 745.

[4] N. Choengchan, T. Mantim, P. Wilairat, P. K. Dasgupta, S. Motomizu, D. Nacapricha, Anal. Chim. Acta 579 (2006) 33.

[5] N. Ratanawimarnwong, T. Pluangklang, T. Chysiri, D. Nacapricha, Anal. Chim. Acta 796 (2013)61

[6] http://www.flowinjection.com, online available, search on 9 Jun 2015.

[7] J. N. Miller and J. C. Miller, Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 4th edn., 2000, Pearson Education Limited, Essex, England

[8] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2927 (พ.ศ.2544) เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สุรา เล่ม118 ตอนที่ 94 ง

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/Image_processing, online available, search on 9 Jun 2015.

[10] http://www.klongdigital.com/column/column5, online available, search on 9 Jun 2015.

[11] http://www.rmutphysics.com/CHARUD/howstuffwork/howstuff2/digital/page02.html, online available, search on 9 Jun 2015.

[12] J. Fan, X. Shen, J. Wang, Anal. Chim. Acta 364 (1998) 275

[13] J. F. Boily and T. M. Seward, J. Sol. Chem., 34 (2005) 1387.

[14] J. Kovai, J. Chrom. A, 333 (1985) 389.

[15] T. Tekeuchi and K. Murase, J. Chrom. A, 445 (1988) 139.

[16] M. Gallignani, C. Ayala, R. B. Brunetto, L. J. Burguera, M. Burguera, Talanta, 68 (2005) 470.

[17] M. Gallignani, S. Garrigues, M. dela Guardia. Anal. Chim. Acta, 287 (1994) 275.

[18] A. Nordon, A. Mills, T. R. Burn, M. F. Cusick, D. Littlejohn, Anal. Chim. Acta, 548 (2005) 148.

[19] L. Lvova, R. Paolesse, D. C. Natale, A. D'Amico, Sensors and Actuators B: Chemical, 118 (2006) 439.

[20] L. Rotariu, C. Bala, V. Magearu, Anal. Chim. Acta 513 (2004) 119.

[21] S. A. Santos, C. A. Pereira, N. Duran, T. L. Kubota, Electrochim. Acta, 52 (2006) 215.

[22] I. L. Mattos, R. P. Sartini, E. A. G. Zagatto, B. F. Reis, M. F. Gine, Analytical Sciences, 14 (1998) 1005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[23] L. L. Zamora, P. A. Lopez, G. M. A. Fos, R. M. Algarra, A. M. M. Romero, J. M. Calatayud, Talanta, 83 (2011) 1575.

[24] M. Kompany-Zareh, M. Mansourian, F. Ravaee, Anal. Chem. Acta, 471 (2002) 97.

[25] A. Mathaweesansurn, N. Maneerat, N. Choengchan, Sensors and Actuators B, 242 (2017) 476.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

หมวดค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)
งบบุคลากร	
ค่าจ้างชั่วคราว	90,000
งบดำเนินงาน	
ค่าใช้สอย	38,500
ค่าวัสดุ	116,500
ค่าสาธารณูปโภค	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	25,000
รวมงบประมาณที่จ่ายไปแล้ว	270,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายณัฐวุฒิ เชิงชั้น

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Nathawut Choengchan

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์: 02-326-4344 โทรสาร: 02-326-4354

E-mail: kcnathaw@kmitl.ac.th และ nchoengchan@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	วุฒิการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2542	ปริญญาตรี	วท.บ. (เคมี)	เคมี	มหาวิทยาลัยมหิดล
2545	ปริญญาโท	วท.ม. (เคมี)	เคมีวิเคราะห์และเคมีอินทรีย์ประยุกต์	มหาวิทยาลัยมหิดล
2549	ปริญญาเอก	Ph. D. (Analytical Chemistry)	เคมีวิเคราะห์	มหาวิทยาลัยมหิดล

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงงานวิจัย:

ชื่อโครงการ: อุปกรณ์ร่องขนาดเล็ก: การออกแบบและการประยุกต์ใช้กับระบบวิเคราะห์ที่อาศัยการไหล

แหล่งทุน: ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานของอาจารย์รุ่นใหม่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปี 2552

ชื่อโครงการ: ชุดเครื่องมือขนาดเล็กแบบพกพาได้สำหรับการวินิจฉัยโรคไตนอกห้องปฏิบัติการ

แหล่งทุน: กองทุนวิจัย สจล. ปี 2552

ชื่อโครงการ: การพัฒนาวิธีวิเคราะห์แบบอัตโนมัติเพื่อหาปริมาณเอทานอลและอะซีทัลดีไฮด์ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย

แหล่งทุน: เงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ปี 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ: ชุดต้นแบบสำหรับตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ
แหล่งทุน: เงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ปี 2553

ชื่อโครงการ: ชุดต้นแบบเพื่อทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผักและผลไม้แบบอัตโนมัติ
แหล่งทุน: เงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ปี 2554

ชื่อโครงการ: ชุดเครื่องมือต้นแบบชนิดรู้ผลเร็วสำหรับวิเคราะห์เอทานอลและอะซีทัลดีไฮด์ในเครื่องดื่มสุราชุมชน
แหล่งทุน: เงินงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2554

ชื่อโครงการ: เครื่องมือต้นแบบสำหรับสกัดและแยกองค์ประกอบน้ำส้มควันไม้
แหล่งทุน: เงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ปี 2555

ชื่อโครงการ: ชุดเครื่องมือต้นแบบอัตโนมัติสำหรับประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มควันไม้
แหล่งทุน: เงินงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2555

งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

1. Choengchan N, Uraisin K, Choden K, Veerasai W, Grudpan K, Nacapricha D. (2002) Simple Flow Injection System for Colorimetric Determination of Iodate in Iodized Salt. Talanta 58: 1195-1201. (impact factor = 2.391) ที่มา : Journal Citation Reports, 2005.

2. Choengchan N, Lukkanakul K, Ratanawimarnwong N, Waiyawat W, Wilairat P, Nacapricha D. (2003) Use of Pseudo-First Order Kinetics in Flow Injection for Determination of Trace Inorganic Iodine. Anal. Chim. Acta 499: 115-122. (impact factor = 2.760) ที่มา : Journal Citation Reports, 2005.

3. Ratanawimarnwong N, Amornthammarong N, Choengchan N, Chaisuwan P, Amatatongchai M, Wilairat P, McKelvie I D, Nacapricha D. (2005) Determination of iodide by detection of iodine using gas-diffusion flow injection and chemiluminescence. Talanta, 65: 756-761. (impact factor = 2.391) ที่มา : Journal Citation Reports, 2005.

4. Choengchan N, Mantim T, Wilairat P, Dasgupta P K, Motomizu S, Nacapricha D (2006) A membraneless gas diffusion unit: Design and its application to determination of ethanol in liquors by spectrophotometric flow injection. Anal. Chim. Acta 579: 33–37 (impact factor = 2.760) ที่มา : Journal Citation Reports, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Muncharoen S, Sitanurak J, Tiyapongpattana W, Choengchan N, Ratanawimarnwong N, Motomizu S, Wilairat P, Nacapricha D (2009) Quality control of gasohol using a micro-unit for membraneless gas diffusion, Microchim Acta 164: 203–210 (impact factor = 1.237) ที่มา: Journal Citation Reports, 2006.

6. K. Sereenonchai, S. Teerasong, S. Chan-Eam, P. Saetear, N. Choengchan, K. Uraisin, N. Amornthammarong, S. Motomizu and D. Nacapricha, A low-cost method for determination of calcium carbonate in cement by membraneless vaporization with capacitively coupled contactless conductivity detection Talanta 81 (2010) 1040-1044. (Impact factor 2009 = 3.206)

7. S. Janya, P. Sastranurak, T. Mantim, N. Chauyprasatwattana, C. Boonpanaid, N. Choengchan, D. Nacapricha and K. Uraisin, "An automatic phosphate analyzer by cross injection analysis", Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings 2010, Jan. 21-23, 2010, Ubon Rachathani University, Ubon Rachathani, Thailand, p. 33-36.

8. P. Inpota, A. Kongsakphaisal, D. Nacapricha and N. Choengchan, "Selective determination of acetaldehyde by membrane permeation withspectrophotomertic flow injection" Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings 2010, Jan. 21-23, 2010, Ubon Rachathani University, Ubon Rachathani, Thailand, p. 37-40.

9. S. Kokilarat, S. Teerasong, D. Nacapricha, N. Maneerat and N. Choengchan "AUTOMATED SIMULTANEOUS INJECTION SYSTEM FOR DETERMINATION OF PHOSPHATE AND AMMONIUM" Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings, 2011, Srinakarinwirote University, Bangkok, Thailand

10. P. Inpota, S. Teerasong, A. Kongsakphaisal, N. Maneerat, D. Nacapricha and N. Choengchan "PARALLEL CROSS INJECTION ANALYSIS SYSTEM FOR DETERMINATION OF ALBUMIN TO CREATININE RATIO IN URINE" Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings, 2011, Srinakarinwirote University, Bangkok, Thailand

11. B. Poontong, N. Maneerat and N. Choengchan, "MEMBRANELESS GAS-DIFFUSION UNIT WITH FLOW-BASED TECHNIQUE FOR DETERMINATION OF ACETALDEHYDE" Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings, 2012, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

12. S. Phanrudee, N. Choengchan, and P. Charoenying "METHOD DEVELOPMENT FOR EVALUATION OF TOTAL ANTI-OXIDANT CAPACITY OF Tagetes erecta Linn. FLOWEREXTRACT" Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) proceedings, 2012, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. A. Mathaweesansurn, N. Maneerat and N. Choengchan, "A MOBILE PHONE-BASED ANALYZER FOR QUANTITATIVE DETERMINATION OF URINARY ALBUMIN USING SELF-CALIBRATION APPROACH" Sensors and Actuators B, 242: 476–483 (impact factor = 4.582), 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T149115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้