

บทที่ 5

การสรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การสรุปผล อภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดทางเคมี คือกล่องวัดค่าแม่สีโดยเป็นเครื่องมือตรวจวัดที่สามารถใช้ในงานวิเคราะห์ร่วมกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือโดยมีการพัฒนาให้สามารถรองรับกับการใช้งานร่วมกับโทรศัพท์มือถือหลายยี่ห้อ หลายรุ่น และหลายขนาดสามารถยึดจับมือถือในด้านกว้าง (แนวขวาง) ได้กว้างสุด 30 เซนติเมตร และตามยาว(แนวตั้ง) ได้ยาวสุด 21 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่สูงสุด 630 เซนติเมตร และได้มีการทดสอบการยึดจับโทรศัพท์มือถือตัวอย่าง 7 เครื่อง โดยพบว่าสามารถยึดจับกับโทรศัพท์กับโทรศัพท์มือถือได้ทั้ง 7 เครื่อง จากนั้นทำการทดสอบวัดค่าแม่สีของสารละลายของโทรศัพท์ทั้ง 7 เครื่องดังกล่าว โดยนำค่าแม่สี RGB-based vale (แกน x) กับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสี(แกน y) มาสร้างกราฟเส้นตรง จากการทดสอบความเป็นเส้นตรงในการวัดค่าแม่สีพบว่าโทรศัพท์มือถือแต่ละเครื่องในการวัดความค่าแม่สีของสารละลายมาตรฐานสีโบรโมไทมอลบลูในละลายบัฟเฟอร์ pH 13 ทั้ง 4 ความเข้มข้น และได้สร้างกราฟมาตรฐานที่มีแนวโน้มเป็นกราฟเส้นตรง จึงสรุปได้ว่ากล่องวัดค่าแม่สีมีความสามารถในการตรวจวัดที่ดี ถึงแม้ความชันในแต่ละกราฟ อาจมีค่าความชันที่แตกต่างกัน แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาจากกล่องวัดค่าแม่สี แต่เป็นผลมาจากความแตกต่างของกล่องโทรศัพท์มือถือแต่ละเครื่อง

ผลการศึกษารอบกวนของค่าแม่สีในแต่ละสถานะแสง เมื่อคำนวณหาค่า %RSD ของทั้ง 3 แม่สีพบว่าค่าต่ำกว่า 1.0% แสดงถึงการวัดค่าแม่สีในสถานะแสงที่แตกต่างกันก็ยังไม่ให้ผลการวัดค่าแม่สีได้ไม่แตกต่างกัน หรือมีความเที่ยงตรงในการวัดค่าแม่สี

จากนั้นได้นำกล่องตรวจวัดค่าแม่สีมาใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพของผลเชอร์รี่กาแฟ พบว่าให้ผลค่าแม่สี RGB ที่สอดคล้องกันกับการวัดค่าแม่สีด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปได้ จึงได้ใช้ตรวจสอบความสุกของผลเชอร์รี่กาแฟจากการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรพบว่า จากการวัดค่าสี RGB ของผลกาแฟสุก 10 ตัวอย่างจาก พบว่า ผ่านค่ามาตรฐาน 5 ตัวอย่างโดยเทียบร้อยละความคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐาน พบว่า R 11.7 %, G 7.9 % และ B 14.2 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสุกของผลกาแฟจากการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรไม่สม่ำเสมอซึ่งเป็นปัญหาจากการรูดกิ่ง

จากนั้นได้ตรวจสอบความสม่ำเสมอของการคว่ำกาแฟของผู้ประกอบการ โดยจากการวัดค่าแม่สี RGB ของเมล็ดกาแฟดิบ และคว่ำทั้งแบบคว่ำกลางและคว่ำเข้ม แบบไม่บด และบด โดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดสี จะเห็นได้ว่า กรณีเมล็ดดิบ และเมล็ดกาแฟคว่ำจะให้ค่าแม่สี R สูงกว่าแม่สีอื่น เนื่องจากสี

ของเมล็ดดิบมีสีเนื้ออ่อน และเมล็ดกาแฟคั่วมีสีน้ำตาล ซึ่งเป็นไปตามลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อคั่วกาแฟเข้มขึ้น ค่าแม่สี R จะค่อย ๆ ลดลงจนใกล้เคียงกับแม่สี G และ B เนื่องจากสีที่เข้มขึ้นของกาแฟจนเกือบเป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่า R, G และ B ที่ใกล้เคียงกันนั่นเอง ค่าแม่สีที่เหมาะสมคือ แม่สี R เนื่องจากให้การตอบสนองที่ชัดเจนที่สุด

จากข้อมูลตัวอย่างกาแฟส่วนใหญ่จากผู้ประกอบการร้านกาแฟที่วิเคราะห์ได้พบว่า กาแฟบดจากผู้ประกอบการร้านกาแฟในการคั่วกาแฟคั่วได้สม่ำเสมอ เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคั่วในแต่ละครั้ง และการใช้กล้องวัดสีจะให้ผลการตรวจสอบที่เที่ยงตรงกว่ากรณีไม่ใช้มากกว่า

กล้องตรวจวัดค่าแม่สีซึ่งถูกประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดความสุขของผลไม้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการสุกของผล สามารถใช้เป็นดัชนีชี้ให้ทราบถึงระยะการสุกได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของสีผลในระหว่างการสุกและการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญมาก โดยในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกล้วยและมะม่วงหาวมะนาวโห่

การตรวจวัดค่าแม่สีของกล้วยหอม ผลดิบจะให้ค่าแม่สี G สูงที่สุด ในขณะที่ผลท่มจากการใช้กล้องวัดสีจะให้ค่าแม่สี R และค่าแม่สี G ใกล้เคียงกัน ผลสุกและผลงอมจะให้ค่าแม่สี R สูงที่สุด ซึ่งเป็นไปตามลักษณะสีของกล้วย เมื่อระดับของกล้วยเข้มขึ้น ค่าแม่สี R ค่าแม่สี G และค่าแม่สี B จะค่อย ๆ ลดลง ระดับการสุกที่เหมาะสมกับการบริโภคมากที่สุดอยู่ในช่วงที่ 5-6

การตรวจวัดค่าแม่สีของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ค่าแม่สี RGB ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ระยะที่ 1 ถึง ระยะที่ 5 จะให้ค่าแม่สี R สูงที่สุด ค่าแม่สี G และค่าแม่สี B ลดลงตามลำดับ เนื่องจากผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสีเข้มขึ้นจนเป็นสีดำ ค่าแม่สี R จะค่อย ๆ ลดลงจนใกล้เคียงกับค่าแม่สี G และ B เป็นไปตามลักษณะสี RGB มาตรฐาน ซึ่งระดับความสุขที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุดอยู่ในระยะที่ 3

ในการไทเทรตเพื่อหาความเป็นกรดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอาศัยการไหล โดยประยุกต์ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดค่าแม่สี RGB เพื่อสังเกตการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ขณะทำการไทเทรต ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาการใช้กล้องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ร่วมกับแอปพลิเคชัน RGB color picker ในการไทเทรตปฏิกิริยากรด - เบส โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับ pH meter และได้ปรับกล้องตรวจวัดค่าแม่สีให้เหมาะสมสำหรับการไทเทรตแบบอาศัยการไหลขึ้น เพื่อเพิ่มความสะดวก ลดระยะเวลาในการทำงาน โดยภายในใช้โฟลเซลล์ ทำจากแก้ว รูปทรงกระเปาะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm สำหรับบรรจุสารละลาย ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการหกเลอะเทอะของสารขณะถ่ายเทได้ โดยมีลักษณะและหลักการวิเคราะห์คล้ายกับกล้องตรวจวัดแบบปกติ

จากการทดลองได้ศึกษาปัจจัยของอินดิเคเตอร์ที่มีผลต่อการอ่านค่าแม่สี RGB โดยใช้อินดิเคเตอร์ 3 ชนิด ได้แก่ Methyl red, Bromothymol blue และ Phenolphthalein ตามลำดับ

พบว่า อินดิเคเตอร์ทั้ง 3 ชนิด ให้ผลการวิเคราะห์ห่อออกมาใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ได้เลือกใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่าแม่สีที่จุดยุติชัดเจนกว่าอินดิเคเตอร์ชนิดอื่น และในการศึกษาหาความเข้มข้นของ NaOH พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.1 M เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยากับกรดในกาแฟแบบย้อนกลับ เนื่องจากผลที่ได้มีความสอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน เมื่อศึกษาสมรรถนะและความเที่ยงของระบบการไหล พบว่า มีค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวัดค่าแม่สี 3 ช่วงเวลา วัดซ้ำช่วงละ 11 ครั้ง ได้ %RSD ของแม่สี RGB น้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเที่ยงค่อนข้างสูง

ดังนั้นจึงได้นำวิธีการไทเทรตโดยอาศัยการไหลที่พัฒนาขึ้น มาประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณกรดในกาแฟทั้ง 3 แหล่งปลูก ได้แก่ ลาว แม่สลอง และดอยอินทนนท์ โดยคำนวณหาความเข้มข้นของกรดในรูปของ %w/v ได้ผลดังนี้ กาแฟดิบมีกรดอยู่ในช่วง 0.40 - 0.49 % w/v คั่วอ่อนมีกรดอยู่ในช่วง 0.43 - 0.83 % w/v คั่วกลางมีกรดอยู่ในช่วง 0.57 - 0.67 % w/v และ คั่วเข้มมีกรดอยู่ในช่วง 0.52 - 0.55 % w/v โดยจากการสังเกตแนวโน้มความเป็นกรดของกาแฟทั้ง 3 ระดับ พบว่า มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยกาแฟคั่วอ่อนจะมีความเป็นกรดมากกว่าคั่วกลางและคั่วเข้ม ในขณะที่กาแฟดิบมีค่าความเป็นกรดน้อยกว่ากาแฟคั่ว ซึ่งการวิเคราะห์ให้ผลไม่สอดคล้องกับทฤษฎีสาเหตุดังกล่าวมาจากขั้นตอนการบดกาแฟและความชื้นภายในเมล็ดกาแฟที่มากกว่า ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดของกาแฟดิบน้อยกว่ากาแฟระดับอื่น ๆ ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลที่ได้กับเครื่อง pH meter พบว่า ทั้งสองวิธีมีร้อยละความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 แสดงให้เห็นว่าชุดการวิเคราะห์การอาศัยระบบไหลที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูง สามารถนำมาประยุกต์ในใช้หาจุดยุติแทน pH meter ได้ อีกทั้งยังมีราคาถูกและสะดวกต่อการใช้งานอีกด้วย

นอกจากนี้ได้ประยุกต์ระบบดังกล่าวสำหรับวิเคราะห์หาความเป็นกรดในน้ำผลไม้ รวมถึงความเป็นด่างในตัวอย่งน้ำแร่ พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการตรวจวัดสัญญาณด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์อีกด้วย

ดังนั้นการออกแบบและประดิษฐ์กล่องวัดค่าสีที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันที่ดาวน์โหลดได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ซึ่งกล่องวัดค่าแม่สีดังกล่าวจะช่วยควบคุมสภาวะในการถ่ายภาพให้คงที่ สามารถใช้งานกับโทรศัพท์มือถือได้หลากหลายยี่ห้อ/รุ่น และหลายขนาด มีขนาดกะทัดรัดทนทาน ใช้งานได้สะดวก และมีค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์ไม่สูงนัก เมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่ราคาสูง โดยจากการวิเคราะห์ก็ยังคงให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน และสามารถใช้งานแทนกันได้ในการวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาผลของแสงรบกวนเพิ่มเติม โดยมีการกำหนดช่วงเวลาในการวัดค่าแม่สี ให้มีความถี่ของช่วงเวลามากขึ้น เพื่อกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการวิเคราะห์
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการวัดค่าแม่สี เช่น อุณหภูมิในการวิเคราะห์ ระยะเวลาในการวิเคราะห์
3. ควรมีการติดตั้งแบตเตอรี่สำรองภายในกล่องวัดค่าแม่สี เพื่อความต่อเนื่องในการวิเคราะห์ ในกรณีที่ไฟฟ้าเกิดขัดข้อง
4. ระบบการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหลควรมีการพัฒนาต่อเพื่อเพิ่มความอัตโนมัติของระบบให้สูงขึ้น
5. ควรมีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีความจำเพาะต่องาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความสะดวกในการปฏิบัติงาน