บทที่ 9
สรุปผลการวิจัย

9.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง การวัดค่าการดูดกลืนที่เกิดขึ้นของแป้งในช่วง NIR ด้วยการวัดแบบส่งผ่าน ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดคือ

1. ความเป็นเนื้อเดียวของตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลต่อการกระเจิงของแสงและการทะลุผ่านของแสง
2. ความหนาของตัวอย่าง (path length) มีผลต่อค่าการดูดกลืนที่เกิดขึ้น ในการวัดค่าการดูดกลืนของตัวอย่างในช่วงนี้ ตัวอย่างต้องมีความหนาเพียงพอในการเห็นค่าการดูดกลืนที่เกิดขึ้น
3. สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากส่วนรับสัญญาณ เช่น สัญญาณรบกวนและกระแสมืดของตัวตรวจจับแสง เป็นต้น

โดยการกรองที่ใช้ในการคำนวณค่าต่างๆในการทดลองนี้คือ Savitzky-Golay filter ซึ่งใช้ก่อนการคำนวณแบบจำลองสมการถดถอยหลายตัวแปรและแบบจำลอง PLS เพื่อทำการลดผลจากสัญญาณรบกวนและการกระเจิงแสงที่เกิดขึ้นในระหว่างการวัด รวมถึงใช้ในการวิเคราะห์อนุพันธ์อันดับสองของสเปกตรัมแสงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วย เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนของน้ำที่มีอยู่ในแป้ง เนื่องจากการดูดกลืนที่เกิดขึ้นในช่วง NIR เกิดขึ้นไม่ชัดเจน และเกิดการซ้อนทับจากองค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในเนื้อแป้ง ดังนั้น ค่าการดูดกลืนของน้ำที่เกิดขึ้นอาจเกิดการเลื่อนไปจากช่วงความยาวคลื่นที่คาดไว้ ด้วยแบบจำลอง PLS ทำให้สามารถเห็นภาพโดยรวมของสเปกตรัมการดูดกลืนชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นการแยกองค์ประกอบของข้อมูลในแต่ละมิติออกมาให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น

ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MLR และ PLS

5) แบบจำลอง MLR สามารถคำนวณได้ง่ายกว่าแบบจำลอง PLS แต่มีความไวต่อสัญญาณรบกวนสูง สังเกตได้จากสัมประสิทธิ์เชิงเส้นในรูปที่ 8.23 – 8.26 ดังนั้น ในการคำนวณจำเป็นต้องเลือกความยาวคลื่นเฉพาะเพื่อนำมาแปลผลข้อมูล
6) แบบจำลอง PLS สามารถแยกข้อมูลออกเป็นองค์ประกอบที่เป็นอิสระต่อกัน และสามารถนำไปวิเคราะห์รายละเอียดที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ เช่น การเขียนสเปกตรัมของเวกเตอร์ในแต่ละความยาวคลื่น ดังรูปที่ 8.31 – 8.34 เป็นต้น ในขณะที่ MLR ไม่สามารถแยกจุดเด่นของข้อมูลกับสัญญาณรบกวนที่มากับข้อมูลได้
7) แบบจำลอง PLS สามารถใช้ข้อมูลทุกจุดหรือบางจุดมาคำนวณ และสามารถหาจุดเด่นเฉพาะของข้อมูลได้ โดยการใช้องค์ประกอบที่แยกได้ในการหาจุดเด่นของข้อมูล แต่

แบบจำลอง MLR ไม่สามารถทำได้ถ้าข้อมูลมีความชัดเจนไม่พอ และไม่เหมาะกับการนำไปใช้หาจุดเด่นเฉพาะของข้อมูล จากตารางที่ 8.1 และ 8.2 ค่า R^2 ของแบบจำลอง PLS มีแนวโน้มสูงกว่า MLR รวมทั้ง SEC และ SEP ก็มีค่าน้อยกว่า นั่นคือ PLS จะมีความยืดหยุ่นกว่า และใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

แบบจำลองที่ได้จาก MLR หรือ PLS เมื่อเปรียบเทียบค่า SEC และ SEP แล้วต้องมีค่าน้อยที่สุด โดยทั่วไป จะต้องให้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่ง SEC และ SEP เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง โดยปกติ SEC จะมีค่าน้อยอยู่แล้ว เนื่องจากแบบจำลองนั้นสร้างจากกลุ่มสอบเทียบ จึงต้องเปรียบเทียบกับกลุ่มทำนาย เพื่อหาแบบจำลองที่ทำให้ SEP น้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้ค่าผิดพลาดนี้ก็มีผลมาจากแป้งแต่ละชนิดด้วย เนื่องจากสมบัติทางกายภาพและเคมีมีความแตกต่างกัน ทำให้ความผิดพลาดแตกต่างกันไป รวมถึงการหักเหแสงที่เกิดขึ้นด้วย

สมการทำนายที่ได้ ไม่จำเป็นต้องหาใหม่ทุกครั้งที่ทำการวัด เพียงแต่ในการสร้างแบบจำลอง ต้องทำการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมองค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในแป้ง โดยทั่วไปเมื่อผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่งต้องมีสอบเทียบเครื่องมือใหม่ ซึ่งเหมือนกับเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆ

สำหรับในงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้สมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยแบบจำลอง MLR ที่หาได้จากกลุ่มสอบเทียบดังนี้ ดังต่อไปนี้

สำหรับแป้งข้าวโพด

$$\hat{Y} = 44.8364 - 26.6238A_{860} + 61.5276A_{910} - 155.2166A_{920} + 139.0956A_{960} - 35.2149A_{1000}$$

สำหรับแป้งข้าวเหนียว

$$\hat{Y} = 5.9615 + 35.6157A_{860} - 50.3457A_{910} - 83.6903A_{920} + 164.4097A_{960} - 59.8013A_{1000}$$

สำหรับแป้งข้าวเจ้า

$$\hat{Y} = 10.3533 + 10.9587A_{860} + 54.8965A_{910} - 157.1018A_{920} + 142.8724A_{960} - 48.7857A_{1000}$$

สำหรับแป้งมันสำปะหลัง

$$\hat{Y} = 9.8463 + 29.3260A_{860} - 19.4499A_{910} - 89.4360A_{920} + 145.7590A_{960} - 61.0967A_{1000}$$

ส่วนสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยแบบจำลอง PLS นั้น ก็สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการดังนี้

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 A_{820} + \beta_2 A_{821} + \beta_3 A_{822} + \ldots$$

แต่เนื่องจาก มีสัมประสิทธิ์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots$ จำนวนมาก จึงไม่สะดวกที่จะเขียนออกมาเป็นสมการ ดังกรณีแบบจำลอง MLR อย่างไรก็ดี สัมประสิทธิ์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots$ สามารถหาได้จากรูปที่ 8.27-8.30 สำหรับแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ

9.2 ข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์การวัดที่ใช้ในการทดลองนี้นอกจากจะทำเพื่อใช้ในงานวิจัยแล้ว ยังแสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจจับแสง NIR ช่วงสั้น ถึงแม้จะไม่เห็นการดูดกลืนที่ชัดเจน แต่ก็สามารถนำมาแปลผลข้อมูลได้และลดต้นทุนด้านอุปกรณ์รับสัญญาณ เนื่องจากอุปกรณ์รับสัญญาณที่ใช้ในช่วงความยาวคลื่นที่ยาวกว่ามีราคาสูง และหาได้ลำบากในประเทศไทย นอกจากแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้แล้ว ยังมีรูปแบบการคำนวณอื่นอีกหลายวิธีซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่สนใจในการแปลความหมายข้อมูล ทั้งนี้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา เราสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ และมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้จริงได้ในอุตสาหกรรม โดยเพิ่มการวัดโปรตีนและไขมันที่มีอยู่ในตัวอย่างเพื่อกำหนดคุณภาพอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการวัดเมล็ดธัญพืชต่างๆได้ เนื่องจากการวัดเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่นั้นเป็นการวัดแบบส่งผ่าน และการบรรจุตัวอย่างเป็นไปได้ง่ายกว่า จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายๆด้านด้วยกัน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ข้อมูลงานวิจัยนี้น่าจะช่วยเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศต่อไป