บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องสถิติวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลสับปะรดมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อสับปะรดโดยไม่ต้องทำลายผลสับปะรดจากปริมาณการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นในช่วง NIR ได้ และหาความสัมพันธ์และความคลาดเคลื่อน ระหว่างปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลสับปะรดที่ได้จากสมการพยากรณ์จาก เอนไออาร์ สเปกโตรสโกปี กับปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลสับปะรด จากกรรมวิธีทางเคมี ตลอดจนสามารถนำสมการไปใช้ในวิธี เอนไออาร์ สเปกโตรสโกปี เพื่อคัดสับปะรดที่คุณภาพต่างๆ ได้ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้มาจากการศึกษางานวิจัยของนักศึกษาปริญญาเอก นางสาวศิรินนภา ศรัณย์วงศ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นข้อมูล ค่าการสะท้อนแสง (R_λ) นำมาแปลงเป็นค่าการดูดกลืน และค่าปริมาณน้ำตาล (TSS) จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่มโดยสุ่มด้วยโปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และนำเสนอค่าสถิติต่างๆ พร้อมทั้งสมการพยากรณ์ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะข้อมูลทั่วไปของปริมาณน้ำตาลและค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นต่างๆ

จากสับปะรด 60 ชิ้น พบว่าปริมาณน้ำตาล (TSS) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.60 $^{\circ}$Brix สูงสุดเท่ากับ 18.80 $^{\circ}$Brix มีค่าเฉลี่ย 12.90 $^{\circ}$Brix ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.58 ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ที่ความยาวคลื่น 815 นาโนเมตร ค่าเฉลี่ยของการดูดกลืนเท่ากับ-7.94 และเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็นความยาวคลื่นที่ 1000 นาโนเมตร ค่าเฉลี่ยของการดูดกลืนเท่ากับ –8.27 นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดูดกลืนจะมีค่าน้อยลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นได้ว่าการกระจายของค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงจะน้อยกว่าค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นต่ำ

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยการเลือกช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม ด้วยวิธี PCR

จากช่วงความยาวคลื่นที่เลือก (800 นาโนเมตร ถึง 1250 นาโนเมตร) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นช่วงที่พยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้ดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในช่วงความยาวคลื่นนี้สามารถสกัดปัจจัยได้ 8 ปัจจัย และสร้างคะแนนปัจจัยได้ 8 ปัจจัย

ได้สมการพยากรณ์คะแนนปัจจัยดังนี้

$fac1 = 0.011*Z_{800} + 0.011*Z_{805} + 0.011*Z_{810} + 0.011*Z_{815}+...+0.011*Z_{1250}$ .....(5.1)

$fac3 = 0.678*Z_{800} + 0.630*Z_{805} + 0.585*Z_{810} + 0.532*Z_{815}+...+0.178*Z_{1250}$ .....(5.2)

$fac4 = -3.244*Z_{800} - 2.657*Z_{805} -2.328*Z_{810} - 1.736*Z_{815}+... +1.071*Z_{1250}$ .....(5.3)

$fac6 = 0.271*Z_{800} + 0.272*Z_{805} - 0.567*Z_{810} + 0.324*Z_{815}+...+0.269*Z_{1250}$ .....(5.4)

$fac8 = 0.011*Z_{800} + 0.011*Z_{805} + 0.011*Z_{810} + 0.011*Z_{815}+...+0.011*Z_{1250}$ .....(5.5)

A_λ คือค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น λ

Z_i คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ i เมื่อ $i = A_{800}, A_{805}, \ldots A_{1250}$

นำไปวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธี Stepwise พบว่าตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้ดี คือ fac3, fac4, fac6, fac8 และ fac1 คูณ fac8 ได้สมการดังนี้

$TSS = 12.884 - 1.555*fac3 - 0.710*fac6 + 0.563*fac4 - 0.419*fac8-0.812*fac1fac8$.....(5.6)

โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.912 มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณ เท่ากับ 1.0456 ค่า PRESS เท่ากับ 154.02 แสดงว่าสมการนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้ออกมาใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลได้ถึง 91.2 %

นำสมการที่ได้นี้มาใช้กับข้อมูลชุดใหม่ซึ่งมีจำนวนตัวอย่าง 60 ตัวอย่าง ได้ค่าปริมาณน้ำตาลจากการพยากรณ์ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.998 ปริมาณน้ำตาลที่พยากรณ์ได้กับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้ทางกรรมวิธีทางเคมี มีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันข้างสูง ค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ครั้งนี้เท่ากับ 1.5965

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในช่วงต่างๆ ด้วยวิธี การถดถอยพหุคูณ

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยใช้ความยาวคลื่นต่างๆ เป็นตัวแปรอิสระ พบว่ามีค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 4 ค่า สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 800 , 820 , 950 และ 995 นาโนเมตร ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.935 และได้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณเท่ากับ 1.3534 มีค่า PRESS เท่ากับ 173.037 แสดงว่าสมการนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้ออกมาใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาล 93.5 %
โดยมีสมการ ดังนี้

$TSS = 12.838-84.120*d(A800) +76.164*d(A820) +41.705 *d(A950) -32.159*d(A995)$

.....(5.7)

เมื่อ $d(A_\lambda)$: ตัวแปรแทนผลต่างระหว่าง A_i-A_{i-1} ซึ่งเรียกว่า (First Differences)ของค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น λ

ค่าปริมาณน้ำตาลจากการพยากรณ์ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้จริงที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.991 ปริมาณน้ำตาลที่พยากรณ์ได้กับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้ทางกรรมวิธีทางเคมี มีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันในระดับค่อนข้างสูง ค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ครั้งนี้เท่ากับ 0.9985

5.2 อภิปรายผล

ผลการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ พบว่าสมการพยากรณ์ทั้งสองสมการ มีความสามารถในการพยากรณ์กลุ่มตัวอย่างใหม่ใกล้เคียงกัน แต่สมการ 5.6 มีกระบวนการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนกว่ารูปแบบของสมการจึงยากต่อการนำไปใช้ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่เกิดจากการพยากรณ์ของสมการ 5.6 มีมากกว่าสมการ 5.7 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCR ในครั้งนี้ได้เลือกช่วงความยาวคลื่นที่ยังไม่เหมาะสม โดยเลือกความยาวคลื่นในช่วง 800 ถึง 1250 นาโนเมตร แสดงว่าในช่วงความยาวคลื่นนี้ มีความยาวคลื่นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลรวมอยู่ด้วย จึงทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูง ถึง 1.5965 ส่วนสมการที่ 5.7 เป็นการเลือกใช้ความยาวคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลมากที่สุด โดยที่ขจัดความยาวคลื่นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลออกไป ทำให้ค่าปริมาณน้ำตาลที่ได้จากสมการนี้มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้จริงมากกว่า และมีรูปแบบสมการที่เข้าใจได้ง่าย ถ้าหากทราบค่าการสะท้อนแสงของตัวอย่าง จะสามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว ส่วนความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการสุ่มตัวอย่าง จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทำ calibration เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ดีพอ ที่จะนำไปประมาณกลุ่ม validation จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ หรือ การวัดค่าปริมาณน้ำตาลที่ได้ในงานวิจัยนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนทางกรรมวิธีทางเคมี ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการพยากรณ์เพื่อหาปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลสับปะรดเพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลที่วัดได้จริง กระบวนการทดลองในการวัดปริมาณการดูดกลืนของตัวอย่างที่นำมาหาสมการพยากรณ์กับตัวอย่างที่นำมาพยากรณ์ ไม่ควรมีความแตกต่างกัน และควรเลือกสับปะรดที่นำมาหาปริมาณน้ำตาลจากสมการพยากรณ์ให้มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือคิดว่ามีคุณภาพเหมือนกันกับสับปะรดที่นำมาใช้หาสมการ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในแผนการทดลอง

2. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ยังไม่มากพอ ควรเพิ่มตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น
3. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลจากเครื่อง เอนไอออาร์ สเปกโตรสโกปี มีจำกัด ดังนั้นข้อมูลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากกรรมวิธีทางเคมี จึงควรให้เวลาในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการนำไปพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำตาลต่อไป

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University