

รายงานฉบับสมบูรณ์

การวิจัย เรื่อง

การวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อแตงโมด้วยเทคนิคที่ไม่ทำลาย

ด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Evaluation of lycopene content in watermelon flesh by non-destructive
technique using near infrared spectroscopy



RCH
QH
898
.L9
ป 5470
ค. 1

ชื่อผู้วิจัย 1. นางสาว ปานมนัส ศิริสมบุญ

b. 18A00095
i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....121350
วัน, เดือน, ปี...3.0.ค. 2555

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปี 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์) และผู้ช่วยวิจัย (นายสฤกษ์ เชื้อชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท) ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนงบประมาณ ประจำปี 2554



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
ปกใน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แดงโม	6
2.2 ไลโคพีน (Lycopene)	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
3.1 การเตรียมผลแดงโมสำหรับการทดลอง	11
3.2 การตรวจวัดแบบไม่ทำลายผลแดงโม	11
3.3 การสกัดไลโคพีนออกจากแดงโมเพื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer	14
3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไลโคพีนในแดงโม	16
3.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดย SPSS	17
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIR กับข้อมูลอ้างอิงจาก Spectrophotometer	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปราย	20
4.1 ผลการทดลองปริมาณไลโคพีน	20
4.2 ความแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLS	22
4.3 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองที่ดีที่สุดในการทำนาย ค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมโดยใช้กลุ่มตัวอย่างใหม่	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	43
5.1 แบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีโดยตรงเป็นวิธีไม่ทำลาย	43
5.2 การประยุกต์แบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยใช้แตงโมจากห้างสรรพสินค้า	44
5.3 ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างแหล่งที่พบ Lycopene	1
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของแตงโม ต่อปริมาณ 100 กรัม	7
ตารางที่ 2.2 เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าผลผลิตที่เกษตรกรขายได้ ปี 2500 – 2552	8
ตารางที่ 2.3 ปริมาณของไลโคพีนที่พบในร่างกายมนุษย์	9
ตารางที่ 4.1 ค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในช่วงฤดูฝน ฤดู หนาวและฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ (21, 23, 25 และ 27 วันตามลำดับ)	21
ตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดู ฝนและฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอก บาน) ของกลุ่ม Calibration และ Prediction	21
ตารางที่ 4.3 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุ การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm	24
ตารางที่ 4.4 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุ การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm	25
ตารางที่ 4.5 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่ อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm	26
ตารางที่ 4.6 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่ อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm	27
ตารางที่ 4.7 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุ การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm	28
ตารางที่ 4.8 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุ การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm	29
ตารางที่ 4.9 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดู ฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอก บาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm	30

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้าที่

ตารางที่ 4.10 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm	31
ตารางที่ 4.11 ค่าทางสถิติของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อนและทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ของกลุ่ม Calibration และ ของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าของกลุ่ม Prediction	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้าที่
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ hydrogenated carotenoid derivatives	8
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินการทดลอง	12
ภาพที่ 3.2 FQA-NIR Gun	13
ภาพที่ 3.3 สแกนผลแดง โมด้วย FQA NIR Gun	14
ภาพที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับคลื่นที่ 503 นาโนเมตร (Absorbance) กับค่าความเข้มข้นของสารละลายไลโคพีน ที่ความเข้มข้นไลโคพีน 7 ระดับ (0.5-2 ppm)	17
ภาพที่ 4.1 ค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ (21, 23, 25 และ 27 วันตามลำดับ) ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ค่าเฉลี่ยแสดงถึงค่ามีความแตกต่างกันที่ ระดับความมั่นใจ 95%	20
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝนที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset กับค่าที่วัดจริง	33
ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาวที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)กับค่าที่วัดจริง	33
ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อนที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm กับค่าที่วัดจริง	34
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิมกับค่าที่วัดจริง	34
ภาพที่ 4.6 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)	35
ภาพที่ 4.7 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณ ไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)	36

ภาพที่ 4.8 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)	36
ภาพที่ 4.9 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)	37
ภาพที่ 4.10 X-loading weight plot ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset	38
ภาพที่ 4.11 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	39
ภาพที่ 4.12 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	39
ภาพที่ 4.13 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิม	40
ภาพที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) (แบบจำลองฤดูร้อน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 นาโนเมตรกับค่าที่วัดจริง	42
ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค <i>Partial Least Square</i> (PLS) (แบบจำลองทุกฤดู) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมแบบดั้งเดิมกับค่าที่วัดจริง	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ไลโคพีน (Lycopene) จัดเป็นสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ประเภทไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon) มีคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะคู่ 11 พันธะ มีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{56}$ ไลโคพีนเป็นรงควัตถุ (Pigment ที่มีผลึกเป็นสีแดง ซึ่งไลโคพีนมีสีแดงเนื่องจากโครงสร้าง) ของไลโคพีนมีการเชื่อมกันของโครงสร้างโพลีอิน[1]

เนื่องจากร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์(carotenoid)ขึ้นเองได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับจากการบริโภคเข้าไป ไลโคพีนมีอยู่ในพืชหลายชนิด เช่น ส้ม องุ่น เกรฟฟрут ฝรั่ง มะม่วง มะละกอ แดงโม พืช พลัม แครอท สตอเบอร์รี่

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างแหล่งที่พบ Lycopene [2, 3, 4]

ผลไม้	ปริมาณไลโคพีน ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักสด)
มะเขือเทศ (Fresh Tomato)	8.8-42
แดงโม (Water Melon)	23.0-72.0
ฝรั่ง (Guava)	54.0
ส้ม (Orange)	33.6
มะละกอ (Papaya)	20.0-53.0

ส่วนใหญ่แล้วไลโคพีนที่ได้จากธรรมชาติ นั้น พันธะคู่ทั้งหมดจะอยู่ในรูป trans แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมักจะพบไลโคพีนไอโซเมอร์ ในรูป cis 1.7-10.1 % ปะปนอยู่เสมอ

ไลโคพีน เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant) ที่สามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังได้หลายชนิด โดยเฉพาะโรคมะเร็งต่างๆ เนื่องจากไลโคพีนมีคุณสมบัติพิเศษในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Free radical) ในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระนั้นเป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งของการทำลายสายดีเอ็นเอและนำไปสู่การเกิดโรคมะเร็งในที่สุด ไลโคพีน มีสารที่มีฤทธิ์ที่ตีมากในการเป็น “แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant)” ในร่างกาย ช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันชนิด Low density lipoprotein (LDL) จึงสามารถป้องกันการเกิดโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis) ได้ สำหรับการศึกษานี้ในสัตว์ทดลองมีรายงานว่าไลโคพีนสามารถยับยั้ง การเกิดมะเร็งเต้านมและยับยั้งการเจริญแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเยื่อบุหลอดลม รวมทั้งมีผลยับยั้ง insulin-like growth factor-I ซึ่งเป็นตัวควบคุมการเจริญแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเต้านมและเยื่อบุหลอดลมดังกล่าว ดังนั้นไลโคพีนจึงเป็นสารที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างได้หลายชนิด รวมทั้งโรคมะเร็งต่างๆ ได้แก่ มะเร็งต่อมลูกหมาก (Prostate cancer), มะเร็งในระบบทางเดินอาหาร (Digestive tract cancer) มะเร็งถุงน้ำดี (Bladder cancer) มะเร็งผิวหนัง (Skin cancer) มะเร็งเต้านม (Breast cancer) มะเร็งปากมดลูก (Cervical cancer) โรคหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular disease)[5]

ส่วนวิธีการวิเคราะห์ปริมาณของไลโคพีนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี โดยวิธีนี้จะวิเคราะห์โดยการชั่งตัวอย่างแดงโม่บดละเอียดประมาณ 2 กรัม เติม Ethanol 25 ml, Acetone and 0.05% (w/v) butylated hydroxytoluene(BHT) 25 ml และ Hexane 50 ml ลงไปตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 10-15 นาที ที่อุณหภูมิ 5 °C เติมน้ำกลั่น 15 ml แล้วเขย่าต่ออีก 5 นาที ปล่อยให้ทิ้งไว้ 15 นาทีให้แยกชั้นแล้วแยกชั้นของ Hexane ที่อยู่บนสุดมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 472 นาโนเมตร [1] หรือที่ 503nm [6] โดยมี Hexane เป็นเบเลนซ์ และอีกวิธีหนึ่งคือ วิธีใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งวิธีนี้จะใช้อุปกรณ์และสารเคมีรวมกันกว่า 10 รายการ ส่วนขั้นตอนนั้นต้องมีการเตรียม mobile phase โดยใช้ acetonitrile, methanol และ 2-propanal ตามปริมาณที่ต้องการ ตามอัตราส่วน(44:54:2 v/v/v) แล้วกรองผ่านชุดกรองเชื้อโดยใช้กระดาษกรองไนลอน 0.45 ไมครอนและสารที่ใช้ในการเตรียม mobile phase ต้องเป็นเกรด HPLC เท่านั้นซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และในการเตรียมตัวอย่างก่อนที่จะฉีดเข้าคอลัมน์นั้นก็จะใช้ระยะเวลา และ มีขั้นตอนในการทำหลายขั้นตอน เริ่มจากชั่งตัวอย่างแดงโม่บดละเอียดประมาณ 0.2 กรัม เติมสารละลาย tetrahydrofuran : methanol (1:1 v/v) 40 มิลลิลิตร คนให้ทั่วแล้วทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาทีจากนั้นกรองผ่าน glass fiber filter GF/A ด้วย Vacuum pump เทสารละลาย tetrahydrofuran : methanol (1:1 v/v) 20 มิลลิลิตร ผ่าน glass fiber filter GF/A ที่มีกากของตัวอย่างติดอยู่ นำสารละลายที่กรองได้เทใส่กรวยแยก เติม petroleum ether (b.p. 40-60°C) 20 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 % 20 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้รอให้แยกชั้น จากนั้นแยกสารละลายชั้นบน (petroleum ether) มาเติมน้ำ 100 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้รอจนแยกชั้นอีกครั้ง จากนั้นจึงแยกของเหลวชั้นบน (petroleum ether) มาระเหยให้แห้งด้วย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 35°C จากนั้นละลายตัวอย่างที่ได้ด้วย hexane 4 มิลลิลิตร แล้วกรองตัวอย่างด้วย Millipore 0.45 ไมครอนจะจบกระบวนการเตรียมตัวอย่าง[1] เพื่อให้ได้ค่าของปริมาณไลโคพีนจะต้องนำ mobile phase และ สารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยเราจะใช้คอลัมน์ C₁₈ ส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดเครื่อง HPLC ในแต่ละครั้งนั้นก็จะใช้เวลาค่อนข้างมาก จะเห็นได้ว่ากระบวนการที่ได้กล่าวมาข้างต้นนอกจากจะลงทุนมาก ใช้เวลานาน มีอุปกรณ์และสารเคมีหลายชนิดต้องใช้ความชำนาญสูงแล้ว ยังเป็นการทำลายตัวอย่างอีกด้วย โครงการวิจัยนี้จึงเสนอการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคสมัยใหม่เช่นเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีในการวิเคราะห์ค่าปริมาณไลโคพีนสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการหรือในการวัดค่าไลโคพีนซึ่งเป็นสารเพื่อสุขภาพของแตงโมที่ผ่าขาย (แตงโมพร้อมบริโกลหรือ Fresh cut) ในห้างสรรพสินค้าซึ่งสามารถวัดโดยผู้บริโกลเองหรือผู้ขายโดยจะรู้ผลทันทีและเป็นวิธีไม่ทำลาย จะช่วยทำให้ห้องปฏิบัติการแผนกตรวจสอบคุณภาพของโรงงานแปรรูปแตงโมพร้อมบริโกลหรือแผนกขายในห้างสรรพสินค้าสามารถวิเคราะห์ค่าปริมาณค่าไลโคพีน สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดแรงงานและเวลาน้อยซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนในการแม่นยำไม่ต้องใช้กรรมวิธีทางเคมีขณะวัด ใช้ (นาที่ 2 ผลิต ทำให้สามารถรายงานให้ฝ่ายผลิตและฝ่ายขายสามารถประกันคุณภาพเนื้อแตงโมก่อนส่งขาย สามารถรักษาตลาดที่ต้องการเนื้อแตงโมที่มีคุณภาพสูงเช่นญี่ปุ่นและยุโรปไว้ได้ ทำให้สามารถโรงงานผู้ส่งออกและห้างสรรพสินค้าเพิ่มความมั่นใจให้ลูกค้าและสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้เพิ่มขึ้น แต่การนำเทคโนโลยีนี้มาใช้จำเป็นต้องมีการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนาย (Calibration model) ก่อนการนำไปใช้งาน ดังนั้นด้วยเหตุผลและความสำคัญดังที่กล่าวมาจึงขอเสนอ โครงการวิจัยเพื่อของบประมาณเพื่อการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนในเนื้อแตงโมด้วยเทคนิคที่ไม่ทำลายด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนของเนื้อแตงโมโดยตรงเป็นวิธีไม่ทำลายซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์แทนวิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม) วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี(

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ ปริมาณไลโคพีน ของเนื้อแตงโมโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลาย โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1.2.3 เพื่อประยุกต์แบบจำลองที่ได้ใน 1.2.1 ใช้จริงในโรงงานผู้ส่งออกและห้างสรรพสินค้าเพื่อลดเวลาและแรงงานในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อแตงโมซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนในการผลิตและเพื่อสนับสนุนให้คนบริโภคแตงโมมากขึ้นเนื่องจากรู้คุณภาพแต่เริ่มต้น

1.2.4 เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในการประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเพื่อการปริมาณไลโคพีน ของเนื้อแตงโมและเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับผักผลไม้ชนิดต่อไป

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนที่มีในเนื้อแดงโมที่ไ้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ กับสเปกตรัมการดูดกลืนคลื่น NIR ของผลแดงโมที่ไ้จากการวัด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การศึกษาปริมาณไลโคพีนที่มีในเนื้อแดงโมพันธุ์กินรีที่ระยะการเก็บเกี่ยว 4 ช่วงอายุ คือ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบานครอบคลุมทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน

1.4.2 ตรวจสอบปริมาณโดยใช้คุณสมบัติเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยเครื่อง NIR Spectrophotometer การทำงานแบบ interactance ของคลื่นที่มีช่วงคลื่น 600-1,100 nm

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไลโคพีน และกระบวนการสกัดไลโคพีนออกจากเนื้อแดงโม

1.5.2 หาแหล่งเพาะปลูกแดงโมเพื่อติดต่อขอซื้อตัวอย่างการทดลอง

1.5.3 ทดสอบครั้งที่ 1 โดยใช้แดงโมที่เพาะปลูกในฤดูฝน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบานตามลำดับ โดยช่วงอายุที่ วันหลังดอกบานเป็นอายุเก็บเกี่ยวทาง 25 มช่วงละการค้า โดยในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยวจะใช้แดงโม 20 ตัวอย่าง รวมเป็นทั้งหมด 80 ตัวอย่าง เก็บข้อมูลสเปกตรัมที่ช่วงคลื่น 1100-600 nm (Optical data (และ วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน ของเนื้อแดงโม โดยตรงด้วยวิธีของห้องปฏิบัติการทั่วไป (วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี)

1.5.4 ทดสอบครั้งที่ 2 โดยใช้แดงโมที่เพาะปลูกในฤดูหนาว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบานตามลำดับ โดยช่วงอายุที่ วันหลังดอกบานเป็นอายุเก็บเกี่ยวทาง 25 การค้า โดยในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยวจะใช้แดงโมช่วงละ 20 ตัวอย่าง รวมเป็นทั้งหมด 80 ตัวอย่าง เก็บข้อมูลสเปกตรัมที่ช่วงคลื่น 1100-600 nm (Optical data และ วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน (ของเนื้อแดงโม โดยตรงด้วยวิธีของห้องปฏิบัติการทั่วไป (วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี)

1.5.5 ทดสอบครั้งที่ 3 โดยใช้แดงโมที่เพาะปลูกในฤดูร้อน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบานตามลำดับ โดยช่วงอายุที่ วันหลังดอกบานเป็นอายุเก็บเกี่ยวทาง 25 การค้า โดยในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยวจะใช้แดงโมช่วงละ 20 ตัวอย่าง รวมเป็นทั้งหมด 80 ตัวอย่าง เก็บข้อมูลสเปกตรัมที่ช่วงคลื่น 1100-600 nm (Optical data และ วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน (ของเนื้อแดงโม โดยตรงด้วยวิธีของห้องปฏิบัติการทั่วไป (วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.6 แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณไลโคปีน ของเนื้อแดงโม และ กับ Optical data โดยวิธีทาง Chemometric แบบ Partial least square regression

1.5.7 ทดสอบแบบจำลองเพื่อใช้ทำนาย ปริมาณไลโคปีน ของเนื้อแดง โมของตัวอย่างที่เป็น Unknown

1.5.8 ประยุกต์ใช้วิธีการใน โรงงานแปรรูปแดงโมพร้อมบริโภครหรือแผนกขายในห้างสรรพสินค้า

1.5.9 สรุปผล และ เขียนรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.6.1 ได้แบบจำลองและเทคนิคทาง NIRS ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนของเนื้อแดงโมพันธุ์กึ่งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างครอบคลุมทุกฤดูโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลาย โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1.6.2 สามารถประยุกต์แบบจำลองที่ได้ใน ใช้จริงในห้องปฏิบัติการแผนกตรวจสอบคุณภาพของ 1 โรงงานแปรรูปแดงโมพร้อมบริโภครหรือแผนกขายในห้างสรรพสินค้าเพื่อลดเวลา การใช้สารเคมี และ แรงงานในการตรวจสอบซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนในการผลิต

1.6.3 ได้องค์ความรู้ใหม่ในการประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี เพื่อการตรวจวัดปริมาณไลโคปีนของเนื้อแดงโม และสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปริมาณ ไลโคปีนในผักผลไม้ อื่นอีกด้วย

1.6.4 สามารถเพิ่มศักยภาพของการปรับปรุงและประกันคุณภาพของการผลิตเนื้อแดง โมพร้อมบริโภคร ทั้งเพื่อการส่งออกและบริโภครภายในประเทศได้ ทำให้โรงงานแปรรูปแดงโมพร้อมบริโภครหรือแผนกขาย ในห้างสรรพสินค้าสามารถมั่นใจในคุณภาพของวัตถุดิบ

1.6.5 ผลงานสามารถจดสิทธิบัตร และเผยแพร่ในวารสารระดับชาติและระดับนานาชาติได้

บทที่ 2

วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แดงโม

แดงโมเป็นชื่อภาษาไทยที่ใช้เรียกกัน โดยทั่วไป แต่ในบางท้องถิ่นจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น แดงโมน้อย แดงจิน หมากโม แดงอุลิต ผลอุลิต มะเต้า อุลัก แต่เต้าสำ ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ Watermelon ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrullus vulgaris* Schard อยู่ในวงศ์ CUCURBITACEAE [7]

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [8]

ลำต้น เป็นไม้เถาเลื้อยลูกที่ลำต้นเลื้อยทอดไปตามพื้นดิน ลำต้นมีมือเกาะออกตามข้อสำหรับยึดลำต้น ใบ ใบเดี่ยวออกตามข้อใบมีสีเขียวยาว 8-12 นิ้ว หรืออาจจะยาวและสั้นกว่านี้ก็มี ตามใบอาจมีลายสีขาวประทั่วโคนใบกว้างปลายใบแหลมเล็ก ขอบใบเว้าลึก ความกว้างใบจะน้อยกว่าความยาว

ดอก ดอกเดี่ยวออกตรงส่วนข้อของเถา ดอกสีเหลืองขนาดเท่ากับหัวแม่มือ เป็นดอกแยกเพศผู้และเพศเมียภายในต้นเดียวกัน

ผล ผลกลมเปลือกแข็งสีเขียวเข้มบางชนิดเปลือกเป็นลาย ผลอ่อนเนื้อในเป็นสีขาวเมื่อแก่ผลโตเนื้อในจะมี สีแดงหรือสีเหลืองมีรสหวานภายในมีเมล็ดแบนๆ รูปหยดน้ำ เมื่ออ่อนสีขาวพอกแก่กลายเป็นสีน้ำตาลอมดำเปลือกแข็ง

2.1.2 พันธุ์แดงโม

แดงโมแบ่งเป็นหลายสายพันธุ์ แต่โดยทั่วไปแล้วพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยนั้นมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เบา หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ พันธุ์ซูการ์เบบี ผลมีลักษณะกลมสีเขียวคล้ำ อายุเก็บเกี่ยว 65 วัน นับจากวันงอก อีกพันธุ์หนึ่ง ได้แก่ พันธุ์หนัก คือ พันธุ์ชาร์ลสตันเกรย์ ผลมีลักษณะสีเขียวอ่อน มีลายที่ผิวผล ผลกลมยาวขนาดใหญ่ อายุเก็บเกี่ยว 85 วัน นับจากวันงอก นอกจากนี้ยังมีพันธุ์แดงโมเหลือง เป็นพันธุ์ลูกผสม เนื้อสีเหลือง ผลรูปร่างกลมสีเขียวอ่อนลายเขียวเข้ม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 70-75 วัน [9]

2.1.3 ประโยชน์ของแดงโม [10]

เกือบทุกส่วนของแดงโมนั้นมีสรรพคุณทางยามากมาย ใบแดงโม นำมาต้มชงเป็นยาลดไข้ ผลแดงโม เอาส่วนที่เป็นเนื้อขาวของเปลือกแดงโมทิ้ง เอาเปลือกไปต้มน้ำให้เดือดเติมน้ำตาลทรายลงไปพอให้หวานใช้ดื่มแทนน้ำ ทำให้รู้สึกชุ่มคอ ลดอาการคอแห้ง เจ็บคอ แก้กษะหายน้ำและขับปัสสาวะ เปลือกผลแดงโม หากเป็นแผลในปาก เอาเปลือกแดงโม ไปฝังไฟหรือไม้ก้ตากแห้ง บดให้เป็นผงนำมาทาบริเวณที่เป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผล หรือนำเปลือกแดงโมในจำนวนที่พอประมาณมาต้ม เอน้ำรับประทาน เป็นยาบรรเทาโรคเบาหวาน เมล็ดแดงโม เอามาทำให้ละเอียด เติมน้ำผึ้งและน้ำลงไปพอประมาณ ตุ่นประมาณครึ่งชั่วโมง รับประทานวันละครั้งประมาณ 3 วันติดต่อกัน แก้อาการท้องผูกในสตรีมีครรภ์ หรือสตรีประจำเดือนผิดปกติ ร้อนกระวนกระวาย ใช้เมล็ดแดงโมตากแห้ง บดให้เป็นผงผสมน้ำดื่มวันละ 2 ครั้ง เช้า เย็น นอกจากสรรพคุณทางยาต่างๆแล้ว แดงโมยังมีสารอาหารอีกมากมายดังแสดงในตารางที่ 2.1 อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [11] ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งให้เห็นว่าแนวโน้มของผลผลิตและมูลค่าผลผลิตใน 2 ปีหลังจากข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540–2552 มีค่าลดลงซึ่งทำให้น่าเป็นห่วงต่อผลที่จะกระทบต่อเกษตรกรผู้เพาะปลูกแดงโมในอนาคต

2.1.4 ถูปลูกของแดงโม[9]

เนื่องจากแดงโมจะขาดตลาดและมีราคาสูงในตอนกลางและปลายฤดูฝน เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวจะปลูกแดงโมได้ยากลำบาก เนื่องจากต้นแดงโม ไม่ชอบฝนชุกจะตายด้วยโรคเหี่ยวเป็นส่วนใหญ่ และเกิดโรคทางใบมาก ผลแดงโมจะเน่าง่ายอีกทั้งรสชาติจะไม่หวานจัดเหมือนแดงโมที่ปลูกในฤดูแล้งหรือในฤดูหนาว ฉะนั้นจึงควรเริ่มปลูกแดงโมตั้งแต่ต้นเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนมีนาคม และเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายในเดือนมิถุนายน ซึ่งยังเป็นต้นฤดูฝนอยู่ และมีผู้ต้องการบริโภคแดงโมกันมาก

2.2 ไลโคพีน (Lycopene) [5]

ไลโคพีน (Lycopene) จัดเป็นสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในร่างกายพบมากในผลไม้เนื้อสุก แดงโม และ พืชจำพวกส้ม มีลักษณะโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ชนิดไม่เป็นวง (acyclic carotenoid) ประกอบด้วยพันธะคู่ 11 ตำแหน่งปกติในธรรมชาติจะอยู่ในรูป trans-configuration แต่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็น cis-isomer ได้ นอกจากนี้ แคโรทีนอยด์ยังสามารถเกิดการรวมตัวกันเป็นวง (cyclization) ได้เป็นแอลฟาและเบต้าแคโรทีน (alpha และ beta-carotene) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ xanthophylls (Oxocarotenoids) ได้เช่นกัน

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของแดงโม ต่อปริมาณ 100 กรัม [10]

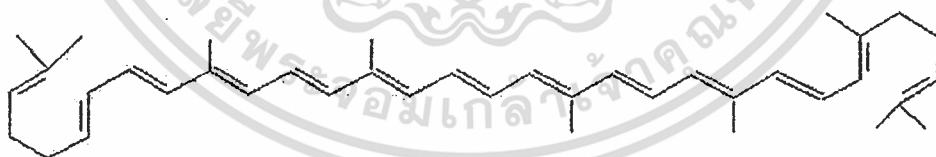
คุณค่าทางอาหารต่อปริมาณ 100 กรัม

โปรตีน 0.3 กรัม	เบต้าแคโรทีน 122 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต 1.3 กรัม	วิตามินบี1 0.16 มิลลิกรัม
เส้นใยอาหาร 0.1 กรัม	วิตามินบี2 0.04 มิลลิกรัม
แคลเซียม 3 กรัม	ไนอะซิน 0.1 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส 1 กรัม	วิตามินซี 49 มิลลิกรัม
เหล็ก 0.2 กรัม	

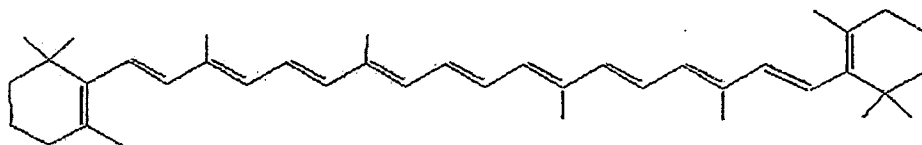
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าผลผลิตที่เกษตรกรขายได้ปี 2540 – 2552 [11]

ปี	เนื้อที่ ยี่นต้น (ไร่)	เนื้อที่ ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		ราคา (บาท /กก.)	มูลค่า ผลผลิต (ล้านบาท)
				/ปลูก	/เก็บ		
2540	210,484	203,800	645,333	3,066	3,167	6.12	3,949.438
2541	258,027	214,259	637,409	2,470	2,975	5.55	3,537.620
2542	129,948	121,305	356,388	2,743	2,938	5.83	2,077.742
2543	35,791	34,826	38,615	1,079	1,109	4.01	154.846
2544	165,784	151,443	462,781	2,791	3,056	3.69	1,707.662
2545	182,630	175,557	523,461	2,866	2,982	3.23	1,690.779
2546	443,382	117,335	360,527	813	3,073	6.00	2,163.162
2547	439,672	141,674	446,813	1,016	3,154	5.11	2,283.214
2548	267,016	252,917	648,343	2,428	2,563	5.44	3,525.513
2549	329,414	302,738	790,559	2,400	2,611	5.25	4,147.761
2550	399,290	353,052	829,885	2,078	2,351	5.00	4,149.425
2551	324,563	307,317	671,440	2,069	2,185	5.34	3,585.487
2552	283,053	262,849	580,188	2,050	2,207	5.47	3,173.627



Lycopene



β -carotene

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ hydrogenated carotenoid derivatives [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การดูดซึม การเปลี่ยนแปลง และการกระจาย ของไลโคปีน (Lycopene) ในร่างกายมนุษย์

โดยปกติแล้วการดูดซึม (Uptake) ของไลโคปีนขึ้นกับหลายปัจจัย ซึ่งไลโคปีนที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้ความร้อน (heat processed-lycopene) จะถูกดูดซึมได้ดีกว่าไลโคปีนในธรรมชาติ เนื่องจาก cis-isomer ถูกดูดซึมได้ดีกว่า all trans-form และ cis-isomer สามารถละลายและรวมตัวกับกรดน้ำดี (bile acid micells) ได้ดีกว่า all trans-form ซึ่งไลโคปีนพบ กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์ จะพบได้มากที่สุดในการเสเลือดและอาจพบที่บริเวณอื่นด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.3 เช่น อัณฑะ ต่อมหมวกไต ตับ ต่อมลูกหมาก เต้านม ตับอ่อน และผิวหนัง

ตารางที่ 2.3 ปริมาณของไลโคปีนที่พบในร่างกายมนุษย์ [5]

เนื้อเยื่อต่างๆ	ปริมาณไลโคปีน นาโนโมล/กรัม(น้ำหนักสด)
เนื้อเยื่อสะสมไขมัน (Adipose)	0.2 - 1.3
ต่อมหมวกไต (Adrenal)	1.9 - 21.6
เต้านม (Breast)	0.8
ลำไส้ (Colon)	0.3
ตับ (Liver)	1.3 - 5.7
ปอด (Lung)	0.2 - 0.6
รังไข่ (Ovary)	0.3
ต่อมลูกหมาก (Prostate)	0.8
ผิวหนัง (skin)	0.4
กระเพาะอาหาร (Stomach)	0.2
ลูกอัณฑะ (Testis)	4.3 - 21.4

2.2.2 ผลของไลโคปีนต่อสุขภาพ [5]

ไลโคปีน เป็นสารที่สามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังได้หลายชนิด โดยเฉพาะโรคมะเร็งต่างๆ เนื่องจากไลโคปีนมีคุณสมบัติพิเศษในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Free radical) ในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระนั้นเป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งของการทำลายสายดีเอ็นเอและนำไปสู่การเกิดโรคมะเร็งในที่สุด หรือที่เรียกกันว่า เป็นสาร “แอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant)” นั่นเอง ไลโคปีน มีสารที่มีฤทธิ์ที่ดีมากในการเป็น “แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant)” ในร่างกาย ช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันชนิด Low density lipoprotein เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(LDL) จึงสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis) ได้ นอกจากนี้มีรายงานว่าการรับประทานมะเขือเทศหรือผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศเป็นประจำ จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก (Prostate cancer) ในผู้ชายได้ ถึง 21-35% แต่ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงกลไกสำคัญในการลดอัตราเสี่ยงดังกล่าว[5] สำหรับการศึกษาในสัตว์ทดลองมีรายงานว่าไลโคปีนสามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งเต้านมและยับยั้งการเจริญแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเยื่อบุมดลูก รวมทั้งมีผลยับยั้ง insulin-like growth factor-I ซึ่งเป็นตัวควบคุมการเจริญแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเต้านมและเยื่อบุมดลูกดังกล่าว ดังนั้นไลโคปีนจึงเป็นสารที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างได้หลายชนิด รวมทั้งโรคมะเร็งต่างๆ ได้แก่ มะเร็งต่อมลูกหมาก (Prostate cancer) มะเร็งในระบบทางเดินอาหาร (Digestive tract cancer) มะเร็งถุงน้ำดี (Bladder cancer) มะเร็งผิวหนัง (Skin cancer) มะเร็งเต้านม (Breast cancer) มะเร็งปากมดลูก (Cervical cancer) โรคหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular disease)

นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายอันเนื่องมาจากออกซิเจนและอนุมูลอิสระ มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วของการเกิดความแก่ (Aging process) และ โรคเรื้อรังต่างๆ ในการพยายามชะลอความแก่และลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ไลโคปีนช่วยในการป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็ง ชะลอความแก่ และป้องกันความผิดปกติของผิวหนังอันเนื่องมาจากแสงแดด เพราะนอกจากไลโคปีนเป็นสารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว ยังช่วยเพิ่มการสื่อสารระหว่างเซลล์ มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ เพิ่มการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกาย และ เพิ่มภูมิคุ้มกันด้วย ไลโคปีนน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพราะไลโคปีนเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงหาซื้อมารับประทานได้ง่ายและราคาไม่แพง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมผลแดงโมสำหรับการทดลอง

แดงโมพันธุ์กินรีจากสวนแดงโม อำเภอ พัง โคน จังหวัด สกลนคร โดยทำการสุ่มต้นแดงโมที่กำลังออกดอก จากนั้นรอวันที่ดอกบานนำป้ายพลาสติกผูกติดกับหลักไม้แล้วนำไปปักไว้กับดินข้างๆช่อดอก พร้อมเขียนระบุวันที่ดอกบานรวมทั้งหมด 80 ช่อ แล้วปล่อยให้ผลแดงโมเจริญเติบโต ซึ่งในกระบวนการทั้งหมดในช่วงต้น นั้นจะทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง คือ ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน รวมทั้งหมดแล้วจะได้ผลแดงโมที่จะนำมาทำการทดลอง 240 ผล อุปกรณ์ในการทดลอง ได้แก่ ไม้กลวงใช้สำหรับเป็นหลัก ป้ายพลาสติกพร้อมเชือกสำหรับผูก ตะกร้า และก้อนสำหรับทุบหลัก

3.1.1 การเก็บเกี่ยวแดงโมที่อายุต่างๆ

สุ่มเก็บแดงโมจำนวน 20 ผล 4 ครั้ง และ 3 ฤดู เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้
ฤดูฝน เมื่อผลแดงโมครบ 21 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูฝน เมื่อผลแดงโมครบ 23 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูฝน เมื่อผลแดงโมครบ 25 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูฝน เมื่อผลแดงโมครบ 27 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูหนาว เมื่อผลแดงโมครบ 21 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูหนาว เมื่อผลแดงโมครบ 23 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูหนาว เมื่อผลแดงโมครบ 25 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูหนาว เมื่อผลแดงโมครบ 27 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูร้อน เมื่อผลแดงโมครบ 21 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูร้อน เมื่อผลแดงโมครบ 23 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูร้อน เมื่อผลแดงโมครบ 25 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล
ฤดูร้อน เมื่อผลแดงโมครบ 27 วัน หลังดอกบานให้สุ่มเก็บแดงโมรวมทั้งหมด 20 ผล

แผนผังแสดงการดำเนินการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.1

3.2 การตรวจวัดแบบไม่ทำลายผลแดงโม

3.2.1 อุปกรณ์การตรวจวัดแบบไม่ทำลายผลแดงโม

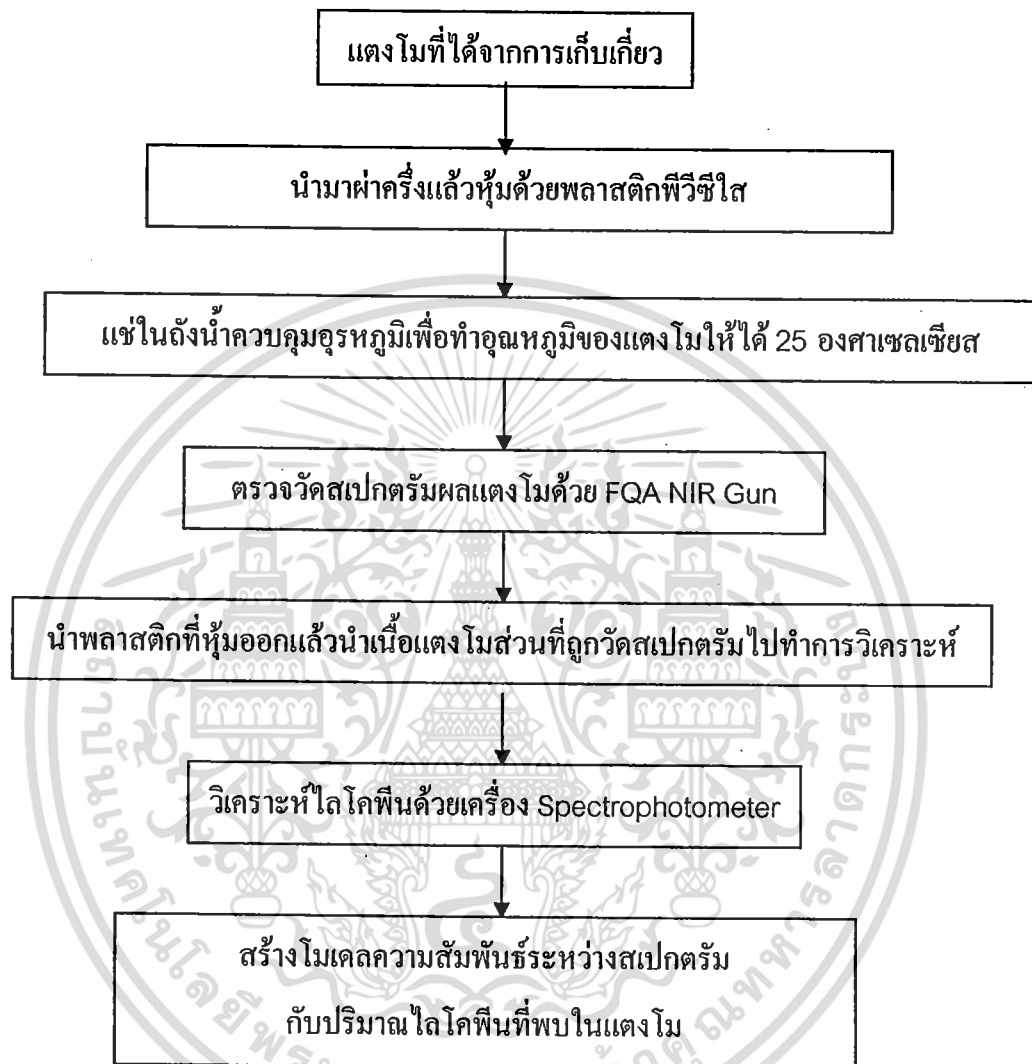
1. เครื่อง FQA-NIR Gun (Shizuoka Shibuya Seiki, Hamamatsu, Japan)

2. วัสดุอ้างอิง (Ceramic)

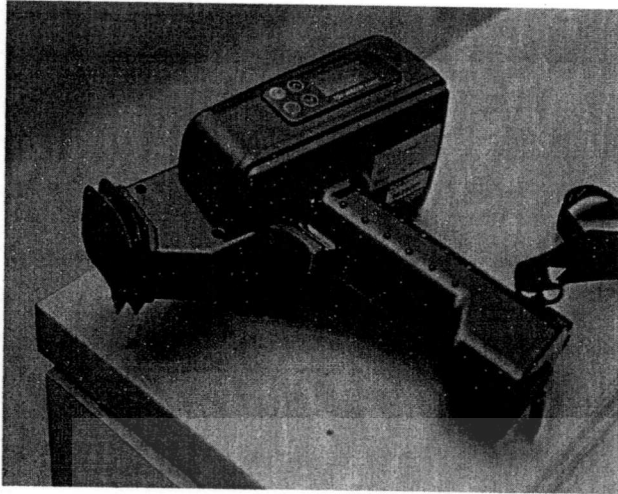
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พลาสติกพีวีซีใส หนา 11 μm

4. ปากกาคemie (Horse, Thailand)



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 3.2 FQA-NIR Gun

3.2.2 การตรวจวัดแบบไม่ทำลายด้วยเครื่อง FQA NIR Gun ของผลแดงโม

การดำเนินการทดลองเพื่อวัดค่าการดูดกลืนคลื่นของผลแดงโม โดยใช้เครื่อง FQA NIR Gun (ภาพที่ 3.2) ซึ่งมีลักษณะการวัดแบบ Interactance มีช่วงคลื่นระหว่าง 600-1100 nm เกิดการดูดซับที่ความถี่แบบ Overtone และ หรือ/Combination ที่ความยาวคลื่น 700-900 nm มีการสั่นสะเทือน (Bond vibration) ของพันธะ C-H แบบ (Stretching, third และ fourth overtone) และ first overtone ของ C=C แบบ stretching และ ที่ความยาวคลื่น 1097-1000nm มีการสั่นสะเทือนของพันธะ C-H แบบ bending และ แบบ stretching และทำการตรวจวัดที่ทุกๆ 2 นาโนเมตร

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำความสะอาดผลแดงโมโดยรอบด้วยกระดาษชำระ
2. วางแดงโมไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง
3. ผ่าแดงโมออกเป็น 2 ซีก แล้วนำพลาสติกใส่หุ้มบริเวณที่เป็นเนื้อของแดงโม
4. กำหนดตำแหน่งที่ตรวจวัดบริเวณกึ่งกลางของส่วนที่ถูกหุ้มด้วยพลาสติกใส่ แล้วทำเครื่องหมายบอก จากตำแหน่งที่วัด
5. เริ่มการตรวจวัดทีละตำแหน่ง โดยตั้งค่าที่เครื่อง FQA NIR Gun ให้ทำการตรวจวัด 3 ครั้งต่อตำแหน่งเพื่อหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 3.3 สแกนผลแดงโมด้วย FQA NIR Gun

3.3 การสกัดไลโคพีนออกจากแดงโมเพื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.3.1 วัสดุ

1. เนื้อแดงโมบดละเอียด

3.3.2 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการสกัดไลโคพีน

1. มีด
2. เชียงพลาสติก
3. เครื่องปั่นผลไม้
4. ซ้อน
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า
6. ตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส
7. บีกเกอร์ขนาด 50,100 มิลลิลิตร
8. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. กระดาษฟอยล์
10. แท่งคนสาร
11. Magnetic stirrer

12. Pipette

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Plastic pipette
14. Cells Quartz
15. เครื่องSpectrophotometer
16. เครื่องดูดสาร
17. ขวดใส่สารละลาย
18. น้ำกลั่น
19. Ethanol เข้มข้น 90%
20. Acetone and 0.05% (w/v) butylated hydroxytoluene(BHT)
21. Hexane

3.3.3 วิธีการสกัดไลโคพีนจากแตงโม

3.3.3.1 เตรียมอุปกรณ์ โดยนำขวดรูปชมพู่มาหุ้มด้วยกระดาษฟอยด์

3.3.3.2 การเตรียมน้ำกลั่น

1. นำน้ำกลั่น ไปแช่ในตู้แช่เพื่อปรับอุณหภูมิให้ได้ 5 องศาเซลเซียส

3.3.3.2 การเตรียม Ethanol เข้มข้น 90% จาก Ethanol เข้มข้น 95% คำนวณได้จากสมการ

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$95x V_1 = 90x100$$

$$V_1 = 94.7$$

1. นำ Ethanol เข้มข้น 95% มา 94.7 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
3. ได้ Ethanol เข้มข้น 90% นำไปใช้ในการทดลอง

3.3.3.3 การเตรียม Acetone and 0.05% (w/v) butylated hydroxytoluene(BHT)

1. นำ Acetone มา 100 มิลลิลิตร
2. ชั่ง butylated hydroxytoluene(BHT) มา 0.05 กรัม แล้วใส่ลงใน Acetone ที่เตรียมไว้
3. คนจนกว่าสารจะละลาย แล้วนำไปใช้ในการทดลอง

3.3.3.4 ขั้นตอนการสกัดไลโคพีนจากแตงโม

1. ใช้มีดผ่าเอาเนื้อของแตงโมตรงส่วนที่ถูกวัดสเปกตรัมไปชั่ง 20 กรัม
2. แยกเมล็ดออกแล้วบดเนื้อแตงโมให้ละเอียดด้วยเครื่องบดผลไม้

3. ชั่งแต่งโอมบดละเอียด 2 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่หุ้มด้วยกระดาษฟอยล์
4. เติม Ethanol เข้มข้น 90% 25 มิลลิลิตร, Acetone and 0.05% (w/v) butylated hydroxytoluene(BHT) 25 มิลลิลิตร และ Hexane 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ
5. ปิดด้วยจุกยางแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส
6. เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าต่ออีก 5 นาที
7. ทิ้งไว้อีก 15 นาที เพื่อรอให้สารละลายแยกชั้น เมื่อแยกแล้วจะเห็นเป็น 3 ชั้น
8. ดูดสารละลายชั้นบนสุด(Hexane)ด้วยPipetteแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ จากนั้นนำสารละลายที่จากการสกัดไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปทันที

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีนในแตงโม

3.4.1 อุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีนในแตงโม

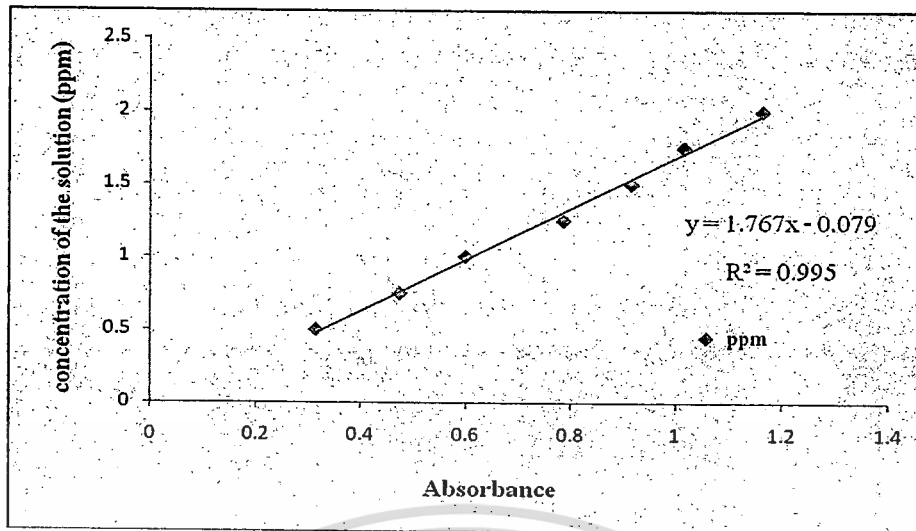
1. เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

3.4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีนในแตงโมโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

1. เตรียมสารละลายที่ได้จากการสกัดแตงโม (ขั้นตอนที่ 3.4.3.4) และสารละลายมาตรฐาน (Hexane) ใส่ใน Cells Quartz
2. เลือกความยาวคลื่นที่ 503 นาโนเมตร
3. วัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานและสารละลายที่ได้จากการสกัดแตงโมตามลำดับ
4. อ่านค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง
5. คำนวณค่าความเข้มข้นของไลโคปีนในสารละลายที่ได้จากการสกัดแตงโม

3.4.3 การสร้างสมการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จาก Spectrophotometer ระหว่างไลโคปีนบริสุทธิ์กับค่าที่ได้จากการสกัด

การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคปีนจะเริ่มจากการเตรียมสารละลายไลโคปีนบริสุทธิ์ให้ได้ความเข้มข้นที่ 1 ppm โดยจะใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย จากนั้นจะนำสารละลายที่ได้มาปรับความเข้มข้นให้มีค่าหลายระดับ เนื่องจากในการสร้างสมการเปรียบเทียบค่าจำเป็นต้องมีช่วงของข้อมูลที่มากพอสมควร เพื่อให้สมการที่ได้มีค่าน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยในการทดลองนี้ได้ทำที่ความเข้มข้น 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75 และ 2 ppm ตามลำดับ จากนั้นก็จะนำสารละลายที่ได้ทุกความเข้มข้นมาวัดค่าการดูดซับคลื่นที่ 503 นาโนเมตร โดยเครื่อง spectrophotometer ค่าที่ได้จากการวัดจะถูกนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับคลื่นที่ 503 นาโนเมตร (Absorbance) กับค่าความเข้มข้นของสารละลายไลโคปีน และหาสมการเพื่อนำไปใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้จากตัวอย่างแตงโม แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับคลื่นที่ 503 นาโนเมตร (Absorbance) กับค่าความเข้มข้นของสารละลายไลโคพีน ที่ความเข้มข้นไลโคพีน 7 ระดับ (0.5-2 ppm)

เมื่อได้สมการที่สามารถทำนายความเข้มข้นของปริมาณไลโคพีนดังภาพที่ 3.4 แล้ว นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากขั้นตอนที่ 3.4.2 มาแทนในสมการก็จะทำให้ทราบค่าความเข้มข้นของปริมาณไลโคพีนที่สกัดได้ในหน่วย ppm

3.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดย SPSS

ทำการจัดกลุ่มปริมาณไลโคพีนของแตงโมในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วย Spectrophotometer โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ $p \leq 0.05$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม VIS-NIR กับข้อมูลอ้างอิงจาก Spectrophotometer

3.6.1 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. ซอฟต์แวร์ The Unscrambler Version 9.8 (CAMO, Oslo, Norway)

3.6.2 การเตรียมข้อมูลก่อนการปรับแต่งสเปกตรัม

(ข้อมูลที่ได้จากการสแกนจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Unscrambler 9.8 software (Camo ASA, Oslo, Norway))

1. ค่าอ้างอิงของปริมาณไลโคพีนในแตงโมถูกกำจัดค่าที่ผิดปกติ (Outliner) ออก โดยสมการตรวจสอบค่าที่ผิดปกติ สมการที่ 3.1

$$\frac{x - \bar{x}}{SD} \geq 3 \quad (3.1)$$

121350

X คือ ค่าปริมาณไลโคพีน X คือ ค่าเฉลี่ย และ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สเปกตรัมของแสงโมแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวทั้งฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนถูกกำจัดสเปกตรัมที่ผิดปกติ ไม่เข้ากลุ่มออกด้วยการดูด้วยตาและวิธี PCA

3. ข้อมูลสเปกตรัมของแสงโมถูกรวมเข้ากับค่าปริมาณไลโคพีน เรียงตัวอย่างจากน้อยไปหามาก โดยจะทำการแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม Calibration และกลุ่ม Prediction โดยใช้อัตราส่วน 5:2

สเปกตรัมที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลแบ่งเป็น 2 ชุด คือ ช่วง 607–1,068 นาโนเมตร และช่วง 700–1,100 นาโนเมตร เนื่องจากช่วงหลังไม่รวมความยาวคลื่นเนื่องจากแสงที่ทำให้เกิดสี

3.6.3 การปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมก่อนการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองนั้นจะใช้ข้อมูลจากกลุ่ม Calibration ในการสร้างแบบจำลองจะใช้แบบจำลองที่ได้จากค่าสเปกตรัมเดิมและจากค่าสเปกตรัมที่ได้รับการปรับแต่งโดย วิธีดังนี้

1. Raw spectra
2. Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)
3. Baseline Offset
4. Standard Normal Variate (SNV)
5. Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm
6. Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm
7. Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm
8. Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm

3.6.4 การสร้างแบบจำลอง

หลังจากทำการปรับแต่งสเปกตรัมตามวิธีดังที่ได้กล่าวมาแล้วสร้างแบบจำลองที่ใช้เพื่อประเมินค่าปริมาณไลโคพีน ในแสงโม ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) โดยใช้ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 608-1180 nm เพราะช่วงอื่นมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อได้แบบจำลองแล้ว จะนำแบบจำลองที่ได้มาทำนายค่าปริมาณไลโคพีน ของแสงโม ของกลุ่มข้อมูลชุด Prediction หลังจากนั้นจึงนำผลการทำนายที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โมเดลของแต่ละองค์ประกอบถูกคัดเลือกบนพื้นฐานของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ที่สูงที่สุด ค่า Standard error of prediction (SEP) ที่ต่ำที่สุด ค่า bias ที่ต่ำที่สุด ค่า $|r|$ ระหว่าง 0.71-0.80 ใช้ได้สำหรับการคัดแยกอย่างหยาบ 0.81-0.90 ใช้ได้สำหรับการคัดแยกหรือการประมาณค่า ค่าอัตราส่วนระหว่างช่วงข้อมูลต่อ SEP (RER) ควรสูงเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ไม่แนะนำในการประมาณค่า 6-8 เหมาะสำหรับการคัดเลือกแบบหยาบๆ 9-11 เหมาะสำหรับการคัดเลือก 12-14 ดีต่อการควบคุมคุณภาพ 15-18 ดีมากในการควบคุมกระบวนการและค่าอัตราส่วนระหว่าง SD ต่อ SEP (RPD) ควรสูงกว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ถ้าค่า 2.5-2.9 พอใช้สำหรับการคัดเลือกแบบหยาบๆ 3.0-3.4 ดีต่อการควบคุมคุณภาพ 3.5-4.0 ดีมาก สำหรับการควบคุมกระบวนการ [7]

3.6.5 การพิสูจน์ความแม่นยำของแบบจำลองด้วยกลุ่มตัวอย่างใหม่

จากการทดลองข้างต้นทำให้ได้แบบจำลองการวิเคราะห์ค่าปริมาณไลโคพีน ของแตงโมที่ดีที่สุดของแต่ละฤดู ดังนั้นจึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างแตงโมที่จะมาเป็นชุดทำนายค่าความหวานจากห้างสรรพสินค้าจำนวน 15 ผล ซึ่งแตงโมที่ได้จากการสุ่มมานั้นเป็นแตงโมที่วางจำหน่ายในช่วงการเพาะปลูกของฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยว 25 วันหลังดอกบาน (อายุเก็บเกี่ยวทางการค้า) ดังนั้นจึงเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดที่เพาะปลูกในฤดูร้อนและทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) มาเพื่อใช้ในการทำนาย การปรับแต่งค่าสเปกตรัมของกลุ่มตัวอย่างใหม่จะต้องใช้วิธีเดียวกับที่ใช้ในการปรับแต่งสเปกตรัมของแบบจำลองที่ดีที่สุดที่ถูกเลือก



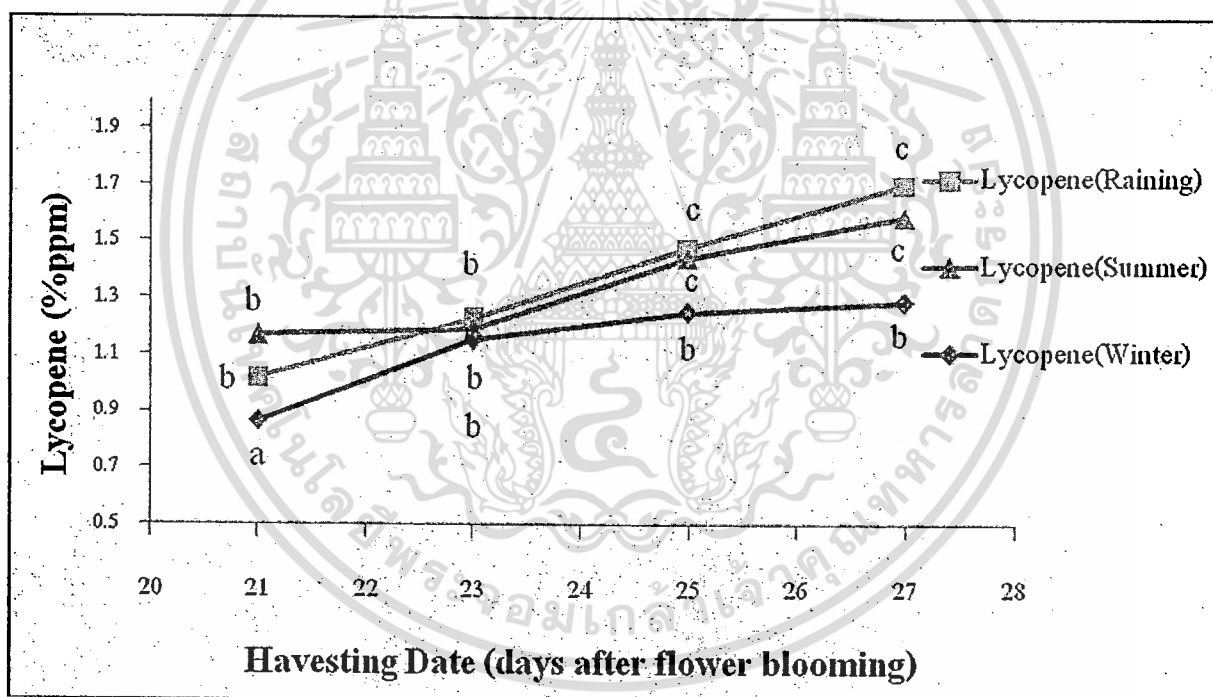
บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 ผลการทดลองปริมาณไลโคพีน

ค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนกันยายน-ตุลาคม) ในฤดูหนาว (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) และในฤดูร้อน (ตั้งแต่เดือนมีนาคม-เมษายน) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ ได้ถูกวิเคราะห์และบันทึกผลเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองร่วมกับค่าที่วัดได้จากเครื่อง NIR-GUN และได้ทำการปรับแต่งข้อมูลด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด

ค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ ในช่วงการเพาะปลูกของฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ (21, 23, 25 และ 27 วันตามลำดับ) ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ค่าเฉลี่ยแสดงถึงค่ามีความแตกต่างกันที่ ระดับความมั่นใจ 95%

จากรูปแสดงให้เห็นว่าอายุที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณไลโคพีนในแตงโม ซึ่งเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นปริมาณไลโคพีนจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 4.1 ค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ (21, 23, 25 และ 27 วันตามลำดับ)

ช่วงการเพาะปลูก	อายุการเก็บเกี่ยว(วันหลังดอกบาน)			
	21 วัน	23 วัน	25 วัน	27 วัน
ฤดูฝน	1.0	1.2	1.5	1.7
ฤดูหนาว	0.9	1.2	1.3	1.3
ฤดูร้อน	1.2	1.2	1.4	1.6

ตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ของกลุ่ม Calibration และ Prediction

ช่วงการเพาะปลูก	Calibration					Prediction				
	Nc	Mean	max	min	SD	Np	Mean	max	min	SD
ฤดูฝน	86	1.4	4.3	0.7	0.5	33	1.4	2.6	0.8	0.4
ฤดูหนาว	86	1.1	1.9	0.2	0.3	33	1.2	1.7	0.5	0.3
ฤดูร้อน	86	1.3	2.5	0.9	0.3	34	1.3	2.1	0.9	0.3
ทุกฤดู	255	1.3	4.3	0.4	0.4	100	1.3	2.1	0.7	0.3

จากตารางที่ 4.2 แสดงถึงจำนวนตัวอย่าง (N) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (max) ค่าต่ำสุด (min) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ฤดูหนาว ฤดูร้อนและทุกฤดู ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ของกลุ่ม Calibration และ Prediction

4.2 ความแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLS

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.74% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.32% และค่า bias เท่ากับ 3.673E-08%

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมแบบดั้งเดิม ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.63% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.36% และค่า bias เท่ากับ 1.040E-08%

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.91% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.13% และค่า bias เท่ากับ 7.312E-08%

จากตารางที่ 4.6 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.87% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.15% และค่า bias เท่ากับ 3.154E-08%

จากตารางที่ 4.7 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.89% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.14% และค่า bias เท่ากับ 1.947E-08%

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.86% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.15% และค่า bias เท่ากับ -2.495E-08%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11029

างที่ 4.9 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมแบบดั้งเดิม ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.81% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.23% และค่า bias เท่ากับ -9.350E-10%

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลของ PLS regression ของค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดได้จากสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ มีค่า r เท่ากับ 0.81% ค่าผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.23% และค่า bias เท่ากับ -6.214E-08%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทำนายปริมาณ ไลโคพินของแดงโมพันธุถิ่นที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	4	0.75	0.31	-1.386E-09	0.84	0.20	-1.00	1.84	8.87
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	2	0.73	0.32	-3.535E-08	0.86	0.19	-0.07	1.96	9.48
Baseline Offset	2	0.74	0.32	3.673E-08	0.88	0.18	-0.07	2.02	9.74
Standard Normal Variate (SNV)	2	0.73	0.32	1.248E-08	0.86	0.19	-0.07	1.96	9.48
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	4	0.75	0.31	1.525E-08	0.87	0.19	-0.09	1.99	9.63
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	3	0.75	0.31	1.525E-08	0.86	0.19	-0.10	1.92	9.28
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	5	0.81	0.28	-7.208E-08	0.74	0.25	-0.10	1.46	7.06
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	3	0.71	0.33	1.386E-09	0.84	0.20	-0.06	1.82	8.78

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.4 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	3	0.63	0.36	1.04E-08	0.84	0.20	0.00	1.86	9.01
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	2	0.59	0.38	-7E-08	0.72	0.26	0.00	1.43	6.89
Baseline Offset	2	0.59	0.38	2.634E-08	0.79	0.23	0.01	1.63	7.86
Standard Normal Variate (SNV)	2	0.59	0.38	6.723E-08	0.72	0.26	0.00	1.42	6.87
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	3	0.65	0.36	6.238E-09	0.66	0.31	-0.04	1.20	5.82
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	3	0.64	0.36	-1.871E-08	0.64	0.31	-0.04	1.19	5.75
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	4	0.75	0.31	3.369E-08	0.76	0.25	-0.03	1.51	7.31
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	5	0.76	0.31	-4.158E-08	0.79	0.23	-0.06	1.60	7.72

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.5 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	4	0.90	0.13	5.649E-08	0.83	0.17	-0.05	1.70	6.93
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	2	0.91	0.13	7.312E-08	0.85	0.16	-0.05	1.85	7.56
Baseline Offset	3	0.91	0.30	2.391E-08	0.85	0.16	-0.05	1.82	7.42
Standard Normal Variate (SNV)	2	0.91	0.13	3.084E-08	0.85	0.15	-0.05	1.86	7.61
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	3	0.91	0.13	3.569E-08	0.85	0.16	-0.05	1.83	7.46
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	3	0.90	0.13	3.569E-08	0.83	0.17	-0.06	1.74	7.10
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	5	0.98	0.11	3.916E-08	0.84	0.16	-0.05	1.76	7.19
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	6	0.92	0.12	8.56E-08	0.83	0.17	-0.03	1.69	6.89

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.6 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	3	0.84	0.17	2.599E-08	0.71	0.21	-0.06	1.36	5.55
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	1	0.76	0.20	5.51E-08	0.61	0.25	-0.06	1.15	4.71
Baseline Offset	2	0.76	0.20	9.045E-08	0.58	0.26	-0.06	1.09	4.44
Standard Normal Variate (SNV)	8	0.89	0.14	-4.363E-07	0.81	0.17	-0.06	1.69	6.89
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	1	0.77	0.20	3.639E-08	0.62	0.25	-0.08	1.17	4.76
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	2	0.78	0.19	3.985E-08	0.63	0.24	-0.07	1.19	4.86
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	6	0.87	0.13	3.154E-08	0.82	0.17	-0.08	1.74	7.10
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	1	0.73	0.21	5.233E-08	0.61	0.24	-0.09	1.19	4.86

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.7 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	4	0.87	0.15	1.871E-08	0.86	0.11	0.00	2.69	11.04
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	2	0.86	0.16	-1.594E-08	0.90	0.14	-0.01	2.24	9.18
Baseline Offset	2	0.85	0.16	1.317E-08	0.91	0.13	-0.01	2.39	9.83
Standard Normal Variate (SNV)	2	0.86	0.16	-8.317E-09	0.90	0.14	-0.01	2.24	9.18
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	2	0.84	0.16	-7.624E-09	0.86	0.16	0.00	1.98	8.12
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	1	0.84	0.16	-1.04E-08	0.87	0.15	-0.01	2.00	8.22
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	6	0.90	0.13	1.802E-08	0.89	0.14	0.00	2.20	9.05
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	7	0.89	0.14	1.941E-08	0.92	0.12	0.00	2.51	10.31

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.8 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	12	0.92	0.12	5.125E-06	0.82	0.18	0.00	1.75	7.19
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	10	0.91	0.13	-2.736E-06	0.88	0.15	-0.02	2.06	8.44
Baseline Offset	10	0.91	0.13	-4.138E-07	0.89	0.14	0.01	2.14	8.80
Standard Normal Variate (SNV)	10	0.91	0.12	2.073E-06	0.89	0.14	-0.01	2.14	8.80
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	5	0.86	0.15	-2.495E-08	0.91	0.13	0.01	2.43	9.98
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	11	0.90	0.13	1.837E-07	0.88	0.15	0.02	2.08	8.56
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	9	0.92	0.12	8.317E-09	0.89	0.14	0.00	2.22	9.12
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	8	0.90	0.13	7.624E-08	0.91	0.13	0.00	2.34	9.60

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.9 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	4	0.81	0.23	-9.35E-10	0.88	0.15	0.03	2.11	9.61
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	2	0.79	0.24	-1.099E-08	0.87	0.15	0.03	2.04	9.30
Baseline Offset	2	0.79	0.24	-2.337E-08	0.85	0.17	0.04	1.81	8.26
Standard Normal Variate (SNV)	2	0.79	0.24	-1.449E-08	0.87	0.15	0.03	2.04	9.30
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	3	0.79	0.24	-4.909E-09	0.87	0.15	0.02	2.03	9.24
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	3	0.79	0.24	-7.246E-09	0.87	0.15	0.02	2.03	9.24
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	5	0.82	0.22	4.184E-08	0.88	0.15	0.01	2.04	9.30
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	7	0.83	0.22	-7.784E-08	0.83	0.18	0.01	1.73	7.89

หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

ตารางที่ 4.10 ผลการทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) โดยวิธี *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 700 – 1068 nm

Pretreatment	PC	Calibration			Prediction			RPD	RER
		r	SEC	Bias	r	SEP	Bias		
Raw spectra	9	0.78	0.24	-1.55E-06	0.68	0.24	0.01	1.28	5.84
Multiplicative Scatter Correction (Full MSC)	7	0.77	0.25	-1.179E-06	0.68	0.24	0.00	1.31	5.96
Baseline Offset	7	0.77	0.25	-1.994E-07	0.54	0.31	0.01	1.01	4.59
Standard Normal Variate (SNV)	7	0.78	0.24	6.239E-07	0.75	0.21	0.01	1.49	6.79
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 11 nm	7	0.78	0.24	-3.062E-08	0.67	0.25	0.01	1.25	5.67
Savitzky-Golay first differentiation ที่ derivative segment 21 nm	6	0.77	0.25	-8.088E-08	0.67	0.25	0.01	1.27	5.77
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 11 nm	7	0.81	0.23	-6.124E-08	0.79	0.20	0.00	1.58	7.21
Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm	6	0.79	0.24	1.87E-09	0.78	0.20	0.01	1.54	7.00

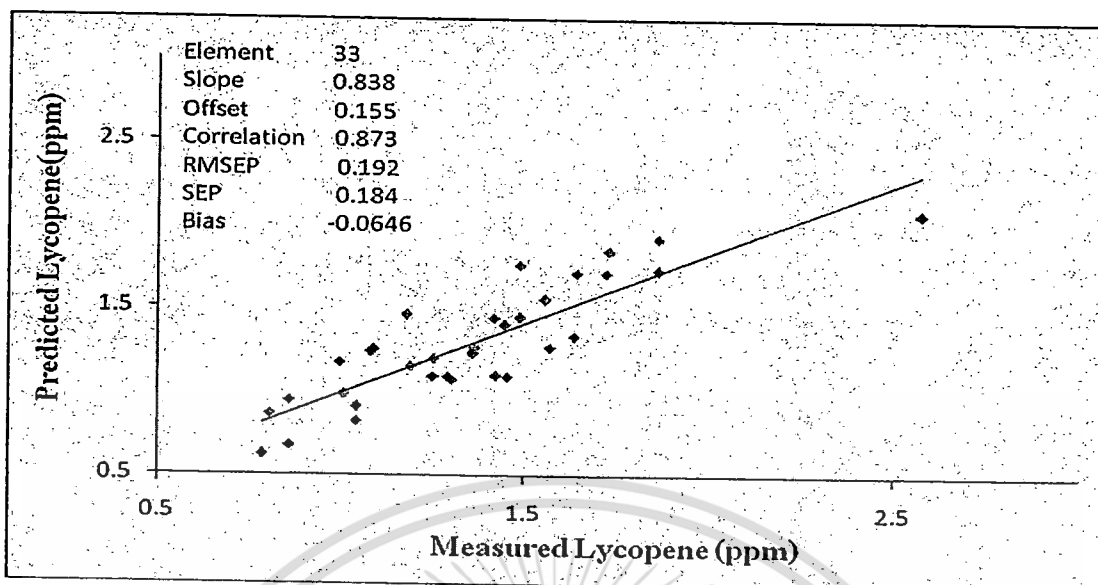
หมายเหตุ : PC = principle component, r = correlation, SEC = Standard error of Calibration, Bias = error, SEP = Standard error of Prediction, RPD = ratio of the SEP to the SD, RER = ratio of the SEP to the range, SD = standard deviation

จากภาพที่ 4.2 แสดงผลการทำนายค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.88 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.18ppm ค่า bias เท่ากับ -0.07ppm ค่า RER เท่ากับ 9.74 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.02 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้ [12]

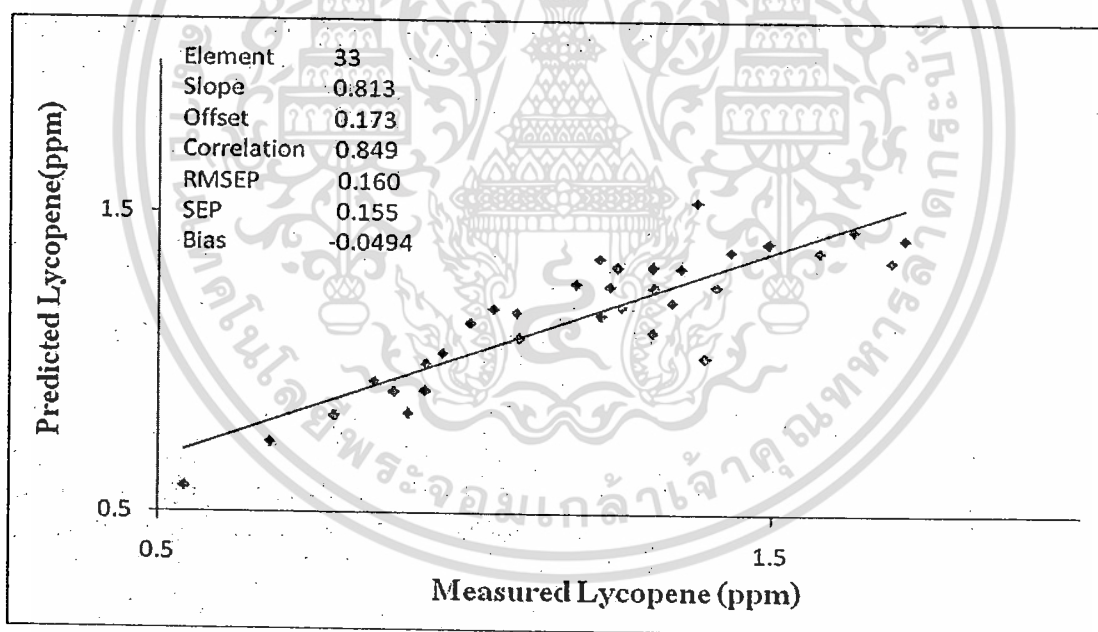
จากภาพที่ 4.3 แสดงผลการทำนายค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC) ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.85 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.16ppm ค่า bias เท่ากับ -0.05ppm ค่า RER เท่ากับ 7.56 และ ค่า RPD เท่ากับ 1.85 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้ [12]

จากภาพที่ 4.4 แสดงผลการทำนายค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.92 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.12ppm ค่า bias เท่ากับ 0.0002ppm ค่า RER เท่ากับ 10.31 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.51 หมายถึงใช้ด้วยความระมัดระวังในการประยุกต์ใช้ส่วนใหญ่รวมถึงการวิจัย [12]

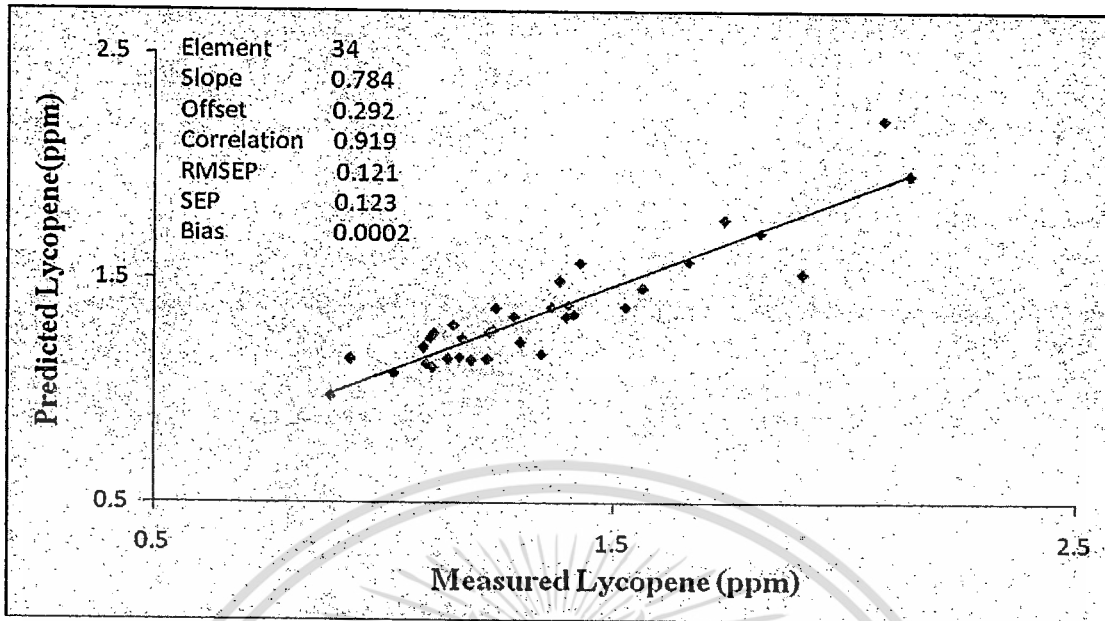
จากภาพที่ 4.5 แสดงผลการทำนายค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิม ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.88 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.15ppm ค่า bias เท่ากับ 0.03 ppm ค่า RER เท่ากับ 9.61 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.11 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้ [12]



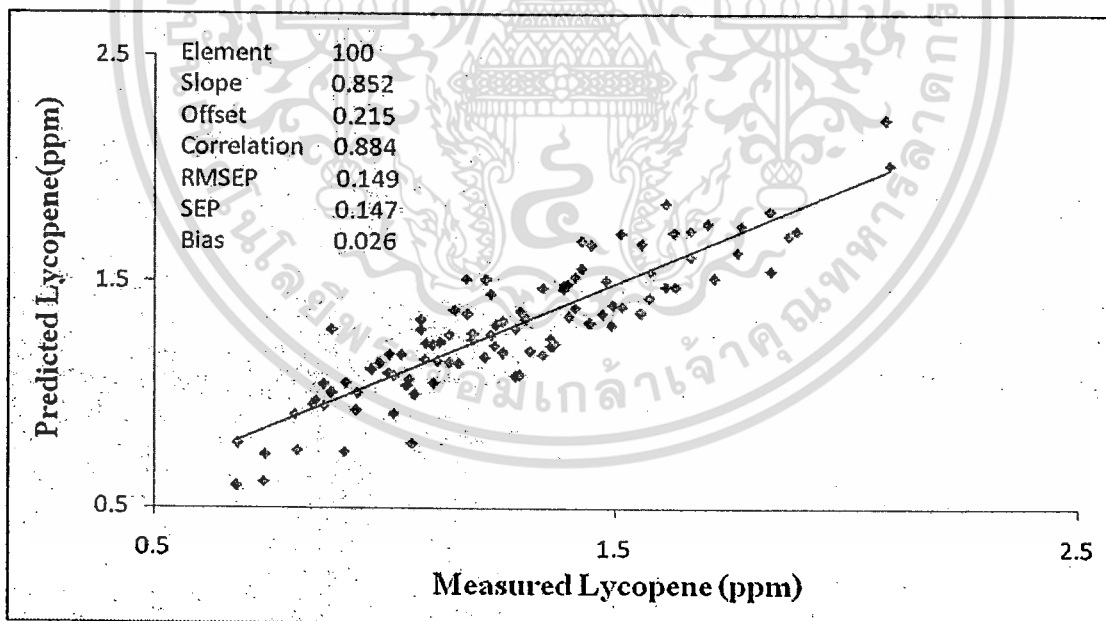
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝนที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset กับค่าที่วัดจริง



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาวที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC) กับค่าที่วัดจริง



ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดง โมพันธุ์กนิรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อนที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm กับค่าที่วัดจริง



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดง โมพันธุ์กนิรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิมกับค่าที่วัดจริง

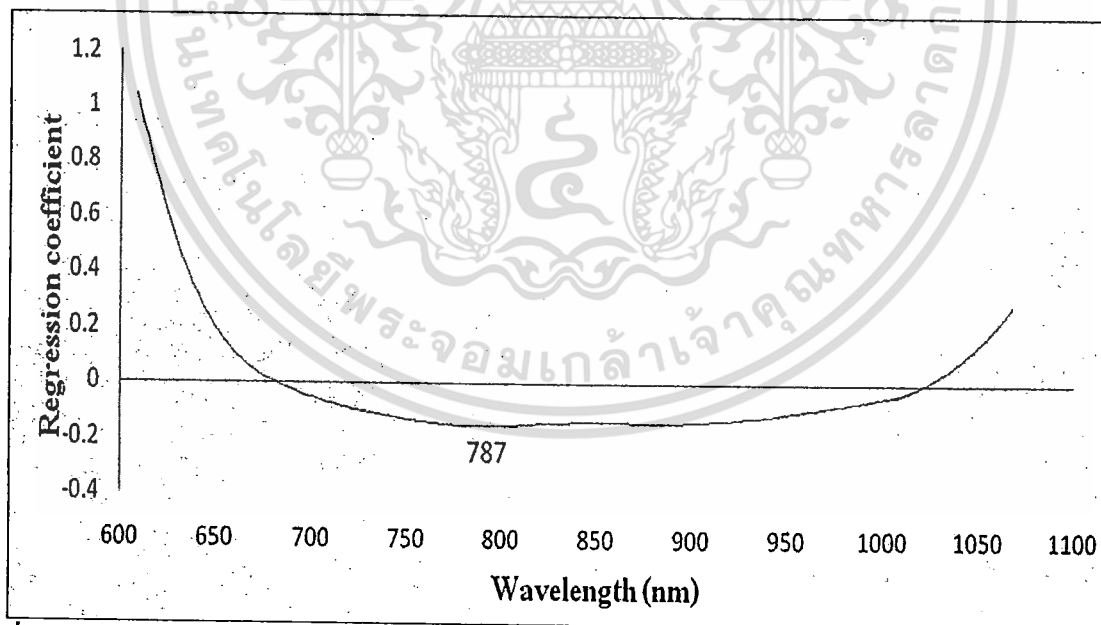
Regression coefficient ใช้เป็นพื้นฐานแรกในการตรวจผลกระทบของความยาวคลื่นต่างๆ (X-variable) ในการทำนายตัวแปรตาม (Y) และค่าสัมบูรณ์ของ Regression coefficient ที่มีค่าสูงชี้ถึงความสำคัญและอิทธิพลของความยาวคลื่นนั้นต่อโมเดลอย่างมีนัยสำคัญ [9]

จากภาพที่ 4.6 กราฟ Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) มีพิกัดที่มีความสำคัญต่อโมเดลที่ 787 นาโนเมตร

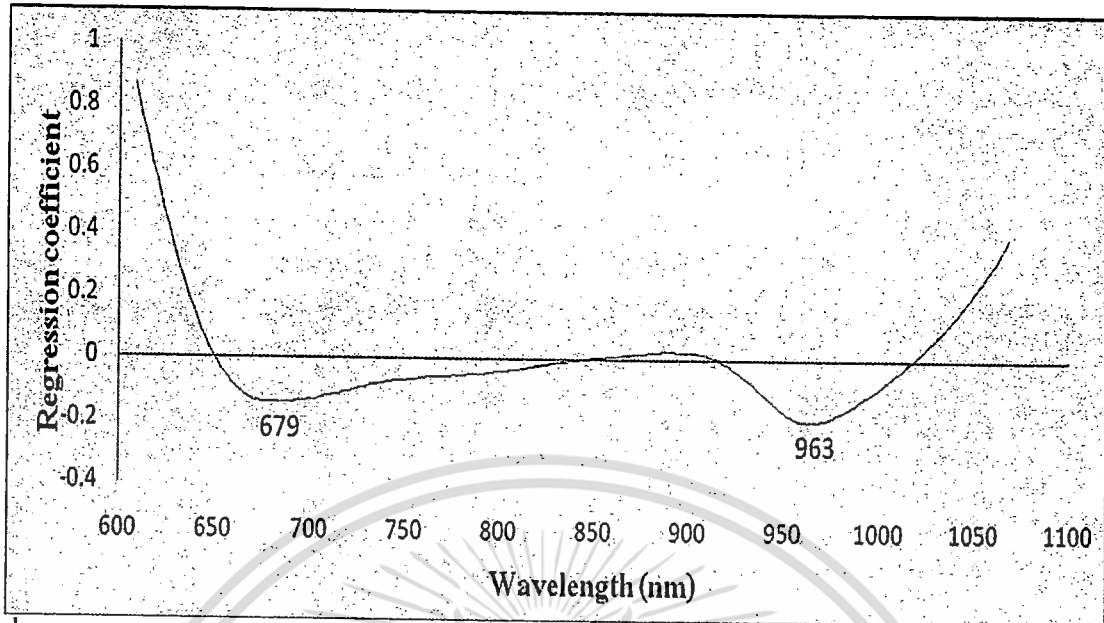
จากภาพที่ 4.7 กราฟ Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) มีพิกัดที่มีความสำคัญต่อโมเดลที่ 679 และ 963 นาโนเมตร

จากภาพที่ 4.8 กราฟ Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) มีพิกัดที่มีความสำคัญต่อโมเดลที่ 627, 692, 732, 1036 และ 1048 นาโนเมตร

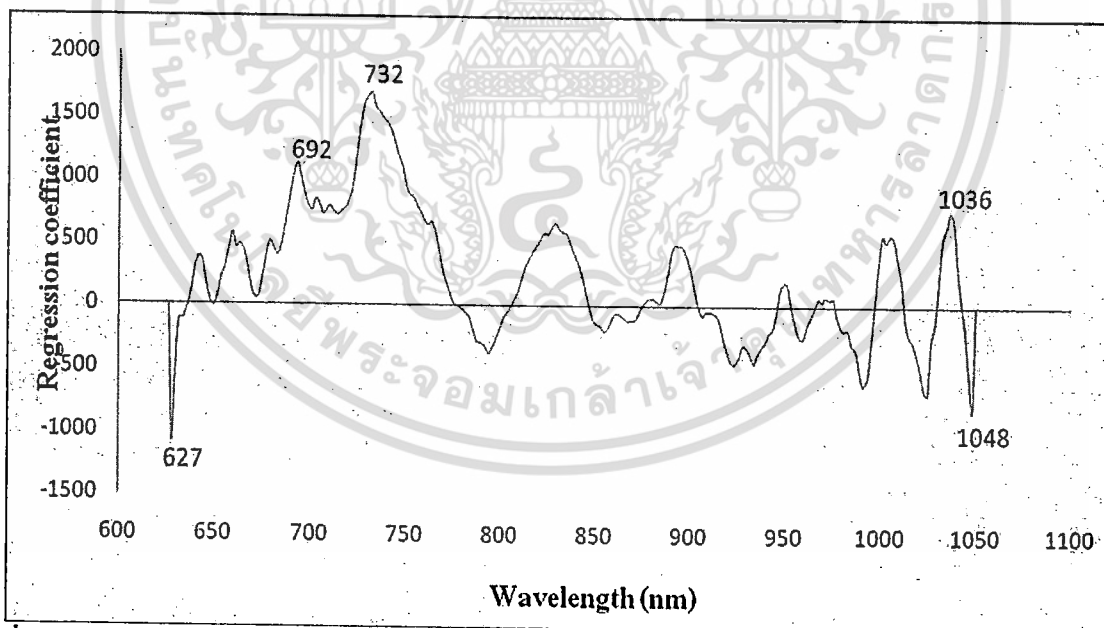
จากภาพที่ 4.9 กราฟ Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) มีพิกัดที่มีความสำคัญต่อโมเดลที่ 669, 696, 915 และ 987 นาโนเมตร



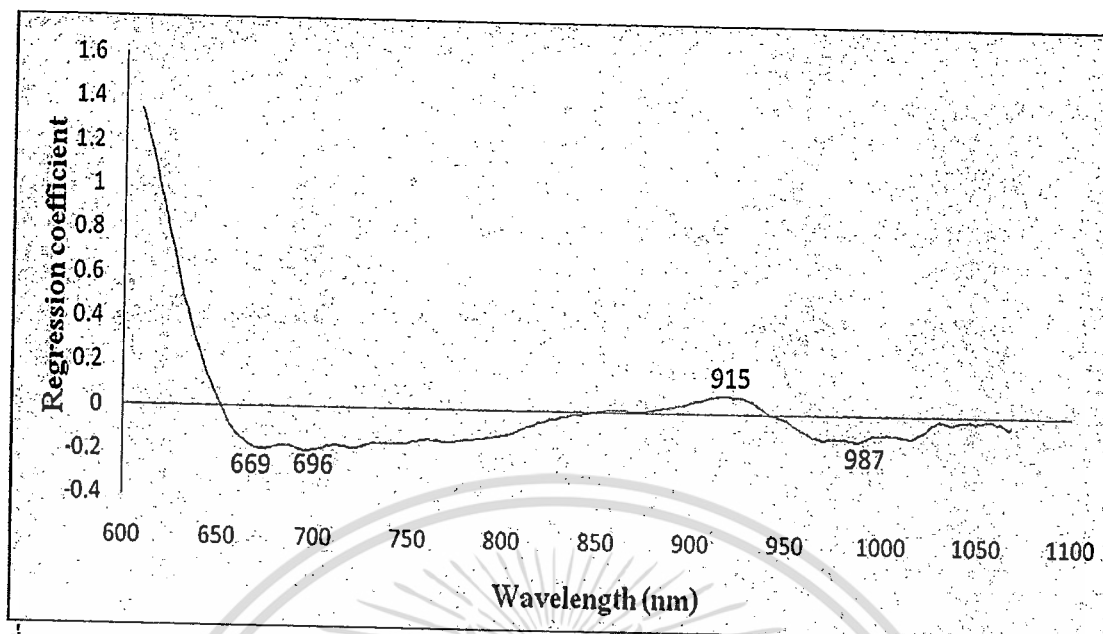
ภาพที่ 4.6 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)



ภาพที่ 4.7 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)



ภาพที่ 4.8 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)



ภาพที่ 4.9 Regression coefficient ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)

กราฟ X-loading weight plot นั้นถ้าความยาวคลื่นซึ่งมีค่า X-loading weight มากแสดงว่ามีความสำคัญมากต่อการทำนายตัวแปรอิสระ

จากภาพที่ 4.10 แสดง X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) แบบจำลองนี้ใช้ PC ทั้งหมด 3 ตัว ซึ่ง PC 1, 2 และ 3 ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรต้น 75, 23 และ 1% ตามลำดับ X-loading weight ของ PC 1 แสดงถึงความยาวคลื่นส่วนใหญ่มีอิทธิพลต่อโมเดล X-loading weight ยกเว้นที่ 681 และ 921 นาโนเมตร สำหรับ PC 2 ซึ่งให้เห็นว่าความยาวคลื่นมีอิทธิพลต่อโมเดลที่ 967 นาโนเมตร สำหรับ PC 3 ปรากฏว่าที่ความยาวคลื่น 933 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อโมเดล แต่อิทธิพลของความยาวคลื่นที่มีค่าความสำคัญสูงสุดปรากฏที่ 967 นาโนเมตร

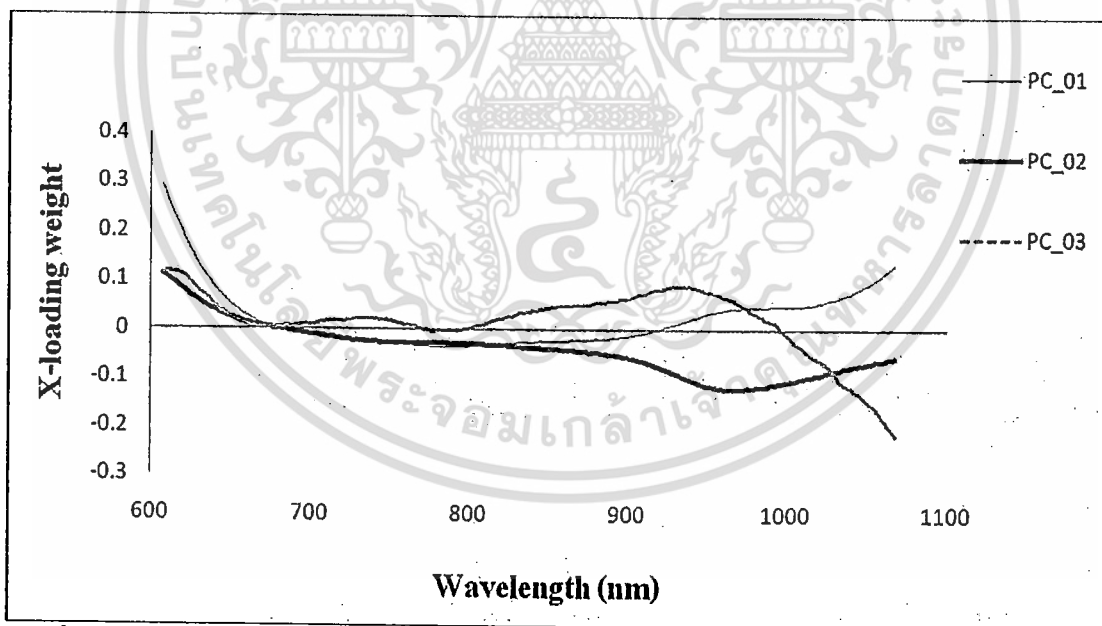
จากภาพที่ 4.11 แสดง X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) แบบจำลองนี้ใช้ PC ทั้งหมด 8 ตัว ซึ่ง PC 1, 2 และ 3 ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรต้น 76, 15 และ 6% ตามลำดับ X-loading weight ของ PC 1 แสดงถึงความยาวคลื่นส่วนใหญ่มีอิทธิพลต่อโมเดล X-loading weight ยกเว้นที่ 673 และ 1022 นาโนเมตร สำหรับ PC 2 ซึ่งให้เห็นว่าความยาวคลื่นมีอิทธิพลต่อโมเดลที่ 667, 900 และ 965 นาโนเมตร สำหรับ PC 3 ปรากฏว่าที่ความยาวคลื่น 702 และ 994 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อโมเดล แต่อิทธิพลของความยาวคลื่นที่มีค่าความสำคัญสูงสุดปรากฏที่ 667 นาโนเมตร

จากภาพที่ 4.12 แสดง X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน)

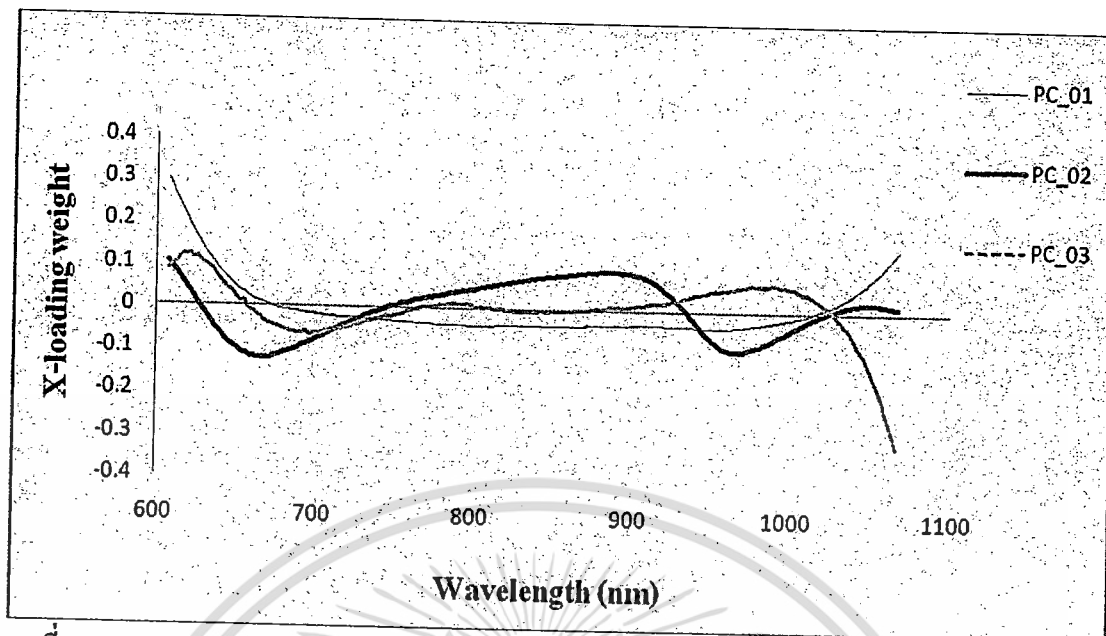
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บาน) แบบจำลองนี้ใช้ PC ทั้งหมด 7 ตัว ซึ่ง PC 1, 2 และ 3 ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรต้น 22, 68 และ 5% ตามลำดับ X-loading weight ของ PC 1 แสดงถึงความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อโมเดล X-loading weight ที่ 633 และ 959 นาโนเมตร สำหรับ PC 2 ซึ่งให้เห็นว่าความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อโมเดลที่ 738, 795, 910, 957 และ 1030 นาโนเมตร สำหรับ PC 3 ปรากฏว่าที่ความยาวคลื่น 657, 694, 736, 797, 933, 967, 1006 และ 1038 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อโมเดล แต่อิทธิพลของความยาวคลื่นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุดปรากฏที่ 957 นาโนเมตร

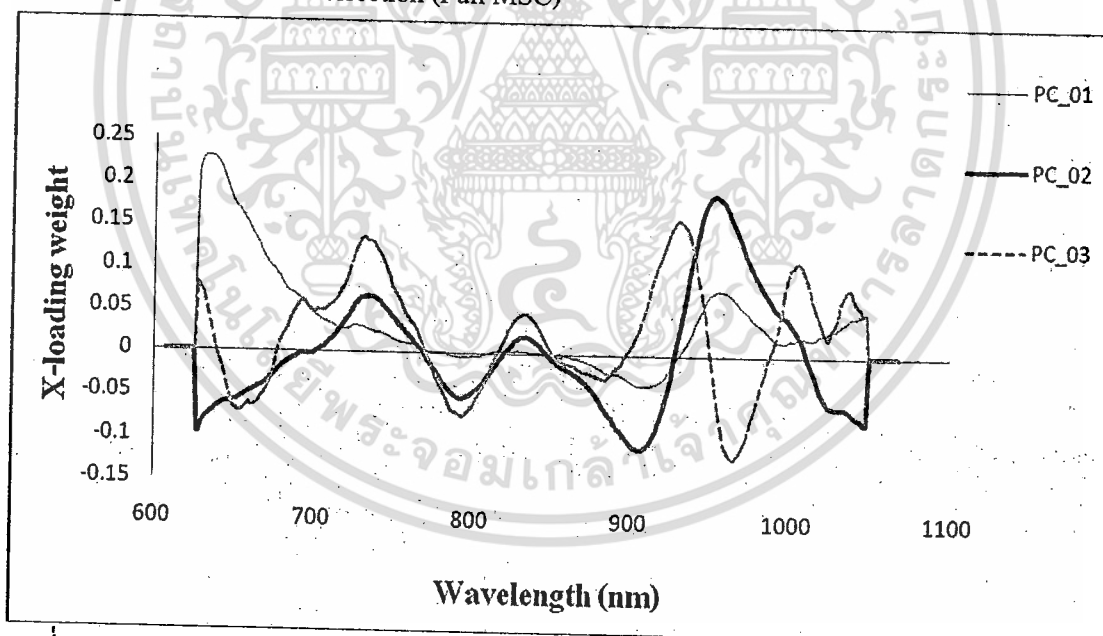
จากภาพที่ 4.13 แสดง X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) แบบจำลองนี้ใช้ PC ทั้งหมด 8 ตัว ซึ่ง PC 1, 2 และ 3 ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรต้น 97, 1 และ 2% ตามลำดับ X-loading weight ของ PC 1 แสดงถึงความยาวคลื่นส่วนใหญ่ที่มีอิทธิพลต่อโมเดล X-loading weight สำหรับ PC 2 ซึ่งให้เห็นว่าความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อโมเดลที่ 957 นาโนเมตร สำหรับ PC 3 ปรากฏว่าที่ความยาวคลื่น 977 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อโมเดล แต่อิทธิพลของความยาวคลื่นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุดปรากฏที่ 977 นาโนเมตร



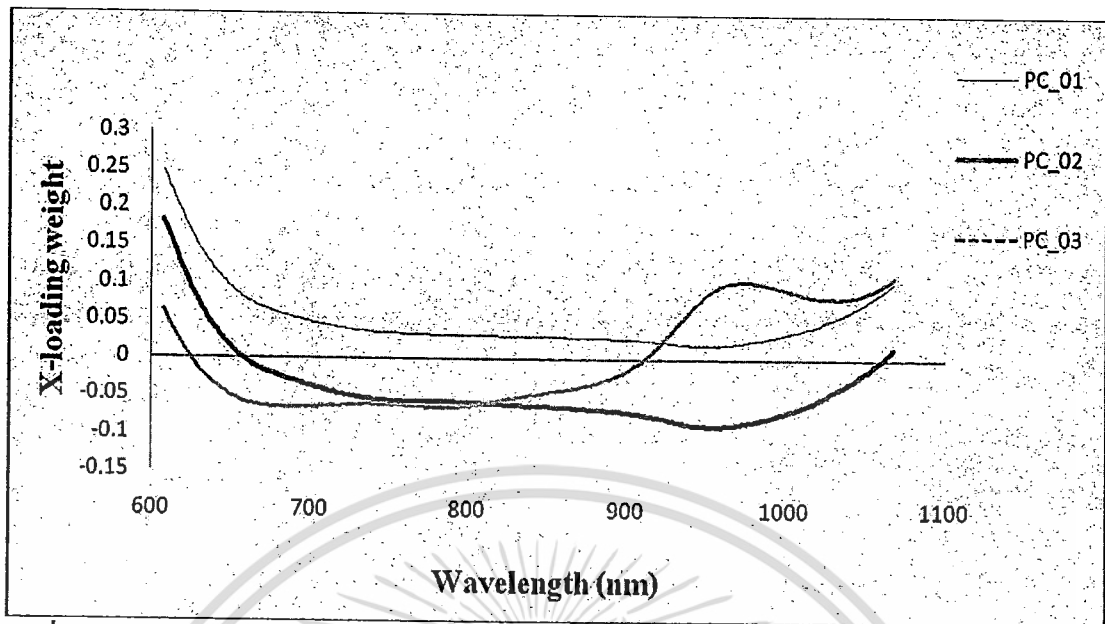
ภาพที่ 4.10 X-loading weight plot ของแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อทำนายปริมาณไลโคพินของแดงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูฝน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset



ภาพที่ 4.11 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูหนาว ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย *Multiplicative Scatter Correction* (Full MSC)



ภาพที่ 4.12 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย *Savitzky-Golay second differentiation* ที่ derivative segment 21 nm



ภาพที่ 4.13 X-loading weight plot ของแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณ ไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิม

4.3 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองที่ดีที่สุดในการทำนายค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมโดยใช้กลุ่มตัวอย่างใหม่

จากการทดลองข้างต้นทำให้ได้แบบจำลองการวิเคราะห์ค่าปริมาณไลโคพินที่ดีที่สุดของแต่ละฤดู ดังนั้นจึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างแตงโมที่จะมาเป็นชุดทำนายค่าปริมาณไลโคพินจากห้างสรรพสินค้า ซึ่งแตงโมที่ได้จากการสุ่มมานั้นเป็นแตงโมที่วางจำหน่ายในช่วงการเพาะปลูกของฤดูร้อน ที่อายุการเก็บเกี่ยว 25 วันหลังดอกบาน (อายุเก็บเกี่ยวทางการค้า) ดังนั้นจึงเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดที่เพาะปลูกในฤดูร้อนและทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) มาเพื่อใช้ในการทำนาย

จากตารางที่ 4.11 แสดงถึงจำนวนตัวอย่าง (N) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (max) ค่าต่ำสุด (min) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในฤดูร้อนและทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ของกลุ่ม Calibration และ ของปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าของกลุ่ม Prediction

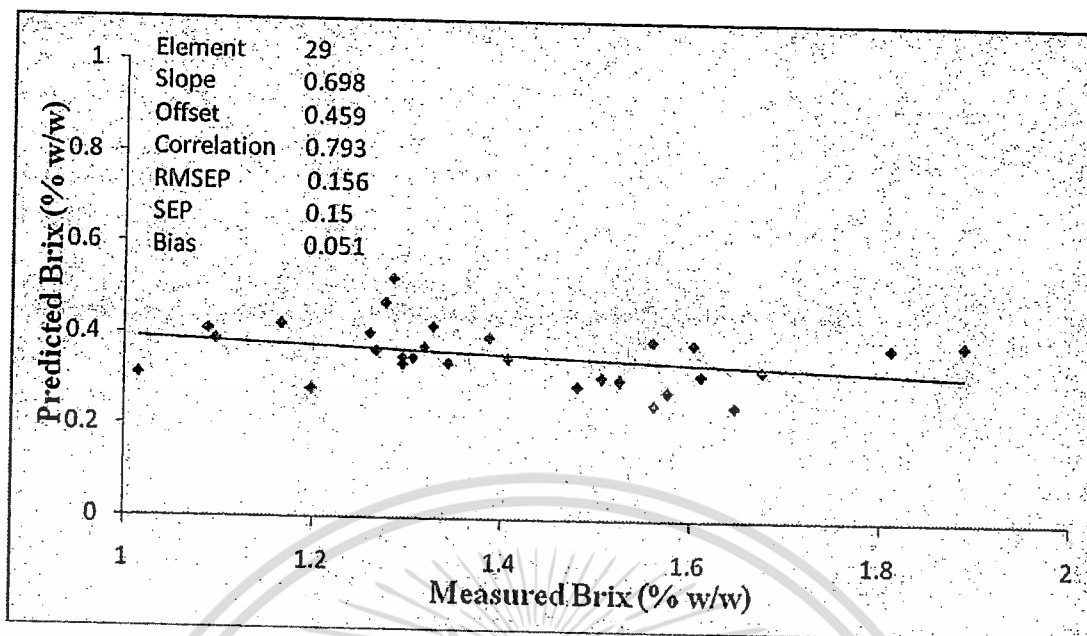
ภาพที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second

differentiation ที่ derivative segment 21 นาโนเมตร (แบบจำลองถูดร้อน) กับค่าที่วัดจริง ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.793 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.150 ppm ค่า bias เท่ากับ 0.051ppm ค่า RER เท่ากับ 5.72 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.04 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้

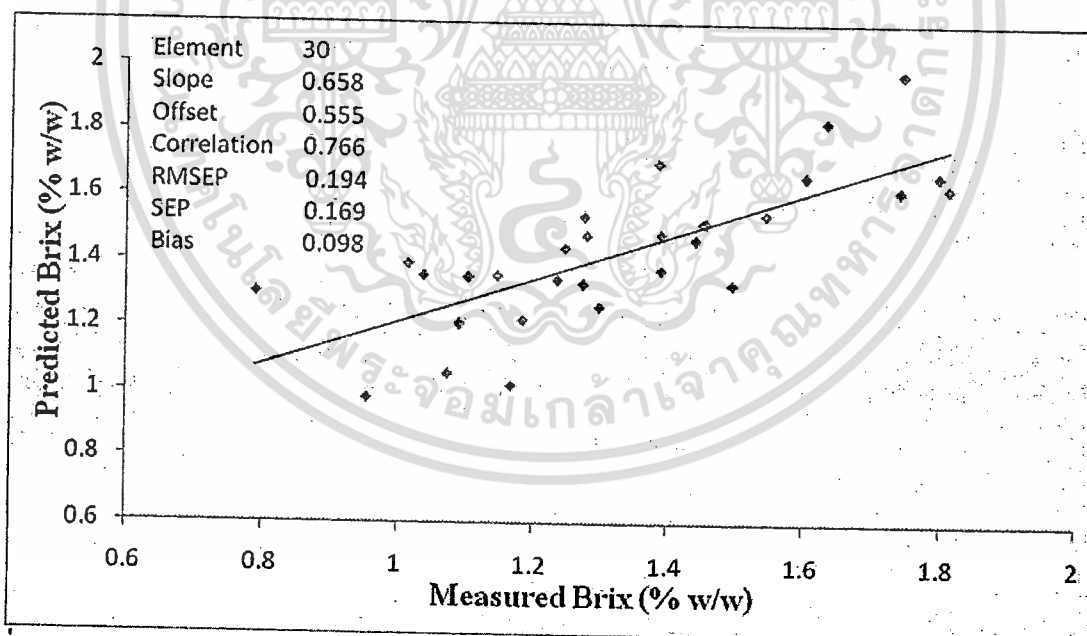
ตารางที่ 4.11 ค่าทางสถิติของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่เพาะปลูกในถูดร้อนและทุกฤดู (ถูดฝน ถูดหนาว และถูดร้อน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน) ของกลุ่ม Calibration และ ของปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าของกลุ่ม Prediction

ช่วงการ เพาะปลูก	Calibration					Prediction				
	Nc	Mean	max	min	SD	Np	Mean	max	min	SD
ถูดร้อน	86	1.3	2.5	0.9	0.3	29	1.4	1.8	1.0	0.2
ทุกฤดู	225	1.3	4.3	0.4	0.4	30	1.3	1.8	0.8	0.3

ภาพที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแตงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square (PLS)* (แบบจำลองทุกฤดู) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปคตรัมแบบดั้งเดิมกับค่าที่วัดจริง ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.766 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.169ppm ค่า bias เท่ากับ 0.098ppm ค่า RER เท่ากับ 6.05 และ ค่า RPD เท่ากับ 1.84 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้



ภาพที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) (แบบจำลองถดถูร่อน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 นาโนเมตรกับค่าที่วัดจริง



ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบค่าปริมาณไลโคพีนของแดงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าที่ทำนายได้โดยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) (แบบจำลองทุกฤดู) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมแบบดั้งเดิมกับค่าที่วัดจริง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค near infrared spectroscopy แบบสะท้อนแสง (reflectance) โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบพกพาในช่วงความยาวคลื่น 600-1100 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนกันยายน-ตุลาคม) ในฤดูหนาว (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) และฤดูร้อน (ตั้งแต่เดือนมีนาคม-เมษายน) ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน คือ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ โดยแบบจำลองในการทำนายใช้วิธี Partial Least Square (PLS)

5.1 แบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีโดยตรงเป็นวิธีไม่ทำลาย

แบบจำลองที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในฤดูฝน โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Baseline Offset ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.88 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.18ppm ค่า bias เท่ากับ -0.07ppm ค่า RER เท่ากับ 9.74 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.02 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพิน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพินได้ [12]

แบบจำลองที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในฤดูหนาว โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Multiplicative Scatter Correction (Full MSC) ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.85 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.16ppm ค่า bias เท่ากับ -0.05ppm ค่า RER เท่ากับ 7.56 และ ค่า RPD เท่ากับ 1.85 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยก ระดับปริมาณไลโคพิน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพินได้ [12]

แบบจำลองที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในฤดูร้อน โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 nm ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.92 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.12ppm ค่า bias เท่ากับ 0.0002ppm ค่า RER เท่ากับ 10.31 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.51 หมายถึงใช้ด้วยความระมัดระวังในการประยุกต์ใช้ส่วนใหญ่รวมถึงการวิจัย [12]

แบบจำลองที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินของแตงโมพันธุ์กินรีที่ทำการเพาะปลูกในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 nm และสเปกตรัมแบบดั้งเดิม ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.88 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.15ppm ค่า bias เท่ากับ 0.03 ppm ค่า RER เท่ากับ 9.61 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.11 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพิน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพินได้ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การประยุกต์แบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี โดยใช้แสงโมจากห้างสรรพสินค้า

จากผลการทดลองทำให้สามารถสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีน กับแสงโมที่จำหน่ายบนห้างสรรพสินค้าซึ่งเป็นแสงโมที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นำมาบริโภคจริง โดยใช้ PLS regression โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 นาโนเมตร ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) 0.71-0.80 ใช้ได้สำหรับการคัดเลือกอย่างหยาบๆ [12]

การวัดปริมาณไลโคพีนของแสงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าของแสงโมพันธุ์กินรีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมที่ปรับแต่งโดย Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 21 นาโนเมตร โดยใช้แบบจำลองที่ดีที่สุดของแบบจำลองในฤดูร้อน เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.793 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.150ppm ค่า bias เท่ากับ 0.051ppm ค่า RER เท่ากับ 5.72 และ ค่า RPD เท่ากับ 2.04 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้ [12]

การวัดปริมาณไลโคพีนของแสงโมพันธุ์กินรีที่นำมาจากห้างสรรพสินค้าของแสงโมพันธุ์กินรีด้วยเทคนิค *Partial Least Square* (PLS) โดยใช้ช่วงการดูดซับที่ 607 – 1068 นาโนเมตร และสเปกตรัมแบบดั้งเดิมโดยใช้แบบจำลองที่ดีที่สุดของแบบจำลองในทุกฤดู (ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) เปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ซึ่งให้ค่า r เท่ากับ 0.766 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.169ppm ค่า bias เท่ากับ 0.098ppm ค่า RER เท่ากับ 6.05 และ ค่า RPD เท่ากับ 1.84 หมายถึงใช้ได้สำหรับการคัดแยกระดับปริมาณไลโคพีน แต่ยังไม่สามารถทำนายค่าปริมาณไลโคพีนได้ [12]

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ให้มีช่วงที่กว้างขึ้น โดยเพิ่มตัวอย่างแสงโมที่มีอายุการเก็บเกี่ยวน้อยให้มากขึ้น จากเดิมที่อายุการเก็บเกี่ยว 21, 23, 25 และ 27 วันหลังดอกบาน ควรจะเพิ่มที่อายุการเก็บเกี่ยว 17 และ 19 วันหลังดอกบานเข้ามาด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] เยาวภา สิริวัฒนานุกูล 2545. การศึกษาการสูญเสียไลโคพีนในระหว่างกระบวนการผลิตซอสมะเขือเทศและมะเขือเทศแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 1.
- [2] Scott KJ, Hart DJ. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for analysis of carotenoids in foods and the measurement of carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem.* 54:101-11.
- [3] Tonucci LH, Holden JM, Beecher GR, Khachik F, Davis CS, Mulokozi G. 1995. Carotenoid contents of thermally processed tomato-based food products. *J Agric Food Chem.* 43:579-86.
- [4] Rao AV, Agarwal S. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases. *Nutrition Research.* 19:305-23.
- [5] ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2552. Trans-lycopene. <http://pcog.pharmacy.psu.ac.th/thi/article8-51.asp>
- [6] A.R. Davis, W.W. Fish, and P. Perkins-Veazie. A Rapid Hexane-free Method for Analyzing Lycopene Content in Watermelon. *Journal of food science.* 68:328-32
- [7] เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). กรมป่าไม้ 379 หน้า.
- [8] วิทย์ เทียงบูรณธรรม. 2531. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. 880 หน้า.
- [9] กรมส่งเสริมการเกษตร, เรียบเรียงโดย เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา, <http://www.watermelon.ob.tc/1.htm>
- [10] เดโชดม ภทรศัย, 2543. 36 ผลไม้สมุนไพรไทย. โพร-เอสเอ็มอี. กรุงเทพมหานคร.
- [11] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552.
- [12] Williams, P. "Near-infrared Technology – Getting the best out of light". Edition 5.0. A short course in the practical implementation of near-infrared spectroscopy for the user. PDK Grain, Nanaimo, Canada. 2007