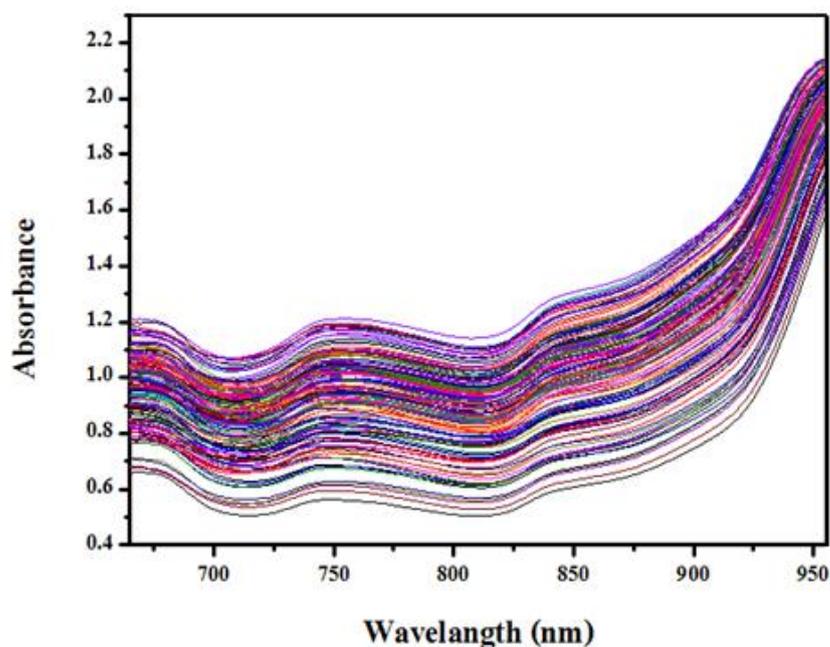


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้มะขงชิดพันธุ์ทุลเกล้า ซึ่งมีระยะการเก็บเกี่ยวหลังวันดอกบานที่วันที่ 62 – 73 โดยมะขงชิดที่เก็บเกี่ยวมีขนาดเท่ากัน มีน้ำหนักอยู่ที่ 100 กรัมต่อผล โดยการเก็บมะขงชิดนั้นจะเก็บครั้งละ 15 – 20 ผล เมื่อเก็บจากต้นแล้วนำมาห่อด้วยโฟมห่อผลไม้กันการกระแทกก่อนนำไปใส่ลงตะกร้าแล้วขนย้ายโดยรถยนต์ นำมาสแกนด้วยเครื่อง SW - NIR spectrophotometer ในโหมด transmittance ที่ช่วงความยาวคลื่น 655 - 955 นาโนเมตร ดังภาพที่ 4.1 หลังจากนั้นตรวจสอบคุณภาพผลมะขงชิด ดังนี้ คือ ตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid; TSS) ตรวจสอบปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (titrated acid; TA) ตรวจสอบอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA และตรวจสอบ ค่า firmness

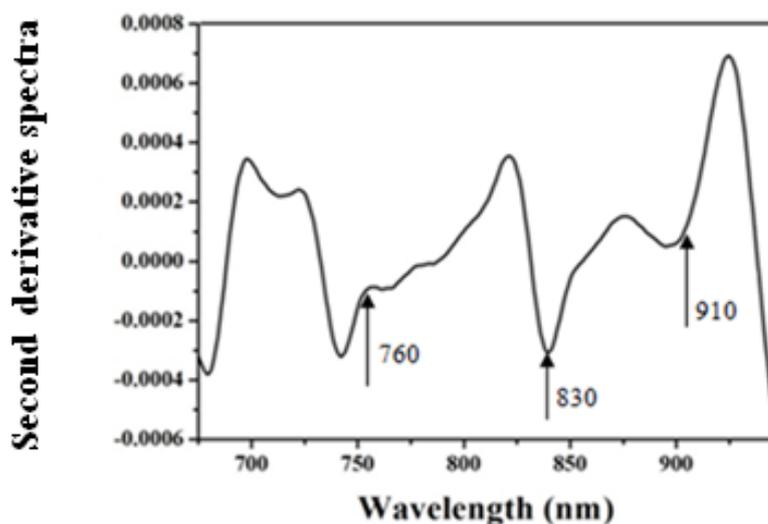


ภาพที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของผลมะขงชิดแต่ละผล จำนวน 147 ผล

4.1 การสร้างสมการในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

เมื่อนำผลมะขงชิดมาสแกนด้วยเครื่อง เครื่อง SW - NIR spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 655 - 955 นาโนเมตร วิธีการสแกนผลมะขงชิด คือ สแกนโดยรอบผลมะขงชิดทั้งหมด 4

จุดซึ่งทำมุม 90 องศา หลังจากนั้นนำสเปกตรัมมาหาค่าเฉลี่ย ที่แสดงในภาพ 4.1 จะพบว่า การดูดกลืนแสงในช่วง 760, 830 และ 910 นาโนเมตร มีความสำคัญ เนื่องจากพิกน้าจะอยู่ในช่วง 760, 830 นาโนเมตร และพิกน้าตาลจะอยู่ในช่วง 910 นาโนเมตร การดูภาพที่เป็น second derivative absorbance จะดูยอดพิกที่กลับหัว (Osborne *et al.* 1993) ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ second derivative absorbance ของกลุ่มมะขงชิดที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับการสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด จะใช้ข้อมูลผลมะขงชิดทั้งหมด 147 ตัวอย่าง โดยแบ่งกลุ่มมะขงชิดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสำหรับสร้างสมการ (calibration set) และกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ (prediction set) กลุ่มสำหรับสร้างสมการ วิธีการแบ่งกลุ่มสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการ จะทำโดยการนำค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ซึ่งก็คือตัวแปร Y มาเรียงค่าจากน้อยไปมาก หลังจากนั้นทำการเลือกกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ กลุ่มกลุ่มสร้างสมการจะต้องมีค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย ดังนั้นกลุ่มสำหรับสร้างสมการ จึงมีจำนวนตัวอย่าง 97 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 17.8 - 24.3 °Brix ในขณะที่กลุ่มสำหรับทดสอบสมการมีจำนวนตัวอย่าง 50 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 18.9 - 24.2 °Brix ซึ่งค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ และกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 หลังจากนั้นทำการสร้างสมการในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ โดยคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม NIRS กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยใช้

เทคนิค partial least squares regression (PLSR) และเปรียบเทียบแบบ cross-validation โดยตัวแปร X จะเป็นค่าที่อ่านได้จากสเปกตรัม NIR และตัวแปร Y คือค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน นั่นก็คือค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

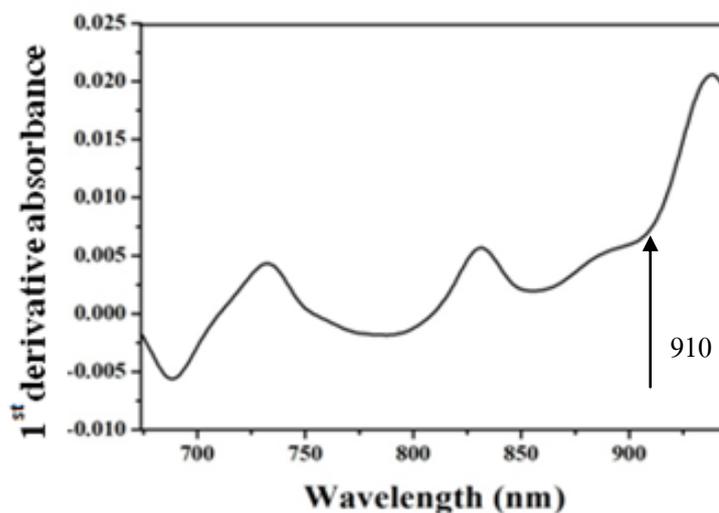
Items	The calibration set	The prediction set
number of samples	97	50
mean	22.11	22.2
minimum	17.8	18.9
maximum	24.3	24.2
standard deviation (SD)	1.34	1.27
unit	°Brix	°Brix

ทำการปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆดังนั้น การทำ smoothing, การทำ 1st derivative, 2nd derivative, การทำ MSC, การทำ Mean, การทำ SNV, การผสมระหว่าง smoothing และ 1st derivative, การผสมระหว่าง smoothing และ 2nd derivative และอื่นๆซึ่งแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจากตารางที่ 4.2 พบว่า การปรับแต่งข้อมูลทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี 1st derivative ให้ค่าดีที่สุด คือ R = 0.82 และ RMSECV = 0.75 °Brix สำหรับการพิจารณาว่าวิธีการปรับแต่งข้อมูลทางคณิตศาสตร์วิธีไหนดีที่สุด จะพิจารณาจาก ค่า R ซึ่งต้องมีค่าสูงสุด, ค่า RMSECV ซึ่งต้องมีค่าต่ำสุด และค่า F ต้องมีค่าต่ำสุดด้วย

ตารางที่ 4.2 แสดงความแม่นยำในสร้างสมการในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยวิธีปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

Spectral pretreatments	N	F	R	RMSECV (°Brix)
original	97	8	0.80	0.79
smoothing	97	8	0.80	0.79
1 st derivative	97	6	0.82	0.75
2 nd derivative	97	2	0.79	0.80
MSC	97	7	0.80	0.80
Mean	97	8	0.80	0.80
SNV	97	4	0.76	0.86
smoothing + 1 st derivative	97	7	0.80	0.78
smoothing + 2 nd derivative	97	5	0.79	0.81
MSC + Smoothing + 1 st derivative	97	6	0.82	0.76
MSC + Smoothing + 2 nd derivative	97	5	0.77	0.85
mean + Smoothing + 1 st derivative	97	7	0.79	0.80
mean + Smoothing + 2 nd derivative	97	5	0.77	0.86
SNV+ Smoothing + 1 st derivative	97	6	0.82	0.76
SNV+ Smoothing + 2 nd derivative	97	4	0.76	0.86

เมื่อนำสเปกตรัมของผลมะขงชิดมาผ่านการทำ 1st derivative พบว่าสเปกตรัมเป็นดังภาพที่ 4.3 โดยดูจุดยอดของสเปกตรัมในช่วงพิก 910 ซึ่งเป็นยอดพิกของการทำนายค่าความหวาน หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ผ่านการทำ 1st derivative มาสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่า ได้ค่า R = 0.95 และ RMSEC = 0.41 °Brix และเมื่อนำมาทดสอบสมการ ได้ค่า R = 0.94 และ RMSEP = 0.45 °Brix ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 4.3

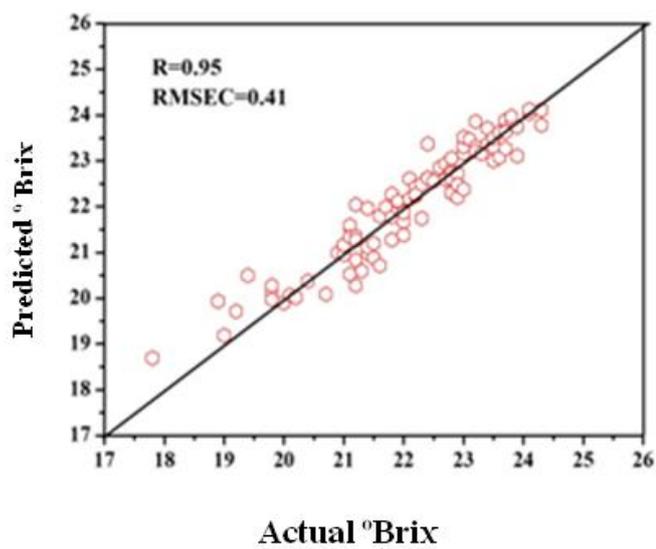


ภาพที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ 1st derivative ของกลุ่มมะขงชิดที่ใช้ในการ
ทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

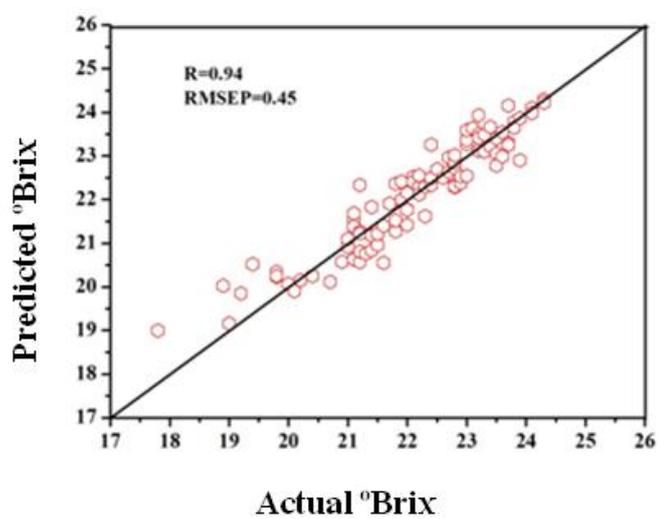
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLSR ของการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
ทั้งหมด

Items	The calibration set	The prediction set
	1 st derivative	1 st derivative
Pretreatment		
N	97	50
F	6	6
R	0.95	0.94
RMSEC	0.41	-
RMSEP	-	0.45

ส่วนภาพที่ 4.4 เป็นภาพกราฟแสดงผลการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยแกน X เป็นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่ทำการวัดได้จริง และแกน Y เป็นการคำนวณทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ลักษณะกราฟ จะพบว่ามีลักษณะเฉียงขึ้นทำมุม 45 องศา ซึ่งผลจากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า สมการมีความแม่นยำในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด



(a)



(b)

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ

- (a) กลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ
- (b) กลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ

4.2 การสร้างสมการในการทำนายปริมาณกรดที่ไคเตรทได้

การสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ จะใช้ข้อมูลมะขงชนิดทั้งหมด 147 ตัวอย่าง โดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสำหรับสร้างสมการ และกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ วิธีการแบ่งกลุ่มจะทำลักษณะเช่นเดียวกับการแบ่งกลุ่มเพื่อสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด คือ นำค่าตัวแปร Y มาเรียงจากน้อยไปมาก แล้วทำการเลือกกลุ่มสำหรับทดสอบสมการออกมา โดยวิธีการเลือก จะเลือกทุกๆ 1 ตัวอย่างจาก 3 ตัวอย่าง โดยค่าตัวแปร Y ของกลุ่มสำหรับสร้างสมการจะต้องมีค่าน้อยสุดและมากที่สุดอยู่ในค่านี้นี้ด้วย ดังนั้นกลุ่มสำหรับสร้างสมการจะมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 98 ตัวอย่าง ขณะที่กลุ่มสำหรับทดสอบสมการจะมีตัวอย่างทั้งหมด 49 ตัวอย่าง ตารางที่ 4.4 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ เมื่อแบ่งกลุ่มสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการได้แล้ว จะทำการสร้างสมการและหาโมเดลที่ดีที่สุดเพื่อนำใช้ในการทำนายปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ โดยวิธีการสร้างสมการ จะกำหนดให้ ตัวแปร X คือข้อมูลสเปกตรัม และตัวแปร Y คือค่าปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ หลังจากนั้นคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม NIRS กับปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ โดยใช้วิธี partial least squares regression (PLSR)

หลังจากนั้นนำข้อมูลกลุ่มสร้างสมการมาปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ซึ่งจะแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.5 โดยตารางนี้จะแสดงการใช้วิธีการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ จากตารางที่ 4.5 พบว่าสเปกตรัม original ที่แฟล็กซ์เตอร์ 9 ให้ผลดี มีความแม่นยำที่สุด คือให้ ค่า $R = 0.74$ เปอร์เซ็นต์ และ $RMSECV = 0.050$ เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเลือกโมเดลจาก original มาสร้างสมการและทดสอบสมการปริมาณกรดที่ไคเตรทได้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายปริมาณกรดที่ไทเตรทได้

Items	The calibration set	The prediction set
number of samples	98	49
mean	0.36	0.36
minimum	0.224	0.224
maximum	0.608	0.576
standard deviation (SD)	0.076	0.076
unit	%	%

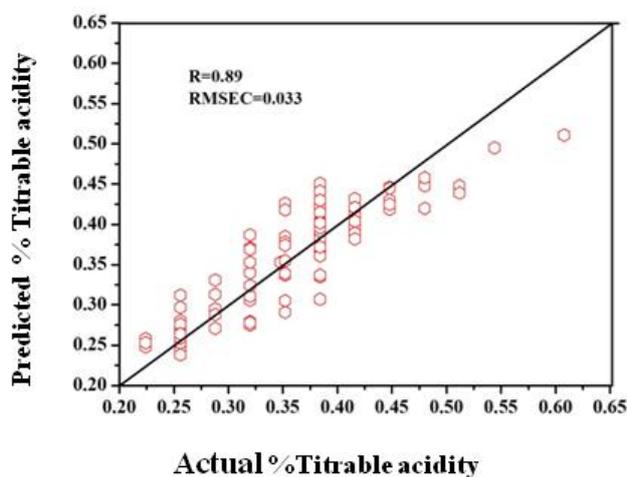
ตารางที่ 4.5 แสดงความแม่นยำในการสร้างสมการในการทำนายปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ด้วยวิธีปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

Spectral pretreatments	N	F	R	RMSECV (%TA)
original	98	9	0.74	0.050
smoothing	98	11	0.73	0.051
1 st derivative	98	9	0.74	0.051
2 nd derivative	98	3	0.72	0.052
MSC	98	9	0.74	0.051
Mean	98	9	0.73	0.052
SNV	98	12	0.74	0.051
smoothing + 1 st derivative	98	10	0.74	0.054
smoothing + 2 nd derivative	98	7	0.70	0.054
MSC + Smoothing + 1 st derivative	98	10	0.74	0.052
MSC + Smoothing + 2 nd derivative	98	6	0.71	0.053
mean + Smoothing + 1 st derivative	98	7	0.73	0.052
mean + Smoothing + 2 nd derivative	98	8	0.74	0.051
SNV+ Smoothing + 1 st derivative	98	5	0.70	0.054
SNV+ Smoothing + 2 nd derivative	98	5	0.69	0.055

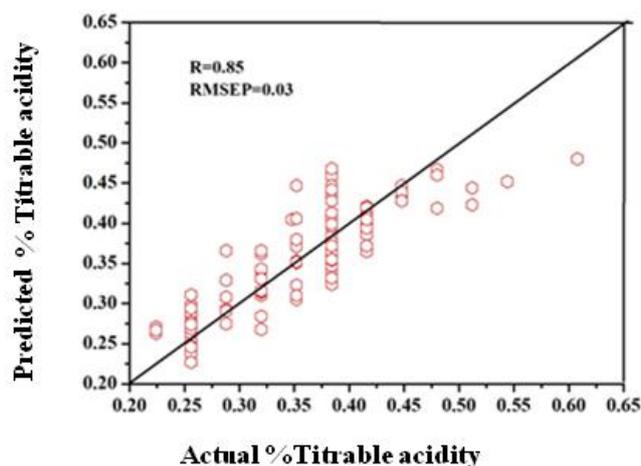
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLSR ของการทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

Items	The calibration set	The prediction set
	original	original
Spectra		
N	98	49
F	9	9
R	0.89	0.85
RMSEC	0.033	-
RMSEP	-	0.039

จากตารางที่ 4.6 จะเป็นการนำโมเดลที่ดีที่สุด นั่นก็คือ โมเดลจาก original มาสร้างสมการพบว่า ได้ค่า $R = 0.89$ และ $RMSEC = 0.033\%$ และเมื่อนำมาทดสอบในกลุ่มทดสอบสมการ พบว่า ได้ค่า $R = 0.85$ และ $RMSEP = 0.039\%$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สมการนี้มีความแม่นยำที่จะสามารถทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ห้มาพล็อตเป็นกราฟ จะแสดงได้ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งเป็นภาพแสดงผลการทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ โดย 4.5 (a) คือ ผลการทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในกลุ่มสำหรับสร้างสมการ และ 4.5 (b) คือ ผลการทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ



(a)



(b)

ภาพที่ 4.5 แสดงผลการทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

- (a) กลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ
- (b) กลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ

4.3 การสร้างสมการในการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA

อัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความสุกของผลไม้ (จริงแท้, 2546) การสร้างสมการและทดสอบสมการเพื่อทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA จะมีตัวอย่างในกลุ่มสำหรับสร้างสมการจำนวน 81 ตัวอย่าง และกลุ่มสำหรับทดสอบสมการจำนวน 42 ตัวอย่าง กลุ่มสำหรับสร้างสมการจะมีค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA อยู่ที่ 29.28 - 146.46 °Brix/% และกลุ่มสำหรับทดสอบสมการจะมีค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA อยู่ที่ 36.4 - 127.14 °Brix/% ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.7 สำหรับการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการ จะทำเช่นเดียวกับวิธีการแบ่งกลุ่มสำหรับสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ดังนั้นกลุ่มสำหรับสร้างสมการจึงมีค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ที่เป็นมาน้อยสุดและต่ำสุดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย โดยตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA หลังจากนั้นทำการแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 และพบว่า original ให้ค่าความแม่นยำในการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ดีที่สุด คือ ค่า $R = 0.71$ และ $RMSECV = 13.61$ °Brix/% ดังนั้น จึงเลือกโมเดล original มาเป็น โมเดลที่ใช้สำหรับสร้างสมการและทดสอบความแม่นยำในการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ
ของการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA

Items	The calibration set	The prediction set
number of samples	81	42
mean	64.56	64.55
minimum	29.28	36.4
maximum	136.46	127.14
standard deviation (SD)	18.99	17.67
unit	°Brix/%	°Brix/%

ตารางที่ 4.8 แสดงความแม่นยำในการสร้างสมการในการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA
ด้วยวิธีปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

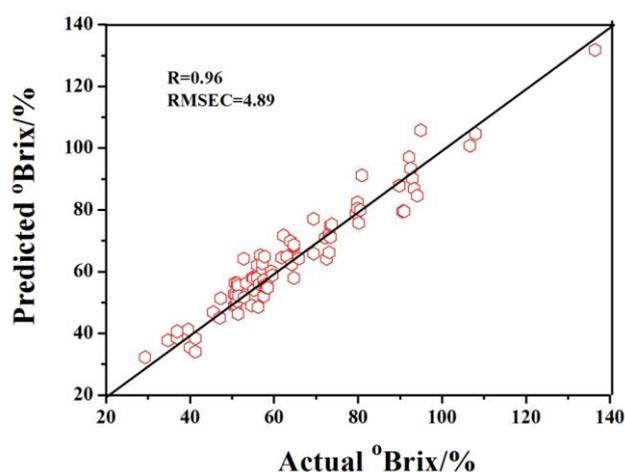
Spectral pretreatments	N	F	R	RMSECV (°Brix/%)
original	81	12	0.71	13.61
smoothing	81	15	0.68	14.64
1 st derivative	81	10	0.70	13.71
2 nd derivative	81	2	0.67	14.00
MSC	81	14	0.70	13.84
Mean	81	15	0.68	14.42
SNV	81	12	0.68	14.07
smoothing + 1 st derivative	81	14	0.68	14.25
smoothing + 2 nd derivative	81	18	0.67	16.68
MSC + Smoothing + 1 st derivative	81	12	0.68	14.51
MSC + Smoothing + 2 nd derivative	81	6	0.68	14.07
mean + Smoothing + 1 st derivative	81	13	0.69	13.80
mean + Smoothing + 2 nd derivative	81	10	0.68	13.95
SNV+ Smoothing + 1 st derivative	81	10	0.66	14.79
SNV+ Smoothing + 2 nd derivative	81	16	0.68	14.58

สำหรับตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLSR ของการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ซึ่งพบว่า ในกลุ่มสร้างสมการได้ค่า $R = 0.96$ และ $RMSEC = 4.82$ °Brix/% ขณะที่กลุ่มสำหรับทดสอบสมการได้ค่า $R = 0.89$ และ $RMSEP = 7.56$ °Brix/%

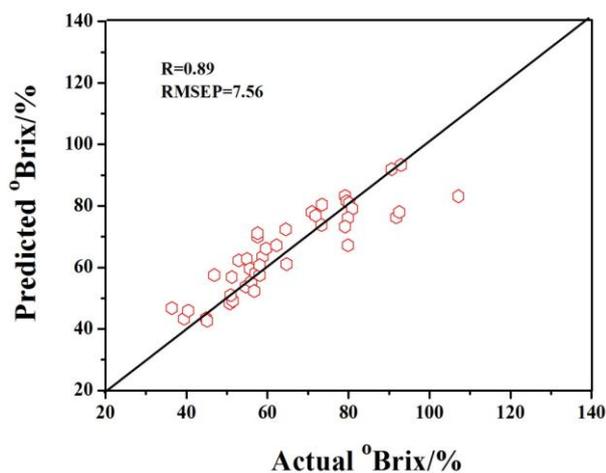
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLSR ของการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA

Items	The calibration set	The prediction set
Spectra	original	original
N	81	42
F	12	12
R	0.96	0.89
RMSEC	4.82	-
RMSEP	-	7.56

ส่วนภาพที่ 4.6 เป็นภาพแสดงผลการทำนายทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ภาพที่ 4.6 (a) แสดงผลการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ในกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ และภาพที่ 4.6 (b) แสดงผลการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ในกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ โดยจากภาพที่ 4.6 จะให้แกน X เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ที่วัดได้จริง และแกน Y เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ที่ได้จากการทำนาย จากภาพนี้จะเห็นได้ว่า ลักษณะกราฟมีลักษณะเชิงเส้นทำมุม 45 องศา ซึ่งค่าที่ทำนายได้ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า สมการนี้มีความแม่นยำในการการทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ซึ่งมีความสำคัญในการใช้ทำนายดัชนีความสุกของผลมะขงชิดได้



(a)



(b)

ภาพที่ 4.6 แสดงผลการทำนายทำนายอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA

- (a) กลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ
- (b) กลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ

4.4 การสร้างสมการในการทำนายค่า firmness

สำหรับการทดลองนี้ จะเป็นการสร้างสมการและทดสอบความแม่นยำของสมการเพื่อทำนายค่า firmness โดยข้อมูลที่นำมาทดลองนี้จะแบ่งออกข้อมูลออกเป็นกลุ่มสำหรับสร้างสมการจำนวน 98 ตัวอย่าง และกลุ่มข้อมูลสำหรับทดสอบสมการ 49 ตัวอย่าง โดยกลุ่มสำหรับสร้างสมการจะมีค่า firmness อยู่ที่ 1.4 - 2.1 N และกลุ่มสำหรับทดสอบสมการจะมีค่า firmness อยู่ที่ 1.45 - 2.1 N ซึ่งตารางที่ 4.10 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายค่า firmness ข้อมูลทางเคมีของกลุ่มสร้างสมการต้องครอบคลุมชุดของกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ โดยกลุ่มสำหรับสร้างสมการจะต้องมีค่า firmness น้อยสุดและมากสุดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย สำหรับข้อมูลของกลุ่มสำหรับ หลังจากนั้นคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม NIRS กับค่า firmness ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ unscambler

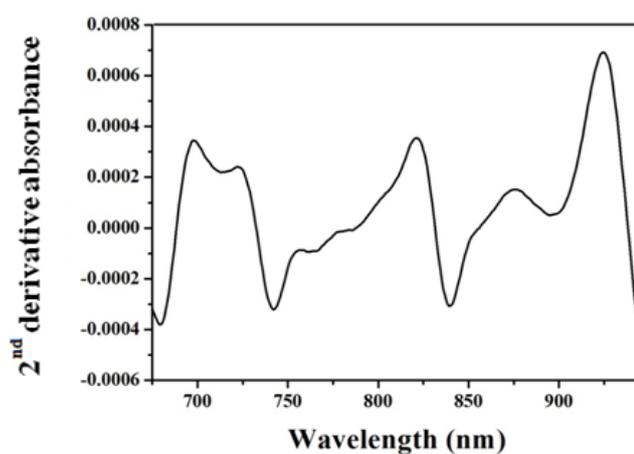
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการและกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการของการทำนายค่า firmness

Items	The calibration set	The prediction set
number of samples	98	49
mean	1.86	1.87
minimum	1.4	1.45
maximum	2.1	2.1
standard deviation (SD)	0.17	0.17
unit	N	N

หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.11 โดยพบว่า การปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยวิธี 2nd derivative ให้ค่าดีที่สุด คือ $R = 0.85$ และ $RMSECV = 0.093$ ดังนั้นจึงเลือกโมเดลจาก 2nd derivative มาทดสอบความแม่นยำของการสมการเพื่อทำนายค่า firmness ส่วนภาพที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ 2nd derivative ของมะขงชิดเพื่อใช้ทำนายค่า firmness เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ original spectra และภาพที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ 2nd derivative จะพบว่าที่พีค 830 นาโนเมตร ของภาพที่ 4.7 มีลักษณะเป็นพีคกลับหัว สามารถมองเป็นยอดพีคได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งพีคที่ 830 นาโนเมตร มีความเกี่ยวข้องกับพีคน้ำ ซึ่งการวัดค่า firmness ของผลมะขงชิดนั้น จะพบว่า มะขงชิดที่เก็บเกี่ยวในช่วงที่มีจำนวนหลังวันดอกบานมาก มะขงชิดจะมีลักษณะมีค่า firmness ลดน้อยลง เมื่อมะขงชิดมีลักษณะนุ่ม เป็นน้ำมากขึ้น

ตารางที่ 4.11 แสดงความแม่นยำในสร้างสมการในการค่า firmness ด้วยวิธีปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัม ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

Spectral pretreatments	N	F	R	RMSECV
original	98	11	0.84	0.093
smoothing	98	10	0.83	0.098
1 st derivative	98	6	0.83	0.093
2 nd derivative	98	3	0.85	0.087
MSC	98	8	0.82	0.098
Mean	98	9	0.84	0.093
SNV	98	9	0.82	0.097
smoothing + 1 st derivative	98	7	0.83	0.094
smoothing + 2 nd derivative	98	5	0.83	0.093
MSC + Smoothing + 1 st derivative	98	5	0.83	0.094
MSC + Smoothing + 2 nd derivative	98	5	0.85	0.090
mean + Smoothing + 1 st derivative	98	5	0.83	0.093
mean + Smoothing + 2 nd derivative	98	4	0.82	0.098
SNV+ Smoothing + 1 st derivative	98	6	0.83	0.093
SNV+ Smoothing + 2 nd derivative	98	5	0.85	0.090

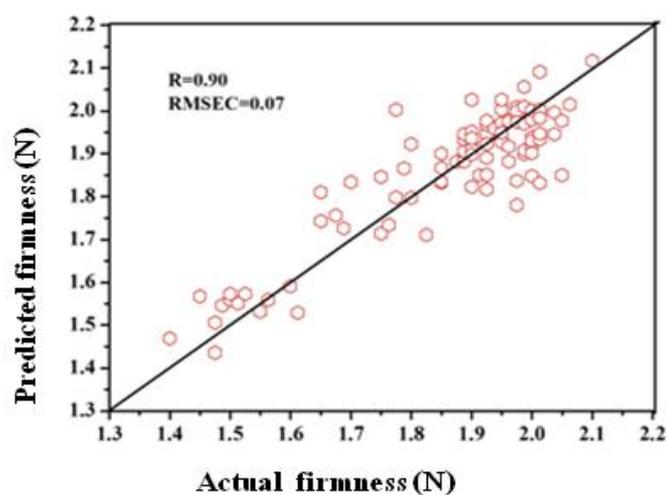


ภาพที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยแบบ 2nd derivative ของมะขงชิดเพื่อใช้ทำนายค่า firmness

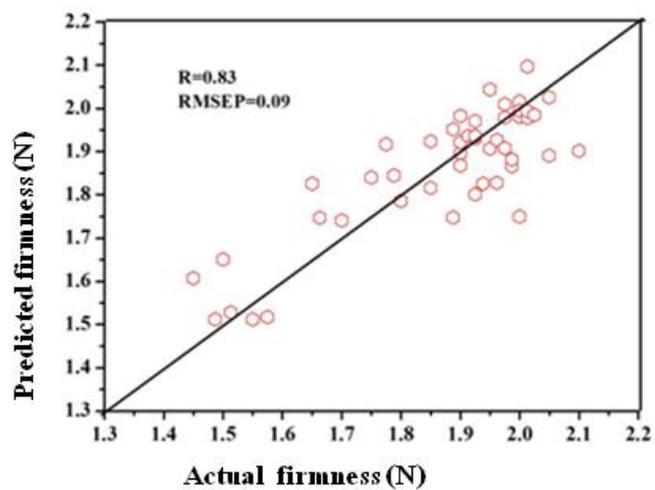
นำข้อมูลสเปกตรัมที่ผ่านการทำ 2nd derivative มาสร้างสมการเพื่อทำนายค่า firmness ซึ่งได้ผลดังนี้ คือ $R = 0.90$ N และ $RMSEC = 0.05$ N หลังจากนั้นนำโมเดลสมการที่สร้างได้ไปทดสอบในกลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ พบว่าได้ค่า $R = 0.83$ N และ $RMSEP = 0.09$ N ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.12 นอกจากนี้ยังแสดงผลการทำนายได้ดังภาพที่ 4.8 โดยภาพที่ 4.8 (a) เป็นภาพแสดงผลการทำนายค่า firmness ในกลุ่มสำหรับสร้างสมการ และภาพที่ 4.8 (b) เป็นภาพแสดงผลการทำนายค่า firmness ในกลุ่มสำหรับทดสอบสมการ

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLSR ของการทำนายค่า firmness

Items	The calibration set	The prediction set
Pretreatment	2 nd derivative	2 nd derivative
N	98	49
F	3	3
R	0.90	0.83
RMSEC	0.07	-
RMSEP	-	0.09



(a)



(b)

ภาพที่ 4.8 แสดงผลการทำนายค่า firmness

- (a) กลุ่มที่ใช้สำหรับสร้างสมการ
- (b) กลุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสมการ