Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 385-388 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 385-388 (2553)

การทำนายอาการเนื้อแก้วจากน้ำมังคุดโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

Prediction of Translucent Disorder from Mangosteen Juice Using Near Infrared Spectroscopy

สนธิสุข ธีระชัยชยุติ[1], **อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล**[2], **จุฑามาศ ผลอุดม**[1] **และ วรรณชยา เอื้อมเสถียรพร**[1]
Sontisuk Teerachaichayut[1], Anupun Terdwongworakul[2], Jutamas Phonudom[1] and Wanchaya Uamsatianporn[1]

Abstract

In each year, Thailand has a good tendency to increases mangosteen for export. However, it still has obstacles because of problems in internal quality such as translucent disorder and gamboges. Therefore, NIR spectroscopy in the range of 1,100-2500 nm was used to predict translucent mangosteen in this research. The total soluble solid of mangosteen juice was considered to develop calibration equations from a normal mangosteen group and a translucent mangosteen group. The result showed that the calibration equation of normal mangosteen juice obtained good accuracy for prediction with a group of normal mangosteen (R = 0.935, SEP = 0.655, bias = 0.047) and poor accuracy for prediction with a group of translucent mangosteen (R = 0.812, SEP =1.245, bias = 0.224). Besides the prediction from spectrum consideration at wavelength of 1,444 nm and absorbance of 0.756 obtained the accuracy of 82.5%. Therefore, NIR applications have a high potential to predict translucent disorder in mangosteen.

Key word: mangosteen, translucent, near infrared

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีแนวโน้มการส่งออกมังคุดเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี แต่ก็ยังมีอุปสรรคในการส่งออก เนื่องจากปัญหาในเรื่องคุณภาพภายใน ได้แก่ อาการเนื้อแก้ว ยางไหล เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงใกล้อินฟราเรด (NIR) ในช่วงความยาวคลื่น 1,100 - 2,500 นาโนเมตร มาใช้ในการทำนายอาการเนื้อแก้ว โดยพิจารณาจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำมังคุดเพื่อนำมาสร้างสมการเพื่อใช้ทำนายอาการเนื้อแก้วจากกลุ่มของมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้ว จากผลในการนำสมการทั้งสองไปใช้ทำนายพบว่าสมการน้ำมังคุดปกติได้ผลการทำนายที่แม่นยำในกลุ่มของมังคุดปกติ (R = 0.935, SEP = 0.655, bias = 0.047) และให้ผลการทำนายที่ไม่ดีในกลุ่มของมังคุดเนื้อแก้ว (R = 0.812, SEP =1.245, bias = 0.224) นอกจากนี้การใช้เทคนิคคัดแยกจากสเปตรัมที่ความยาวคลื่น 1,444 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนพลังงานที่ 0.756 สามารถใช้ในการคัดแยกได้แม่นยำ 82.5 % กล่าวได้ว่าการใช้เทคนิค NIRS มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการทำนายและคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วได้

คำสำคัญ มังคุด, อาการเนื้อแก้ว, แสงช่วงใกล้อินฟราเรด

คำนำ

มังคุดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* L. อยู่ในตระกูล Guttiferae เป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อย เป็นที่นิยมบริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศจนได้รับนามว่า “ราชินีแห่งผลไม้เมืองร้อน” (Morton, 1987) มังคุดเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เป็นพืชเศรษฐกิจที่จะต้องเร่งรัดเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อการส่งออก แต่มูลค่าและปริมาณการส่งออกของมังคุดก็ยังไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ดีเท่าที่ควรทั้งนี้เนื่องจากยังขาดวิธีคัดคุณภาพของมังคุดอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มังคุดที่ส่งออกไปมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีนัก เช่น มีผลเน่าเสียปะปนกับผลดี หรือมีลักษณะที่เป็นเนื้อแก้วปะปนกับผลปกติ “การเกิดอาการเนื้อแก้ว” ไม่สามารถตรวจสอบได้จากภายนอก คือ จะมีลักษณะเป็นเนื้อสีใสบางส่วน หรือทั้งผล เนื้อจะกรอบกว่ามังคุดทั่วไป อาการเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลยังไม่พบสาเหตุที่แน่ชัด ถ้าต้องการตรวจสอบคุณภาพของมังคุดเพื่อคัดแยก

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520
[1] Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม 73140
[2] Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

คุณภาพของมังคุด จะต้องทำการผ่าผลมังคุดออกซึ่งวิธีนี้จะทำลายผลของมังคุด (destruction) แต่ในเทคนิคที่ต้องการคือสามารถตรวจสอบคุณภาพภายในของมังคุดได้โดยไม่ต้องทำลายผลมังคุด (non-destruction)

การทำนายการเกิดอาการเนื้อแก้วในมังคุดแบบไม่ทำลาย มีนักวิจัยจำนวนมากได้พยายามที่จะหาเทคนิคเพื่อใช้ในการคัดแยก เช่น การใช้ความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะมาใช้ในการคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วกับมังคุดปกติ (ธนะชัย, 2534) แต่เนื่องจากยังคงมีความถูกต้องในการคัดแยกน้อยจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ และเคยมีงานวิจัยการใช้ความแตกต่างของความชื้นบริเวณเปลือกมาใช้ในการคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วกับมังคุดปกติเช่นกัน (Teerachaichayut et al., 2008) นอกจากนี้ได้เคยมีงานวิจัยโดยการนำเทคนิค NIR spectroscopy ช่วงความยาวคลื่นสั้นแบบทะลุผ่านมาใช้ในการทำนายอาการเนื้อแก้วภายในผลมังคุดแบบไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ (Teerachaichayut et al., 2007) และได้พัฒนาสู่ระบบออนไลน์เพื่อใช้คัดแยกคุณภาพภายในของมังคุดแบบไม่ทำลายได้สำเร็จ (Teerachaichayut et al., 2008) แต่ยังคงต้องการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาสมการทำนายน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว

คัดเลือกมังคุดที่มีระดับสี 4 ถึง 6 (สุรพงษ์ และ กวิศร์, 2522) ผ่ามังคุดเพื่อดูว่าเป็นมังคุดปกติหรือมังคุดเนื้อแก้ว และคั้นน้ำโดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้ โดยกรองด้วยผ้าขาวบางใส่บีกเกอร์ นำน้ำมังคุดที่ได้มาวัดค่าความหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้) โดยใช้เครื่อง refractometer นำน้ำมังคุดที่วัดค่าความหวานแล้วไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near - Infrared:NIR) ช่วง 1100 nm ถึง 2500 nm โดยใช้เครื่องสเปคโตมิเตอร์ (วัดค่าโดยใช้หลักการสะท้อนกลับของคลื่นแสง) ดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และสร้างโมเดลของน้ำมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วเพื่อใช้สำหรับการทำนายต่อไป

Figure 1 The NIR instrument and sample presentation of mangosteen juice.

2. การศึกษาปริมาณน้ำตาลในน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว

เก็บตัวอย่างน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว วิเคราะห์หาองค์ประกอบของปริมาณน้ำตาลกลูโคส, ซูโครส, ฟรุกโทส โดยใช้วิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography) นำสารละลายน้ำตาล (กลูโคส, ซูโครส, ฟรุกโทส) มาวัดค่าการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดด้วยเครื่อง NIRS จากนั้นทำการวิเคราะห์สเปกตรัมน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้วเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารละลายน้ำตาล (กลูโคส, ซูโครส, ฟรุกโทส)

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.1 วิเคราะห์กลุ่มน้ำมังคุดรวม นำตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่าง ทำการสุ่มแบ่งแยกออกเป็นสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกใช้เพื่อการสร้างโมเดลและปรับเทียบ จำนวน 200 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้เพื่อการทำนายจำนวน 100 ตัวอย่าง

3.2 วิเคราะห์กลุ่มน้ำมังคุดปกติ นำตัวอย่างน้ำมังคุดปกติ 213 ตัวอย่าง ทำการสุ่มแบ่งแยกออกเป็นสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกใช้เพื่อการสร้างโมเดลและปรับเทียบ จำนวน 143 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้เพื่อการทำนายจำนวน 70 ตัวอย่าง

3.3 วิเคราะห์กลุ่มน้ำมังคุดเนื้อแก้ว นำตัวอย่างน้ำมังคุดเนื้อแก้ว 87 ตัวอย่าง ทำการสุ่มแบ่งแยกออกเป็นสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกใช้เพื่อการสร้างโมเดลและปรับเทียบ จำนวน 57 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้เพื่อการทำนายจำนวน 30 ตัวอย่าง

ทั้งนี้เพื่อให้ตัวอย่างที่นำไปใช้สร้างโมเดล มาจากตัวแทนของข้อมูลทางเคมีที่ครอบคลุมทั้งหมดและเพื่อให้ตัวอย่างที่นำไปใช้ในการทำนาย มาจากตัวแทนของข้อมูลทางเคมีที่มีการกระจายตัวที่ดี ในการวิเคราะห์ จึงจัดกลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกลุ่มที่หนึ่งจะครอบคลุมข้อมูลของกลุ่มที่สอง และข้อมูลทั้งสองกลุ่มจะมีค่าการกระจาย

ใกล้เคียงกัน และทั้งนี้ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดจะทำการ pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ วิธีการ smoothing, second-order derivative และ multiplicative scatter correction (MSC) และเลือกวิธีการที่ให้ผลในการทำนายดีที่สุดไปใช้งาน

ในข้อมูลที่แยกไว้ใช้เพื่อการสร้างโมเดลและปรับเทียบของแต่ละกลุ่ม นำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลของแต่ละกลุ่ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด หรือ partial least squares regression (PLSR) และใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ทั้งนี้เพื่อให้ได้โมเดลที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม เพื่อในการวิเคราะห์เปรียบเทียบต่อไป ทั้งนี้ในการเลือกให้ได้โมเดลที่ดีที่สุดจะพิจารณาจากจำนวน latent variables (LV) ที่ให้ได้ค่าของความผิดพลาดจากการปรับเทียบ หรือ standard error of calibration (SEC) ต่ำที่สุด และมีค่า bias ต่ำ และในการประเมินประสิทธิภาพในการทำนายของโมเดลแต่ละโมเดล ใช้ข้อมูลของกลุ่มที่แยกไว้สำหรับการทำนายของแต่ละกลุ่มมาทำการทำนายโดยวิธี cross-predictions และพิจารณาเปรียบเทียบผลค่าของ correlation coefficient (R) และ ค่าของความผิดพลาดจากการทำนาย หรือ standard error of prediction (SEP) และค่า bias ที่ได้ เพื่อตัดสินว่าโมเดลแต่ละโมเดลมีความสามารถในการทำนายได้แม่นยำมากน้อยต่างกันอย่างไร โดยที่โมเดลที่มีประเมินประสิทธิภาพในการทำนายได้แม่นยำกว่าจะต้องมีค่าของ correlation coefficient ที่สูงกว่า และมีค่า SEP ที่ต่ำกว่า ทั้งนี้จะต้องมีค่า bias ที่ต่ำ ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ The Unscrambler (version 9.6, CAMO AS, Trondheim, Norway)

ผล

1. การศึกษาโมเดลทำนายน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว

จากการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำมังคุดเนื้อแก้วจะต่ำกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำมังคุดปกติ อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้วในบางตัวอย่างมีค่าของการกระจายตัวอยู่ในส่วนที่ overlap กัน

จากการเปรียบเทียบผลการทำ pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าการทำด้วย second-order derivative transformation ให้ผลต่อการสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากให้ผลค่า SEP ต่ำที่สุด

โมเดลของน้ำมังคุดในกลุ่มน้ำมังคุดรวม กลุ่มน้ำมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดเนื้อแก้วที่ได้หลังจากการทำ pretreatment ของข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดด้วยวิธี second-derivative transformation แล้ว นำมาทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลและนำไปใช้ทำนายกลุ่มน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้วได้ผลวิเคราะห์แสดงใน Table 1

Table 1 Results of prediction for classification using PLSR models

Groups of juice	Calibration				Prediction					
					Normal-flesh juice (70 samples)			Translucent-flesh juice (30 samples)		
	N	LV	R	SEC	R	SEP	Bias	R	SEP	Bias
Overall	200	6	0.945	0.634	0.947	0.553	0.052	0.863	1.027	0.122
Normal-flesh	143	6	0.966	0.462	0.935	0.655	0.047	0.812	1.245	0.224
Translucent-flesh	57	7	0.964	0.546	0.791	1.071	-0.605	0.831	1.134	-0.166

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า โมเดลของน้ำมังคุดปกติเหมาะสมในการใช้ทำนายกับกลุ่มของน้ำมังคุดปกติ (SEP = 0.655 and bias = 0.047) แต่ให้ผลไม่ดีเมื่อใช้ทำนายกับกลุ่มน้ำมังคุดเนื้อแก้ว (SEP = 1.245 and bias = 0.224) ขณะที่โมเดลของน้ำมังคุดเนื้อแก้วไม่เหมาะสมในการใช้ทำนายกับกลุ่มน้ำมังคุดเนื้อแก้ว (SEP = 1.134 and bias = -0.166) และกลุ่มของน้ำมังคุดปกติ (SEP = 1.071 and bias = -0.605) ส่วนโมเดลของน้ำมังคุดรวมเหมาะสมในการใช้ทำนายกับกลุ่มของน้ำมังคุดปกติ (SEP = 0.553 and bias = 0.052) แต่ให้ผลไม่ดีเมื่อใช้ทำนายกับกลุ่มน้ำมังคุดเนื้อแก้ว (SEP = 1.027 and bias = 0.122) เช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าโมเดลของน้ำมังคุดของทุกกลุ่ม เมื่อนำไปใช้ในการทำนายน้ำมังคุดเนื้อแก้วแล้วจะให้ผลที่ไม่ดีทั้งหมด

2. การศึกษาปริมาณน้ำตาลในน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว

จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณสารละลายน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และฟรุกโทสในน้ำมังคุดปกติและในน้ำมังคุดเนื้อแก้วมีปริมาณที่แตกต่างกัน และพบว่าที่ความยาวคลื่น 1,444 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมีมากกว่าสารละลายน้ำตาลอีกสองชนิดที่เหลือดังแสดงใน Figure 2

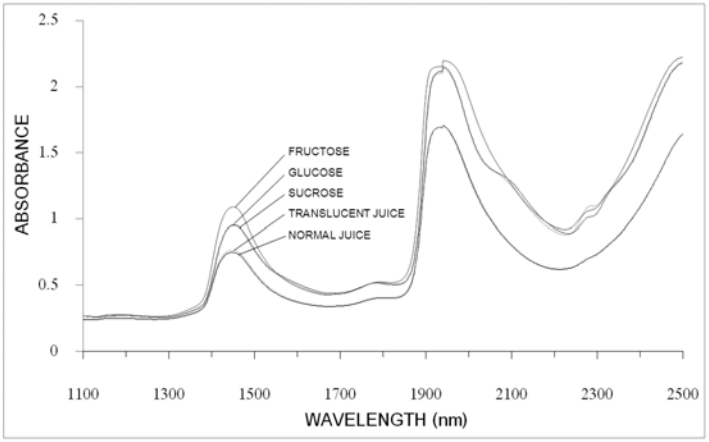

Figure 2 Absorbance spectra of normal-flesh juice and translucent -flesh juice comparing with sugar glucose and fructose solution

ที่ความยาวคลื่น 1444 นาโนเมตร เมื่อนำมาใช้คัดแยกระหว่างน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว พบว่าที่ค่าการดูดกลืนแสง 0.756 สามารถแบ่งแยกน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้วได้อย่างถูกต้อง 82.5%

วิจารณ์และสรุป

โมเดลของน้ำมังคุดรวมหรือโมเดลของน้ำมังคุดปกติที่สร้างจากข้อมูลที่ทำ pretreatment ด้วยวิธี second-derivative transformation สามารถนำไปใช้ในการทำนายกลุ่มของน้ำมังคุดปกติได้อย่างแม่นยำ แต่ได้ผลไม่ดีเมื่อนำไปทำนายกลุ่มของมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว โดยทุกโมเดลของน้ำมังคุด เมื่อนำไปใช้ทำนายกลุ่มของมังคุดเนื้อแก้วจะได้ผลที่ไม่ดีเลย และสำหรับการพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 1,444 นาโนเมตร ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการคัดแยกน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้ว ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าการใช้เทคนิค NIR ในการคัดแยกน้ำมังคุดปกติและน้ำมังคุดเนื้อแก้วมีความเป็นไปได้ จากผลที่ได้นี้จึงมีความสำคัญในการนำไปพัฒนาระบบที่ใช้ในการคัดแยกคุณภาพมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติให้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไป

คำขอบคุณ

ในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นได้ด้วยดีและต้องขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนพลังงานแสงด้วยเครื่อง NIR Spectrometer

เอกสารอ้างอิง

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2534. การศึกษาวิธีการคัดคุณภาพของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และ กวิศร์ วาณิชกุล. 2522. คู่มือดัชนีการเก็บเกี่ยวมังคุด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Teerachaichayut, S., K.Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase, Y. Nakanishi. 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. Postharvest Biology and Technology 43, 202-206

Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, and S. Pathaveerat. 2008. Multiple parameters for prediction of translucent Flesh in mangosteens. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal Vol.X. Manuscript FP 08 007.

Teerachaichayut, S., W. Thanapase, K. Shigefugi, T. Otoi, Y. Nitta, S. Saranwong, and S. Kawano. 2008. Online near infrared detection of translucent and gamboge mangosteen. Proceeding of the First Asian NIR Symposium and The 24th Japanese NIR Forum,158-159. Tsukuba city, Japan, 10-14 November.