

การใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการประเมินความฝาดของพลับพันธ์ P2 แบบไม่ทำลาย

Non-Destructive Technique for Prediction of Astringency in P2 Persimmon by Near Infrared Spectroscopy

สิรินาถ น้อยพิทักษ์¹ อนุปันท์ เทอดวงศ์วรกุล¹ และ กฤษณา กฤษณพุกดี²
Sirinad Noypitak¹, Anupun Terdwongworakul¹ and Krisana Krisanapook²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่อง NIR Spectrophotometer 2 ชนิด ที่มีโหมดการวัดแบบส่องผ่าน (Transmission) และแบบอินเตอร์แอคแตนซ์ (Interactance) เพื่อประเมินค่าความฝาดในผลพลับ โดยแบ่งผลพลับฝาดพันธุ์ P2 จำนวน 219 ผล เป็น 4 กลุ่ม พลับกลุ่มที่ 1 ถูกควบคุมให้มีระดับความฝาดเช่นเดิม ส่วนกลุ่มที่ 2-4 ทำการขจัดความฝาดด้วยการรม CO₂ ที่อุณหภูมิ 5°C, 15°C และ 25°C แล้ววิเคราะห์สร้างสมการทำนายเชิงปริมาณด้วยวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) จากการวิจัยพบว่า โหมดการวัดแบบ Interactance มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการทำนายค่าความฝาดในผลพลับมากกว่าเครื่อง NIR แบบ Transmission โดยให้ค่า R สูงสุดเท่ากับ 0.95 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.17 เนื่องจากแทนนินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดความฝาดในผลพลับส่วนใหญ่จะมีการกระจายตัวใกล้บริเวณเปลือก ทำให้ข้อมูลสเปกตรัมจากการวัดแบบ Interactance มีความเหมาะสมมากกว่าแบบ Transmission ที่มีข้อมูลสเปกตรัมของเนื้อผลส่วนอื่นที่อาจไม่มีแทนนินด้วย

ABSTRACT

In this study, two types of NIR Spectrophotometer in transmission and interactance modes were compared based on their performance in persimmon astringency quantification. A set of 219 fruits of P2 persimmons was divided into four groups. Group 1 was controlled at room temperature and Groups 2-4 were fumigated with CO₂ at 5°C, 15°C and 25°C, respectively. The predictive models were built using Partial Least Squares Regression (PLSR). It was found that NIR Spectrophotometer in the interactance mode provided more accurate predictions than the transmission mode. The prediction correlation coefficient of interactance mode was 0.95 and root mean square error of prediction was 0.17. This was because tannin substance which produces astringent taste in persimmon fruit has distribution of tannin in proximity to peel. This meant spectral information from interactance mode contained spectral information of the tannin-affected flesh while the transmission mode included more irrelevant spectral information.

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng saen, Kasetsart University, Kamphaeng saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

² ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng saen, Kasetsart University, Kamphaeng saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

คำนำ

พลับ (*Diospyros kki L.*) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่สำคัญของมูลนิธิโครงการหลวงของประเทศไทย ที่มีการขยายพื้นที่ปลูกในทุกๆปี โดยพลับพันธุ์ Xichu หรือ P2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากไต้หวัน เป็นพลับพันธุ์หลักที่มีการปลูกในพื้นที่ดูแลของมูลนิธิโครงการหลวงมากกว่า 90% ของพลับทั้งหมด (Krisanapook *et al.*, 1997) เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูงของประเทศไทย ถึงแม้จะมีผลค่อนข้างเล็กแต่ให้ผลผลิตต่อต้นสูง และยังมีรสชาติดี ทั้งยังมีโรคและแมลงศัตรูพืชน้อย อีกทั้งผลของพลับพันธุ์นี้ยังสามารถจัดความฝาดได้ง่าย

พลับพันธุ์ P2 จัดเป็นพลับฝาด (astringent type) ที่มีสีเนื้อคงที่ไม่ว่าจะมีการผสมเกสรหรือไม่ก็ตาม (pollination constant) ก่อนทำการจำหน่ายเกษตรกรต้องทำการจัดความฝาดด้วยการรมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Khademi *et al.*, 2010; Matsuo and Ito, 1977; Vidrih *et al.*, 1994) หรือใช้ระบบสุญญากาศ แต่พบว่ายังมีปัญหาพลับมีรสชาติฝาดเมื่อนำออกจำหน่าย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการจำหน่ายพลับ สารที่ก่อให้เกิดความฝาดคือ แทนนินที่ละลายน้ำได้ (soluble tannin) ปกติพลับฝาดมีปริมาณแทนนินอยู่ที่ 0.80-1.94% ของน้ำหนักผล (Ito, 1980) โดยที่สารแทนนินนี้คือ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ความเข้มข้นของแทนนินที่อยู่ในผลพลับฝาดจะลดลงได้เมื่อถูกจัดด้วยวิธีต่างๆ หรือเมื่อพลับสุกเต็มที่จนผลนิ่ม (Khademi *et al.*, 2010)

การตรวจสอบความฝาดของพลับทำได้โดยการชิมหรือวัดหาปริมาณแทนนินด้วยวิธี Tannin Print (Ito *et al.*, 1997; Orihuel-Iranzo *et al.*, 2003) หรือด้วยวิธี Folin-Denis (Khademi *et al.*, 2010; Orihuel-Iranzo *et al.*, 2003; Yong and Renzi, 2003) ซึ่งให้ผลละเอียดชัดเจน แต่ล้วนเป็นวิธีที่ไม่สะดวก ต้องสิ้นเปลืองสารเคมี ทั้งยังทำลายตัวอย่าง ในปัจจุบันมีเทคนิคการตรวจสอบผลผลิตทางการเกษตรแบบไม่ทำลายตัวอย่าง ด้วยวิธีสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (near infrared spectroscopy) เป็นที่สนใจของนักวิจัย เนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็ว ประหยัด มีความแม่นยำในการวัดองค์ประกอบภายในของผลผลิตเกษตรและอาหารโดยไม่ทำลายตัวอย่าง (Fu *et al.*, 2007; Terdwongworakul *et al.*, 2012) ซึ่งหากวิธีการนี้สามารถนำมาใช้ตรวจสอบปริมาณความฝาดในผลพลับโดยไม่ทำลายตัวอย่างก็จะเป็นวิธีที่เหมาะสม ทำให้สามารถประเมินฝาดในผลพลับก่อนการจำหน่าย อย่างไรก็ตาม การใช้อุปกรณ์ที่สะดวกต่อการพกพาก็เป็นอุปกรณ์ที่น่าสนใจ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำโหมดสะท้อนกลับมาทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับโหมดส่องผ่านซึ่งที่มีคุณภาพสูง เพื่อศึกษาผลการทำนายปริมาณแทนนินในผลพลับ และเปรียบเทียบโมเดลการทำนายระหว่างเครื่อง NIR ทั้งโหมดส่องผ่านและโหมดสะท้อนกลับ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างผลพลับ

เตรียมผลพลับพันธุ์ P2 จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น และหน่วยวิจัยขุนห้วยแห้ง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ รวม 219 ผล (เก็บผลได้ช่วง ก.ค.-ก.ย. 53) นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ ทำการแบ่งผลพลับทั้งหมดแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามกระบวนการลดความฝาด เพื่อให้ตัวอย่างมีความฝาด หรือปริมาณแทนนินที่แตกต่างกัน โดยผลพลับในกลุ่มที่ 1 วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)

เป็นเวลา 2 วัน โดยไม่มีการขจัดความฝาดจึงมีความฝาดหรือปริมาณแทนนินมากที่สุด ส่วนผลับในกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 บรรจุลงในถุงพลาสติกดูอากาศภายในถุงออก จากนั้นบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์จนเต็มถุง แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 5, 15 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เป็นเวลา 2 วัน ซึ่งจะมีความฝาดลดลงในระดับต่างๆกัน (พิทยา, 2542)

การวัดค่าสเปกตรัมของผลพลับ

เนื่องจากผลพลับพันธุ์นี้มีความแตกต่างของแทนนินที่ผิวได้เปลือกโดยรอบผลในแนวระนาบที่ตั้งฉากกับแกนซั้ว ดังนั้นจึงนำผลพลับทั้งหมดมาวัดการดูดกลืนแสงย่านใกล้อินฟราเรดด้วย Spectrophotometer 2 ชนิด คือ เครื่อง Near Infrared Spectrophotometer (FQA-NIR GUN; FANTEC Research Institute, Kosai, Japan) ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบพกพา มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 600-1,100 นาโนเมตร โดยตั้งค่า measurement mode setting 30 ms ด้วยรูปแบบการวัดแบบอินเตอแรกแตนซ์ (interactance) และ เครื่อง Near Infrared Spectrophotometer (PureSpect, Saika Technological Institute Foundation, Wagayama, Japan) ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่น 660-960 นาโนเมตร ตั้งค่า Integration time 200 ms ต้นกำเนิดแสงต่อฟุ้งกับสาย fiber optic มีระยะห่างจาก detector 11 cm. ด้วยรูปแบบการวัดแบบส่องผ่าน (transmission) ในแต่ละผลวัด 12 จุด (Fig 1)

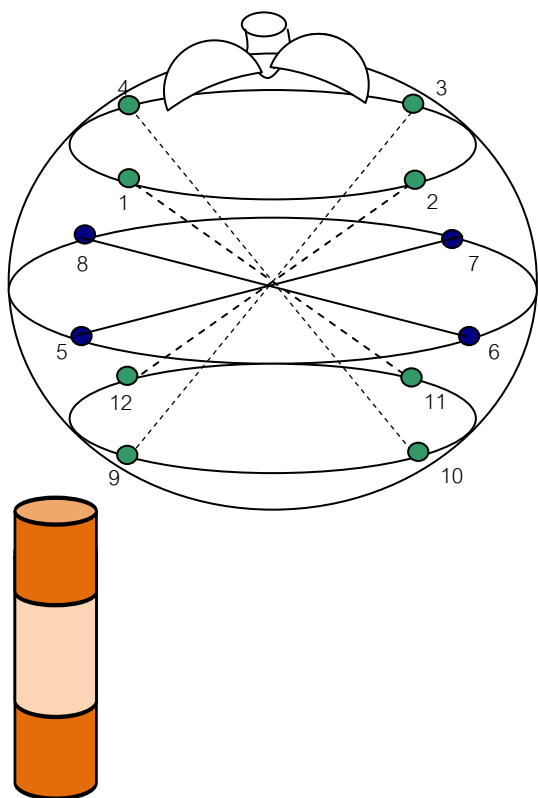


Fig 1. Twelve positions of spectral measurements on persimmon.

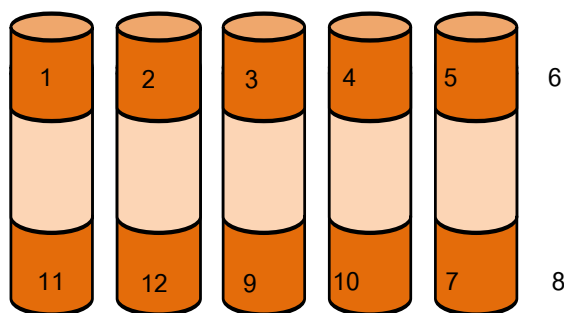


Fig 2. Six cylindrical flesh samples of persimmon determination of tannin content (12 positions).

การวิเคราะห์ค่าความฝาดของพลับ

นำผลพลับ (Fig 1) มาเจาะเป็นแท่งทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.65 mm โดยแท่งเนื้อพลับแต่ละแท่งจะตรงกับจุดวัด 2 จุดดัง Fig 2 นำส่วนเนื้อบริเวณเปลือกและแกนกลางของผลวัดปริมาณแทนนินด้วยวิธี Folin test สำหรับเป็นค่าอ้างอิงความฝาด โดยวัดค่าความฝาดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ total phenolic compound ซึ่งส่วนใหญ่คือ สารแทนนิน (tannin) ซึ่งถือว่าพลับที่ไม่มีความฝาดจะมีปริมาณ total phenolic compound ไม่เกิน 0.8% ซึ่งมีวิธีการดัดแปลงจาก Hai-Feng et al. (2008) ดังนี้

นำตัวอย่างเนื้อผลพลับ 1 g มาผสมกับแอลกอฮอล์ 80% 9 mL แล้วปั่นให้ละเอียดด้วย Homogenizer แล้วเหวี่ยงตัวอย่างด้วยเครื่อง Centrifuge ที่แรงเหวี่ยง 12,000 rpm ที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที รินเอาส่วนใส (supernatant) มาใช้วิเคราะห์ ไปเปทตัวอย่าง 1 mL ลงในหลอดทดลอง ขนาด 25 mL แล้วเติมสารละลาย Folin-Denis ลงไป 5 mL เขย่าให้เข้ากันด้วย Vortex mixture จากนั้นเติมสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) ลงไป 4 mL เขย่าด้วย Vortex mixture อีกครั้ง วางหลอดทดลองที่ผสมสารต่างๆ แล้วไว้ใน Water bath ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงย้ายไปไว้ในอ่างน้ำละลายน้ำแข็ง 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จึงย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิห้องให้หายเย็น อ่าน Absorbance ที่ 760 nm ด้วยเครื่อง UV/Vis Spectrophotometer แล้วรายงานผลเป็นค่า Absorbance ที่ 760 nm แล้วเปรียบเทียบกับ standard curve ของ tannic acid

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลการดูดกลืนแสงมาตรวจสอบตัดข้อมูลที่ผิดปกติ และทำการปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรม Unscamber version 9.7 ด้วยวิธี Smoothing แบบ Savitzky Golay, วิธี First derivative (1D), วิธี Second derivative (2D) แบบ Savitzky Golay วิธี Multiplicative scatter correction (MSC), วิธี Standard normal variate (SNV) นอกจากนั้นยังได้นำแต่ละวิธีมาปรับแต่งร่วมกัน แบ่งตัวอย่างออกเป็นกลุ่มแคลิเบรชัน (Calibration) และแวลิดเอชัน (Validation) ในอัตราส่วน 2:1 โดยนำค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินมาเรียงลำดับจากค่าน้อยไปค่ามาก เลือกตัวอย่างที่มีค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินมากที่สุดและน้อยที่สุดให้อยู่ในกลุ่มแคลิเบรชัน นำข้อมูลการดูดกลืนแสงอินฟราเรดย่านใกล้มาวิเคราะห์สร้างสมการการทำนายเชิงปริมาณด้วยวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) แบบ full cross validation

ผลการทดลองและวิจารณ์

หลังจากนำค่าสเปกตรัมที่ได้จากเครื่อง PureSpect และเครื่อง NIR-GUN และค่าทางเคมี จากผลพลับทั้ง 219 ผลไปตรวจสอบ outlier พบว่าในจำนวนนี้ทำการตัดทิ้ง 3 ผล เนื่องจากมี outlier จากค่าทางเคมี 2 ผล และจากความผิดปกติของสเปกตรัม 1 ผล แล้วจึงนำผลพลับที่เหลือทั้ง 216 ผล ไปทำการวิเคราะห์ผลต่อไป

ค่าทางเคมีของผลพลับ

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินระหว่างแต่ละด้านของกลุ่มผลพลับพันธุ์ P2 พบว่า พลับกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2-4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์แทนนินกลุ่มที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งให้เห็นว่าหากต้องการขจัดความฝาดอย่างสมบูรณ์โดยมี

ปริมาณแทนนินต่ำกว่า 0.8% จำเป็นต้องรม CO₂ ที่อุณหภูมิ 5°C หากรม CO₂ ที่อุณหภูมิสูงจะพบว่ายังคงมีความฝาดหลงเหลืออยู่ในบางจุด ดัง Table 1 อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า ปริมาณแทนนินที่ตำแหน่งแกนกลางมีค่าต่ำกว่าที่ตำแหน่งเนื้อผลอย่างชัดเจนในกลุ่มที่ 1

Table 1. Percentage of tannin in flesh near the surface (216 fruits) and flesh at the centre of fruit (204 fruits). Group 1 was kept at room temperature and Groups 2-4 were treated by CO₂ at 5°C, 15°C and 25°C, respectively.

Group	Flesh near the surface				Flesh at the centre of fruit			
	Number (sides)	Min.	Max.	Tannin percentage Avg ± SD	Number (fruits)	Min.	Max.	Tannin percentage Avg ± SD
1	912	0.04	2.22	1.19±0.33 ^a	75	0	1.72	0.28±0.32 ^a
2	348	0	0.08	0.03±0.01 ^b	27	0.01	0.05	0.02±0.01 ^b
3	456	0	0.92	0.09±0.09 ^c	30	0.01	0.15	0.05±0.03 ^b
4	876	0	2.03	0.10±0.19 ^c	72	0	0.19	0.03±0.03 ^b

Different superscripts in the same column mean that the values are significantly different ($p \leq 0.05$) by Duncan's method.

สเปกตรัมของผลพลับ

ข้อมูลสเปกตรัมจากโหมด Transmission และโหมด Interactance จะถูกนำมาปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ก่อนการวิเคราะห์ เนื่องจากมีสัญญาณรบกวนสูงในช่วงต้นและช่วงท้ายของสเปกตรัมจึงทำการตัดออก ให้อยู่ในช่วง 678-943 nm ในโหมด Transmission และช่วง 700-1050 nm ในโหมด Interactance เส้นสเปกตรัมเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มพลับฝาดและกลุ่มพลับที่ถูกลดความฝาดแล้วมีความแตกต่างกันดังแสดงใน Fig 3 มีลักษณะการดูดกลืนแสงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fu *et al.* (2007) ได้รายงานการจำแนกผลสาลีที่ดีและผลสาลีที่เกิดอาการ brown heart ซึ่งพบว่า ช่วงการดูดกลืนแสงตั้งแต่ 750 nm ขึ้นไปของสาลีที่ไม่มีอาการ brown heart ซึ่งจะมีปริมาณสารประกอบ Phenolic สูงกว่าเช่นเดียวกับผลพลับฝาด มีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่าผลที่มีอาการ brown heart

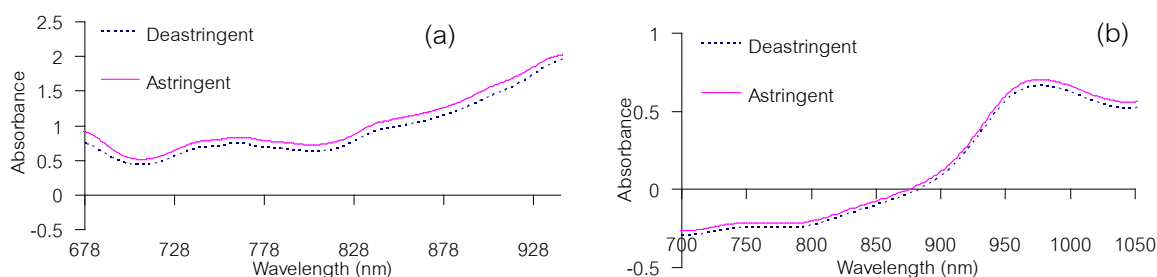


Fig 3. Averages of absorbance spectra of astringent and de-astringent persimmons from the surface (216 fruits) a) PureSpect b) FQA-NIR GUN.

การวิเคราะห์ผล

ในการสร้างโมเดลในการทำนายปริมาณแทนนิน ได้นำข้อมูลสเปกตรัมเริ่มต้น (Original Spectra) ของเครื่อง PureSpect และ NIR-GUN ของผลพลับมาทำการปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ แล้ววิเคราะห์สร้าง model ในการทำนาย โดยวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) และวิธี Full cross validation พบว่า โมเดลการทำนายค่าความฝาด จากเครื่อง NIR-GUN ที่ทำการเฉลี่ยสเปกตรัมทั้ง 12 จุด ในแต่ละผล จำนวน 216 ผล มาปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Smoothing ร่วมกับวิธี Second derivative (2D) ให้ผลการทำนายดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกโมเดล มีค่า R เท่ากับ 0.95 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.17 แสดงดัง Table 2 โดย scatter plot ของค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินจริง และค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินที่ทำนายได้จากเครื่อง NIR-GUN ของกลุ่ม validation แสดงไว้ใน Fig 4 a) ส่วนข้อมูลการดูดกลืนแสงของผลพลับที่นำแต่ละจุด (12 จุด) ในแต่ละผล ให้การทำนายโดยมีค่า R เท่ากับ 0.87 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.30 แสดงดัง Table 2 โมเดลที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าข้อมูลจากเครื่อง PureSpect ที่พบว่า ข้อมูลการดูดกลืนแสงของผลพลับที่ทำการเฉลี่ยทั้ง 12 จุด ในแต่ละผล จำนวน 216 ผล มาปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Smoothing ร่วมกับวิธี Second derivative (2D) จะมีค่า R เท่ากับ 0.91 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.23 โดย scatter plot ของค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินจริง และค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินที่ทำนายได้จากเครื่อง PureSpect ของกลุ่ม validation แสดงไว้ใน Fig 4 b) ส่วนข้อมูลการดูดกลืนแสงของผลพลับที่นำแต่ละจุด (12 จุด) ในแต่ละผล จำนวน 216 ผล มีค่า R เท่ากับ 0.78 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.36 แสดงดัง Table 2

Table 2. Statistics of calibration models for percentage of tannin in persimmon.

instruments	positions	Pretreatment	Factors	R	RMSEP
PureSpect	Average of 12 positions	S21+2D5	6	0.91	0.23
	Each position	S21+2D5	11	0.78	0.36
NIR-GUN	Average of 12 positions	S3+2D3	4	0.95	0.17
	Each position	S3+2D3	7	0.85	0.30

S(i) = Smoothing, 2D(i) = Second derivative, i = Number of smoothing points

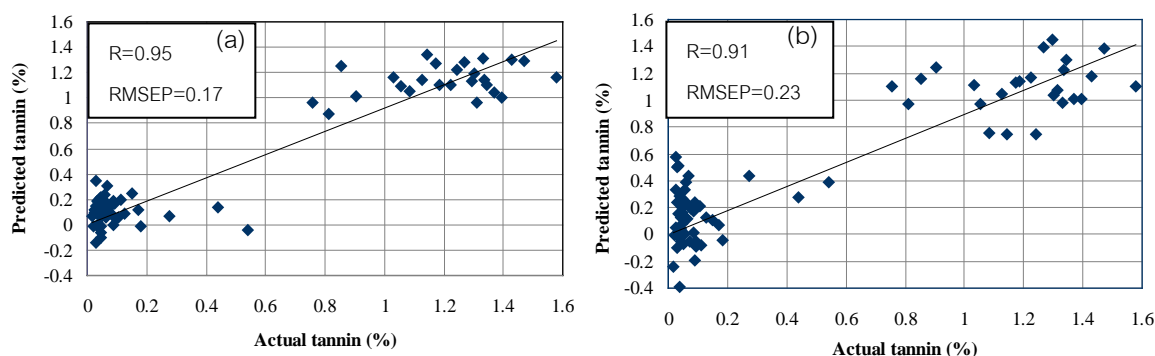


Fig 4. Prediction plots of the percentage of tannin by models based on spectra from 12 measurement positions using a) intertance mode b) transmission.

โดยเมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินที่วัดโดยวิธี Folin Dennis จะพบว่า มีการกระจายของปริมาณแทนนินในผลไม่เท่ากัน โดยบางจุดจะมีค่าเปอร์เซ็นต์แทนนินสูงบางจุดต่ำ จาก Table 1 สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่รมด้วย CO₂ ทั้ง 3 วิธีนั้นความแตกต่างของค่าแทนนินในส่วนของเนื้อติดกับผิวจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะวิธีที่ 2 และ 3 อย่างไรก็ตามแทนนิน ของส่วนเนื้อที่กลางผลของทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ นั้นหมายความว่าความแปรปรวนหรือความแตกต่างของค่าแทนนิน จะเกิดกับเนื้อในส่วนที่ใกล้เปลือก ซึ่งการวัดแบบ Interactance จะได้ข้อมูลเชิงสเปกตรัมของเนื้อใกล้เปลือกโดยตรง ในขณะที่การวัดแบบ Transmission จะมีข้อมูลเชิงสเปกตรัมของเนื้อใกล้เปลือก และเนื้อส่วนกลาง ซึ่งอาจรวมถึงช่องว่างหรือเมล็ดซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน ดังนั้นหากใช้เครื่อง PureSpect ซึ่งมีโหมดการวัดแบบ Transmission ข้อมูลการดูดกลืนแสงในแต่ละตำแหน่งจะได้มาจากแสงที่ส่องผ่านตลอดผลแล้วเข้าสู่ detector เช่น ข้อมูลการดูดกลืนแสงในตำแหน่งที่ 1 เกิดจากข้อมูลของแสงจากตำแหน่งที่ 1 ผ่านแกนกลางผล และผ่านมายังตำแหน่งที่ 11 เข้าสู่ detector จึงทำให้มีการทำนายที่คลาดเคลื่อนมากกว่าเครื่อง NIR-GUN ที่มีโหมดการวัดแบบ Interactance แสงที่ผ่านเข้าไปในผลลับในแต่ละตำแหน่งจะถูกดูดกลืนและสะท้อนกลับออกมาสู่ detector จึงทำให้ได้ช่วงข้อมูลแทนนินของผลลับที่ชัดเจนเฉพาะบริเวณเนื้อ ลดผลกระทบที่เกิดจากลักษณะทางสรีรวิทยาของผลลับ ถึงแม้ว่า Fu et al., (2007) ได้อธิบายว่าโหมดการวัดแบบ Transmission นั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าโหมด Reflectance ในกรณีการตรวจสอบอากาศไร้ด้า ซึ่งอากาศจะปรากฏบริเวณแกนกลางของผลสาลีจึงต้องการโหมดการวัดที่ทะลุผ่าน แต่ในกรณีของผลลับนั้นโหมด Interactance ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเนื่องจากให้เฉพาะข้อมูลเนื้อในส่วนที่บริเวณจริง ดังนั้นการเลือกใช้โหมดการวัดตัวอย่างให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้ได้โมเดลการทำนายที่ดีที่สุด

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยพบว่าเทคนิค NIR มีประสิทธิภาพในการทำนายปริมาณแทนนินซึ่งเป็นตัวแทนความฝาดในผลลับโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง NIR Spectrophotometer โหมด Interactance ซึ่งให้ข้อมูลเฉพาะจุด มีความเหมาะสมกับการทำนายปริมาณแทนนินในผลลับพันธุ์ P2 มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโหมดส่องผ่าน เนื่องมาจากค่าแทนนินกระจายตัวอยู่ในเนื้อ และแกนของผลมีปริมาณแตกต่างกัน โดยโมเดลทำนายดีที่สุด มีค่า R เท่ากับ 0.95 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.17 ซึ่งได้จากเครื่อง NIR แบบพกพา ซึ่งมีโหมดการทำงานเหมาะสมกับการวัดตัวอย่างผลลับ และมีความสะดวกต่อการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มูลนิธิโครงการหลวง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาสับสนุนงบประมาณการวิจัย และขอขอบคุณสถาบันคันค้ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือวัด NIR Spectrophotometer

เอกสารอ้างอิง

- พิทยา วงษ์ช้าง. 2542. **คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลพลับที่ผ่านการกำจัดความฝาด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Fu, X., Ying, Y., Lu, H., and Xu, H. 2007. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. **Journal of Food Engineering** 83(3): 317-323.
- Hai-Feng, G., Chun-Mei, L., Yu-juan, X., Wan-feng, H., Mei-hong, C., and Qiong-hong, W. 2008. Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. **Food Research International** 41: 208-217.
- Ito, S. 1980. In **Tropical and Subtropical Fruit; composition, properties and uses**: AVI Publishing, Inc.
- Ito, S., Ootake, Y., and Kito, I. 1997. Classification of astringency in pollination variant non-astringent persimmon fruits cv. 'Nisimura-wase' by near infrared spectroscopy. **Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center** 29: 213-218.
- Khademi, O., Mostofi, Y., Zamani, Z., and Fatahi, R. 2010. The effect of deastringency treatments on increasing the marketability of persimmon fruit. **Acta Horticulturae** 877: 687-691.
- Krisanapook, K., Subhadrabandhu, S., Saleeto, S., Niraparath, S., and Sirisuk, S. 1997. Effects of some growth regulators on growth of persimmon fruits cvs. Xichu and Fuyu. **Acta Horticulturae** 436: 261-266.
- Matsuo, T., and Ito, S. 1977. On mechanisms of removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide treatment I. Some properties of the two processes in the de-astringency. **The Japanese Society of Plant Physiologists** 18: 17-25.
- Orihuel-Iranzo, B., Caus-Pertegaz, J., and Planells-Balsalobre, A. 2003. Characterization and measurement of astringency and tannin content in "Rojo Brillante" persimmon. **Acta Horticulturae** 601: 227-231.
- Terdwongworakul, A., Nakawajana, N., Teerachaichayut, S., and Janhira, A. 2012. Determination of translucent content in mangosteen by means of near infrared transmission. **Journal of Food Engineering** 109(1): 114-119.
- Vidrih, R., Simcic, M., Hribar, J., and Plestenjak, A. 1994. Astringency removal by high CO₂ treatment in persimmon fruit (*Diospyros kaki*). **Acta Horticulturae** 368: 652-666.
- Yong, Y., and Renzi, W. 2003. Difference in fruit vitamin C, soluble solids content and soluble tannin content in PCNA, PVNA and PCA persimmon cultivars in China. **Acta Horticulturae** 601: 239-243.