การประเมินคุณภาพอะโวกาโดพันธุ์บัคคาเนียที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีย่านใกล้อินฟาเรด

Quality assessment of “Buccaneer” avocado cultivated in Chiang Mai by near infrared spectroscopy

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1,2], จารุบุตร สารรักษ์[1], ปณต อ่วมทร[1], สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา[1] และวาริช ศรีละออง[3]

Ronnarit Rittiron[1,2], Jarubud Sararuk[1], Panote Uomthorn[1], Sureeporn Narongwongwattana[1] and Varit Srilaong[3]

Abstract

Avocado is an indigenous plant of South America. Avocado plants were introduced in Thailand by American missionaries. The consumption of Avocado increases due to its numerous nutrition facts, which is different from other fruits. Conventional quality assessment of avocado was done on the chemical composition and physical properties, which had many drawbacks such as complicacy, time consuming and destruction. The non-destructive quality analysis by Near Infrared (NIR) technique could be an alternative method. Two calibration equations were developed by using relationship between NIR absorbance and dry matter (DM), fat content of “Buccaneer” avocado using multiple linear regression (MLR) models. The calibration equations at wavelength range of 700-1000 nm could predict DM with Correlation Coefficient (R) = 0.86, Standard Error of Calibration (SEC) = 1.14 %DM, Standard Error of Prediction (SEP) = 1.15 %DM and Bias = 0.16 %DM, and predict fat content with R = 0.71, SEC = 2.49 %fat, SEP = 2.35 %fat and Bias= -0.11 %fat. Results showed that, the predicted values obtained from both of the calibration equations were not significant difference from the actual values obtained by conventional analysis at confidence interval 95%.

Keywords: Avocado, Near Infrared, quality assessment

บทคัดย่อ

อะโวกาโดเป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอเมริกากลาง และได้เริ่มมีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยโดยมิชชันนารีชาวอเมริกัน ซึ่งความนิยมในการบริโภคอะโวกาโดนั้นเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการของอะโวกาโดที่มีมากแตกต่างจากผลไม้ชนิดอื่น แต่การวิเคราะห์คุณภาพของอะโวกาโดเพื่อการบริโภคโดยอาศัยปริมาณส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่ซับซ้อนใช้เวลานาน และต้องทำลายตัวอย่าง ดังนั้นการวิเคราะห์คุณภาพแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคNear Infrared(NIR) spectroscopy จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนพลังงานย่าน NIR กับค่ามวลแห้ง และปริมาณไขมันของอะโวกาโดพันธุ์บัคคาเนียโดยอาศัยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ สมการเทียบมาตรฐานที่ได้ในช่วงความยาวคลื่น 700-1000nm สามารถทำนายค่ามวลแห้งด้วยค่า Correlation Coefficient (R) = 0.86, Standard Error of Calibration (SEC) = 1.14 %DM, Standard Error of Prediction(SEP) = 1.15 %DM และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยในการทำนาย (Bias) = 0.16 %DM ทำนายปริมาณไขมันด้วยค่า R = 0.71, SEC = 2.49 %Fat, SEP = 2.35 %Fat และ Bias = -0.11 %Fat โดยค่าทำนายจากทั้งสองสมการไม่แตกต่างจากค่าจริงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ: อะโวกาโด, อินฟาเรดย่านใกล้, การประเมินคุณภาพ

คำนำ

อะโวกาโดเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการบริโภค และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นสืบเนื่องมาจากการรับวัฒนธรรมการรับประทานจากต่างประเทศ และทราบคุณค่าทางโภชนาการของอะโวกาโดที่มีมากแตกต่างจากผลไม้ชนิดอื่นมูลนิธิโครงการหลวงจึงได้ส่งเสริมให้มีเพาะปลูกอะโวกาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ต่างๆของประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ แต่การที่จะได้บริโภคอะโวกาโดที่มีความบริบูรณ์ หรือความสุกแก่ที่เหมาะสมนั้น สามารถสังเกตจากลักษณะภายนอกได้ยาก เนื่องจาก

[1]ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม 73140

[1]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

[3] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน, กรุงเทพฯ 10140

[3]School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bang Khun Thian Campus, Bankok, 10140

การเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณเปลือก ไม่เกี่ยวข้องกับความสุกแก่ภายในผล ดังนั้นจึงต้องอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานผลิตผลอะโวกาโดที่จำหน่ายในประเทศ ดังนั้นสำนักงานมาตรฐานสินค้าและอาหารแห่งชาติจึงมีแนวคิดที่จะกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการประเมินคุณภาพของอะโวกาโด โดยมอบหมายให้มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นผู้กำหนดเกณฑ์ อย่างไรก็ดีวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีจะใช้เวลานาน อีกทั้งต้องทำการสุ่มตัวอย่างในการตรวจส่งผลให้ได้คุณภาพของอะโวกาโดไม่สม่ำเสมอ และเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ต้องทำลายตัวอย่าง ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียต่อผู้ผลิต

เทคโนโลยีการใช้รังสีสเปกตรัมย่านใกล้อินฟาเรด (Near Infrared Spectroscopy, NIR) เป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่ง ที่เป็นการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย โดยเป็นเทคนิคที่สามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ประหยัดเวลา และช่วยลดต้นทุนในการใช้สารเคมีในระยะยาว นิยมใช้กันในภาคอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีย่านใกล้อินฟาเรด ในงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบภายในอะโวกาโดมากมาย เช่น งานวิจัยของ Clark *et al*. (2003) หามวลแห้งในอะโวกาโดพันธุ์แฮสด้วยเทคนิคสเปกตรัมย่านใกล้อินฟาเรด และงานวิจัยของ Blakey *et al*. (2009) ศึกษารูปแบบการสุกของผลอะโวกาโด โดยคาดคะเนปริมาณน้ำด้วยเทคนิคสเปกตรัมย่านใกล้อินฟาเรด เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐานในการประเมินค่ามวลแห้ง (Dry Matter) และปริมาณไขมัน (Fat) ซึ่งเป็นคุณภาพที่บ่งบอกความบริบูรณ์ อย่างรวดเร็วและไม่ทำลาย เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพผลอะโวกาโดพันธุ์พันธ์บัคคาเนียร์ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลอะโวกาโดจำนวน 195 ผล จะถูกบ่มที่ระยะเวลาแตกต่างกัน เพื่อแปรผันค่ามวลแห้ง และปริมาณไขมันให้มีความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น โดยทำการเก็บผลอะโวกาโดทั้งหมดไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแบ่งผลอะโวกาโดออกเป็น 4 กลุ่ม แล้วนำออกมาบ่มในอุณหภูมิปกติทีละกลุ่มในระยะเวลาบ่ม 3 วัน, 2 วัน และ 1 วัน ส่วนกลุ่มที่ 4 ไม่ต้องทำการบ่ม หลังจากบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด ผลอะโวกาโดจะถูกวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพารุ่น FQA-NIR GUN (Fantec, Japan) บริเวณแก้ม (Figure 1)

Figure 1 Spectra measurement using portable NIR Spectrometer (FQA-NIRGUN)

จากนั้นวิเคราะห์ค่ามวลแห้ง โดยหั่นเนื้ออะโวกาโดเป็นแผ่นบางๆ แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 104°C ประมาณ 4 ชั่วโมงหรือจนเนื้อของผลอะโวกาโดมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาค่ามวลแห้ง สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน หั่นเนื้ออะโวกาโดเป็นแผ่นบางๆ แล้วอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 °C ประมาณ 48 ชั่วโมงหรือจนเนื้อของผลอะโวกาโดมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำเนื้อที่ได้มาปั่นแล้วบรรจุลงในถุงชา และนำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดไขมัน Soxtherm รุ่น S306AK (Gerhardt, German) เป็นเวลา 7 ชม. โดยใช้ Petroleum ether เป็นตัวทำละลาย

สมการเทียบมาตรฐานจะถูกสร้างขึ้นจากค่าการดูดกลืนพลังงานย่าน NIR กับค่ามวลแห้ง และปริมาณไขมันด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) โดยอาศัยโปรแกรม CA Maker

ผล

จากการแปรผันความสุกของผลอะโวกาโดด้วยการบ่มที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยมวลแห้งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญตามระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น โดยผลอะโวกาโดที่ไม่ได้ผ่านการบ่มมีค่ามวลแห้งมากที่สุด แต่อย่างไรก็ดีแนวโน้มที่ปรากฏยังไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากระยะเวลาในการบ่มไม่มาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Clark *et al*. (2003) ที่กล่าวว่าค่ามวลแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียง 1.5% ต่อเดือน ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาในการบ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานของจิตรา และคณะ (2548) ที่กล่าวว่า เมื่อผลอะโวกาโดสุกมากขึ้นปริมาณไขมันเพิ่มมากขึ้นนอกจากนั้น สังเกตเห็นว่าการบ่มผลอะโวกาโด ช่วยให้ช่วงของข้อมูลทั้งค่ามวลแห้ง และเปอร์เซ็นไขมันมีความแปรปรวนขยายกว้างมากขึ้น

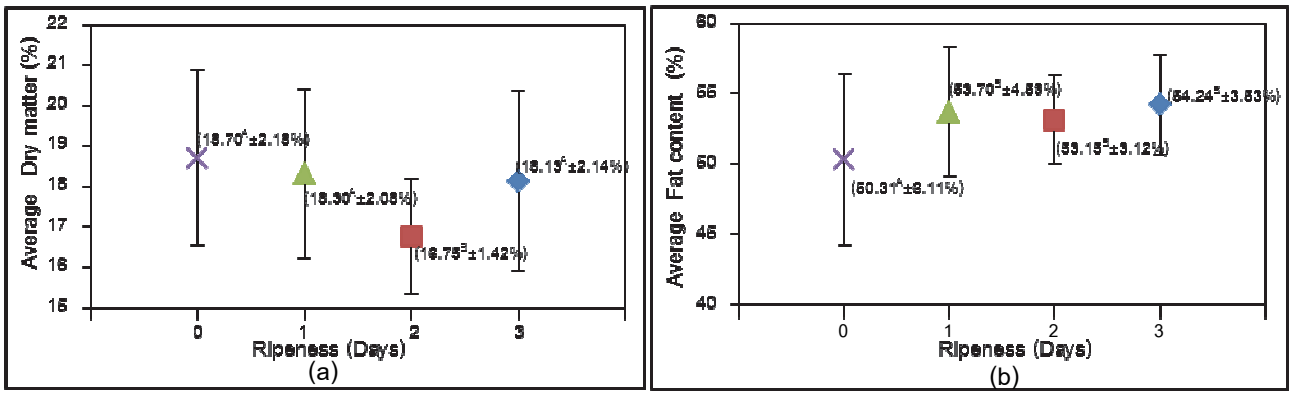

Figure 2 Average (a) dry matter and (b) fat content of avocado according to different ripening days

จาก Original spectra ของผลอะโวกาโด (Figure 3(a)) พบว่าเส้นสเปคตรัมเกิดการเลื่อนตัวเป็นขั้นขึ้น (baseline shift) เนื่องจากความแน่นเนื้อของผลที่แตกต่างกันตามระดับความสุก นอกจากนั้นยังสังเกตเห็นพีคการดูดกลืนของน้ำที่ 970 nm ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดอิทธิพลดังกล่าวก่อน ซึ่งภายหลังการปรับแต่งด้วยอนุพันธ์อันดับ 2 (second derivative) (Figure 3(b)) พบว่า สเปคตรัมเกิดการเลื่อนตัวชิดกันมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดี ยังคงสังเกตเห็นตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำปรากฏอยู่

ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายค่าคุณภาพของผลอะโวกาแสดงดัง Table 1 และ Figure 4 จากการทดสอบ paired t-test พบว่า ค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการทั้งสองไม่มีความแตกต่างกับค่าจริงที่ได้การวิเคราะห์ด้วยวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

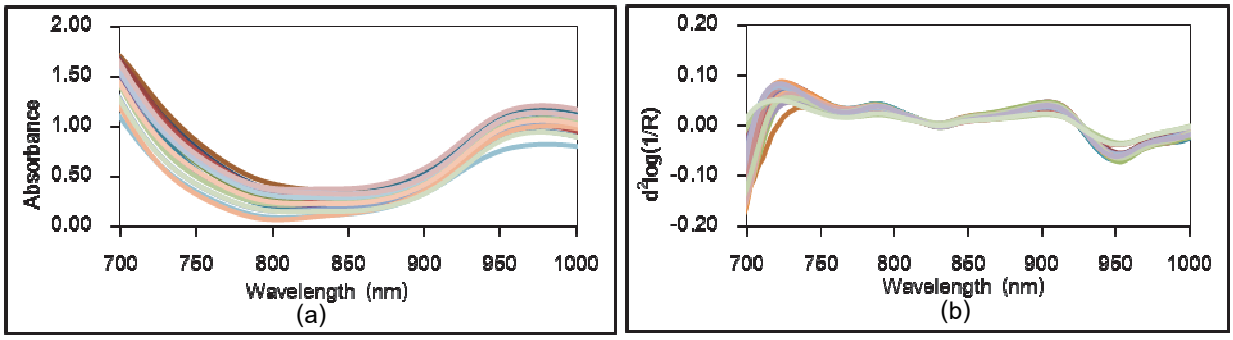

Figure 3 (a) Original and (b) second derivative spectrum of avocado acquired by FQA-NIR GUN

Table 1 Conditions and Results of calibration equations for determination of dry matter and fat content in avocado

Parameter	Pretreatment				R	SEC	SEP	Bias
	derivative	Segment	Smooth	Step Size		(%)	(%)	(%)
Dry matter	2nd derivative	12	18	2	0.86	1.14	1.15	0.16
Fat	2nd derivative	16	24	2	0.77	2.49	2.35	-0.11

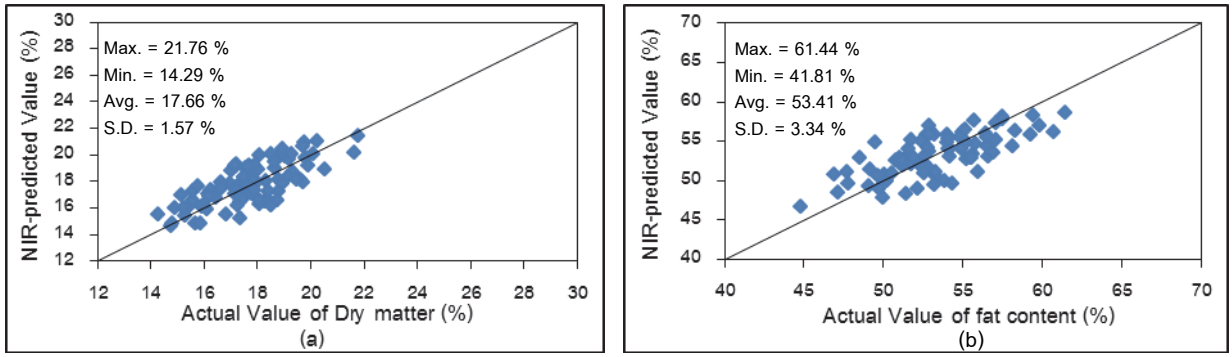

Figure 4 Scatter plots of predicted value against actual value in validation set for (a) dry matter and (b) fat

วิจารณ์

สำหรับสมการเทียบมาตรฐานในการทำนายค่ามวลแห้ง พบตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่ามวลแห้งคือ ตำแหน่งการดูดกลืนที่ 896 nm ใกล้เคียงการดูดกลืนของไขมันอะโวกาโดที่ 910 nm (Figure 5) และการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 996 nm ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนของแป้ง (Osborne *et al.,* 1993) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทั้งสองไม่สูญสลายไปกับความร้อนในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่ามวลแห้ง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัย Clark *et al.* (2003) ที่กล่าวว่า การดูดกลืนของคาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินปริมาณมวลแห้ง จากเหตุผลดังกล่าวสมการเทียบมาตรฐานจึงสามารถทำนายค่ามวลแห้งได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถนำไปใช้เพื่อการทำนายเชิงปริมาณเบื้องต้นได้ สำหรับสมการทำนายปริมาณไขมันพบว่า สัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากอยู่ที่ตัวแปรการดูดกลืนพลังงานที่ 900 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของไขมันอะโวกาโด (Figure 5) แสดงให้เห็นถึงการเป็นตัวแปรสำคัญในสมการทำนายปริมาณไขมัน โดยสามารถนำไปใช้เพื่อการคัดแยกกลุ่มเชิงปริมาณได้

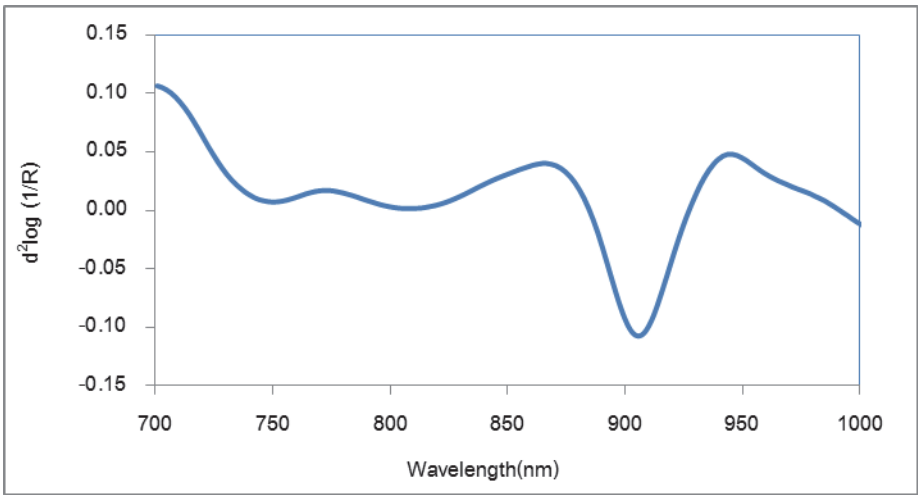

Figure 5 Absorbance of extracted avocado fat acquired by FQA-NIR GUN

สรุปผลการทดลอง

เทคนิคสเปกโตสโกรปีย่านใกล้อินฟราเรดสามารถทำนายค่ามวลแห้ง และไขมันของผลอะโวกาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลาย โดยค่าจากทั้งสองสมการไม่แตกต่างจากค่าจริงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มก.อช.) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) โครงการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการ สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเครื่อง NIR Spectrometer จากมูลนิธิโครงการหลวง

เอกสารอ้างอิง

จิตรา กลิ่นหอมและคณะ. 2548. ส่วนประกอบทางเคมีและกายภาพของผลอะโวกาโดที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร.วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Blakey, R.J., J.P. Bower and I. Bertling. 2009. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit and the prediction of water content using NearInfrared Spectroscopy. Posthavest Biology and Technology 53: 72-76.

Clark, C.J., V.A. McGlone, C. Requuejo, A. White and A.B. Woof. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. Posthavest Biology and Technology 29: 300-307.

Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with application in food and beverage analysis. Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd.Singapore. 29