

## การประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันโดยการใช่เทคโนโลยีประมวลผลภาพถ่าย Hyperspectral image Hyperspectral Image for Determining Ripeness of Oil Palm Fruits

พรทิพา เจ็อกโ้ว<sup>1</sup>, โทโมฮิโร ทากิเกะ<sup>2</sup>, ฮิเดโอะ ฮาเซกาวา<sup>3</sup> และ มาซายุกิ โคอิเคะ<sup>2</sup>  
Phomtipha Junkwon<sup>1</sup>, Tomohiro Takigawa<sup>2</sup>, Hideo Hasegawa<sup>3</sup> and Masayuki Koike<sup>2</sup>

### Abstract

The goal of this research is to develop an approach to determine the ripeness in oil palm fruits (*Elaeis guineensis* Jacq. var. tenera) by using image processing. Fruits belonging to 4 classes of ripeness (overripe, ripe, underripe and unripe) were used for this study. Methods to estimate the ripeness of the fruits were developed based on the reflectance data of hyperspectral imaging. Ripeness estimation using the average relative reflectance values in the lower part of the fruit was compared with ripeness estimation using the ratio of a not-pale greenish yellow area, a not-yellow area and a not-reddish orange area to the entire area of fruit. The correct estimation in all classes of ripeness was obtained by using the average relative reflectance at the lower part of fruit while a correct ripeness estimation rate of 97.92% was gained by using ratio of area in fruit. Since the ripeness estimation using the ratio of the area of the fruits can be done automatically, it may provide more practical application for the assessment of fruit ripeness in the factory.

**Keywords:** oil palm fruits, hyperspectral image, ripeness estimation, Thailand

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq. var. tenera) โดยแบ่งความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันจำนวน 4 ระดับได้แก่ ผลปาล์มสุกเกิน ผลปาล์มสุกพอดี ผลปาล์มกำลังสุก และ ผลปาล์มดิบ วิธีการประเมินความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันสามารถกระทำได้โดยอาศัยเทคโนโลยีประมวลผลภาพถ่าย ร่วมกับค่าการสะท้อนแสงในบริเวณส่วนล่างของผลปาล์มและอัตราส่วนของพื้นที่สีที่ต่างกันในส่วน ผลการประเมินพบว่าความแม่นยำที่ได้จากวิธีการประเมินความสุกแก่โดยค่าสะท้อนแสงส่วนล่างของผลปาล์มน้ำมันและอัตราส่วนของพื้นที่สีที่ต่างกันในส่วนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงคือ 100% และ 97.92% ตามลำดับ แต่ในทางปฏิบัติการประเมินความสุกแก่ในผลปาล์มน้ำมันโดยใช้อัตราส่วนของพื้นที่สีที่ต่างกันในส่วนมีความเป็นไปได้ใช้เชิงพาณิชย์มากกว่าการประเมินความสุกแก่โดยค่าสะท้อนแสงส่วนล่างของผลปาล์ม น้ำมันเนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอัตโนมัติ

**คำสำคัญ:** ผลปาล์มน้ำมัน, Hyperspectral image, การประเมินความสุกแก่, ประเทศไทย

### คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq. var. tenera) เป็นพืชผลิตน้ำมันซึ่งมีความสามารถในการผลิตน้ำมันมากที่สุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันโดยทั่วไป น้ำมันปาล์มที่ผลิตได้นำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคอย่างแพร่หลายรวมถึงเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย (Demirbas, 2007; Kalam and Masjuki, 2002) ดังนั้นไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากน้ำมันปาล์มจึงนับได้ว่าเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับเครื่องจักรและยานยนต์ภายใต้ภาวะวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีนโยบายสนับสนุนให้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันขึ้นในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่เนื่องด้วยความไม่เหมาะสมของสภาพภูมิอากาศในบริเวณดังกล่าวจึงทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้อย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอัตราของน้ำมันที่สกัดได้ (oil extraction rate, OER) จากทะลายปาล์มที่เก็บเกี่ยวได้ในประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้านที่ผลิตปาล์มน้ำมันแล้วพบว่าอัตราของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในประเทศไทยมีค่าเพียง 16-17% ในขณะที่ประเทศมาเลเซียหรืออินโดนีเซีย มีอัตราปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ถึง 20-24% ซึ่งสาเหตุบางส่วนที่ค่าอัตราของ

<sup>1</sup> สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี 71150

<sup>1</sup> Division of Engineering, Mahidol University Kanchanaburi campus, Saiyok district, Kanchanaburi 71150

<sup>2</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

<sup>3</sup> Department of Production and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Niigata University, Japan

ปริมาณที่สกัดได้ในประเทศไทยมีค่าต่ำเกิดจากการขาดการควบคุมความสุกแก่ของผลิตผลปาล์มน้ำมันก่อนนำเข้าสู่โรงงาน นอกจากนี้คุณภาพน้ำมันปาล์มที่สกัดได้ยังมีคุณภาพต่ำเนื่องจากกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) มีมากในปาล์มน้ำมันที่มีความสุกเกินไป

สำหรับปาล์มน้ำมันได้มีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีการประมวลผลทางภาพถ่ายมาใช้ในการประเมินความสุกแก่ของทะลายปาล์มน้ำมันและผลปาล์มน้ำมันโดยใช้ข้อมูลจาก RGB color image (Ismail *et al.*, 2000; Abdullah *et al.*, 2001; Abdullah *et al.*, 2002; Abdullah *et al.*, 2004; Alfatni *et al.*, 2008) ในปัจจุบันมีการนำ hyperspectral image มาใช้อย่างแพร่หลายมากกว่า RGB color image เนื่องจากปริมาณข้อมูลที่ได้จาก hyperspectral image มีความละเอียดและมีปริมาณมากกว่า RGB color image อาทิ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรแบบไม่ทำลายอย่างแพร่หลายเช่นการตรวจสอบการปนเปื้อนในแอปเปิ้ล (Patrick *et al.*, 2004) การตรวจสอบคุณสมบัติภายใน อาทิ ความสุกแก่ ความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่า pH ของสตรอเบอรี่ (Gamal *et al.*, 2007) ดังนั้นเพื่อปรับปรุงการพัฒนาวิธีการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันอีกทางหนึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพถ่าย hyperspectral image ขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. ตัวอย่างผลปาล์มน้ำมัน

ผลปาล์มน้ำมันสามารถจำแนกได้สองประเภทโดยสีของผลก่อนที่จะสุกคือ *nigrecens* ซึ่งมีสีด้ามม่วงที่ปลายผล และมีสีเขียวอมเหลืองที่ฐานผลเมื่อผลยังดิบและ *virescens* ซึ่งมีสีเขียวเข้มที่ปลายผลและมีสีขาวอมเหลืองที่ฐานผลเมื่อผลยังดิบ (Corley and Tinker, 2003) ในงานวิจัยนี้ใช้ผลปาล์มประเภท *nigrecens* ซึ่งมีปลูกกันมากในประเทศไทย และจำแนกความสุกแก่ตามมาตรฐานสถาบันวิจัยน้ำมันปาล์มแห่งประเทศไทย (PORIM) ซึ่งแบ่งความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันออกเป็น 4 ระดับ คือ ผลปาล์มดิบ ซึ่งมีสีด้ามม่วงบนผลไม่ต่ำกว่า 90% ของพื้นผิวผลและไม่มีสีที่ฐานผล ผลปาล์มกำลังสุก ซึ่งมีสีด้ามแดงที่ครึ่งบนของผล ผลปาล์มสุกพอดีที่มีสีส้มแดงที่ครึ่งบนของผล และ ผลปาล์มสุกเกินไปที่มีสีส้มแดงเกือบทั้งผล (Figure 1) ในการศึกษาที่สุ่มตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันจากทะลายปาล์มจำนวน 8 ทะลาย เป็นจำนวน 96 ผล โดยแบ่งออกเป็น 24 ผลต่อระดับความสุกแก่ และตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบ (calibration data set) และการตรวจสอบวิธีที่ทำกรพัฒนาได้ (validation data set) ออกเป็นอย่างละครึ่ง โดยตัวอย่างปาล์มน้ำมันเป็นตัวอย่างที่สุ่มได้จากจังหวัดกาญจนบุรี เมื่อ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2551

### 2. การเก็บข้อมูลภาพ hyperspectral image ของผลปาล์มน้ำมัน และวิธีการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมัน โดยการใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพถ่าย hyperspectral image

กล้อง hyperspectral camera (Inspector V10, Oulu, Finland) และชุดสแกน ซึ่งสามารถจะเก็บข้อมูลภาพที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-1000 nm ใช้ในการเก็บภาพถ่ายผลปาล์มน้ำมัน ในการเก็บข้อมูลภาพ กล้อง hyperspectral camera จะทำหน้าที่เป็น line scan sensor ดังนั้นในการที่จะเก็บข้อมูลภาพผลปาล์มน้ำมันจึงใช้การหมุนของชุดสแกนเพื่อให้ได้ภาพเต็มผลของผลปาล์มน้ำมัน

### 3. วิธีการที่จะประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าสะท้อนแสงของบริเวณส่วนหัวผล

ในการศึกษาที่แบ่งผลปาล์มออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลายผล (upper part) ส่วนกลางผล (middle part) และหัวผล (lower part) ดังที่แสดงในภาพที่ 2 (Figure 2) วิธีการที่จะประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าสะท้อนแสงของบริเวณส่วนล่างของผล กระทำโดยการรวบรวมข้อมูลค่าสะท้อนแสงของพิกเซลที่บริเวณส่วนล่างของภาพถ่ายจำนวน 40 พิกเซล ต่อผลโดยโปรแกรมที่พัฒนาโดย Okamoto *et al.* (2006) ข้อมูลที่ได้จะเป็นการสะท้อนแสงของบริเวณส่วนล่างของผลปาล์มที่มีความยาวคลื่น 400-1000 nm และ นำไปทำการแยกความสุกแก่โดยใช้ euclidean distance ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกกลุ่มของตัวอย่างโดยใช้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง (centroid) ในแต่ละกลุ่มซึ่งมีการจำแนกไว้ในชุดตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบ (calibration data set) ซึ่งแบ่งออกเป็น จุดศูนย์กลางของผลปาล์มน้ำมันดิบ จุดศูนย์กลางของปาล์มน้ำมันที่กำลังสุก จุดศูนย์กลางของผลปาล์มสุกพอดี และจุดศูนย์กลางของผลปาล์มที่สุกเกินไป กับตัวอย่างซึ่งเป็นตัวอย่างในชุดที่ใช้ในการตรวจสอบ (validation data set) โดยตัวอย่างจะถูกจำแนกเป็นในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่มีค่า euclidean distance น้อยที่สุด

4. วิธีการที่จะประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าอัตราส่วนพื้นที่สีที่ต่างกันในแต่ละผล

ภาพถ่ายที่ได้จาก hyperspectral camera จำนวน 60 ภาพต่อผล นำไปวิเคราะห์โดยโปรแกรม Halcon 7.0 (MvTec, Germany) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีฟังก์ชันการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพื่อดำเนินการอัตราส่วนพื้นที่สีต่างกันต่อพื้นที่ทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 3 (Figure 3) ในการคำนวณได้นำภาพที่ความยาวคลื่น 500, 740, 790 และ 910 nm มาใช้ ค่าอัตราส่วนที่คำนวณได้จะนำไปทำการแยกความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ euclidean distance โดยหลักการเดียวกันกับที่ใช้ในการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าสะท้อนแสงบริเวณส่วนหัวผลแต่เปลี่ยนจากค่าสะท้อนแสงเป็นอัตราส่วนพื้นที่สีต่างๆในผล

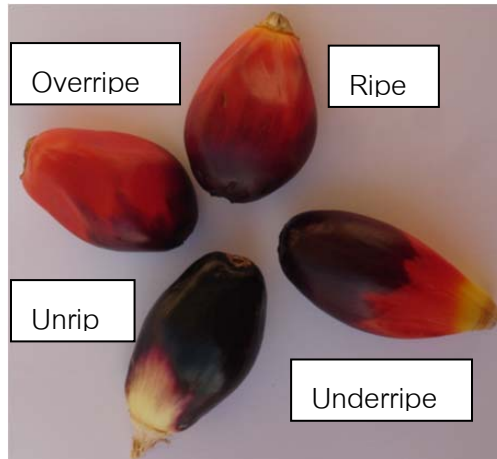


Figure 1 Oil palm fruits with four different ripeness classes

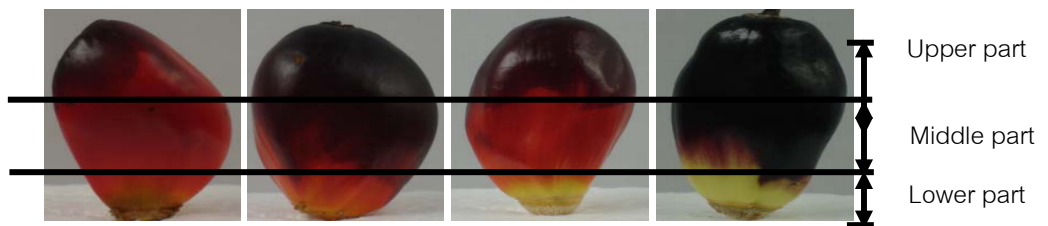


Figure 2 Three parts of oil palm fruits

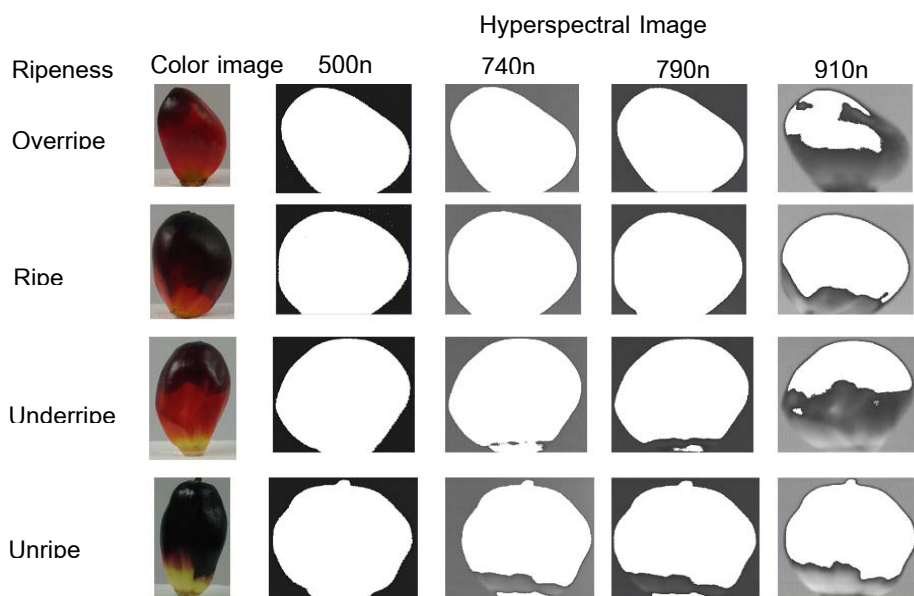


Figure 3 Detected area of oil palm fruits at different wavelengths

### ผลการทดลอง

#### 1. วิธีการที่จะประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าสะท้อนแสงของบริเวณส่วนล่างของผล

จากตัวอย่างในชุดทดสอบซึ่งแบ่งเป็น 12 ผล ต่อระยะความสุกแก่ เมื่อนำค่าสะท้อนแสงของบริเวณส่วนล่างของผลที่ค่าความยาวคลื่น 960, 970, 980 และ 990 nm มาคำนวณค่า euclidean distance เพื่อทำการประเมินความสุกแก่ของตัวอย่างในชุดทดสอบเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่สร้างขึ้นจากตัวอย่างในชุดสอบเทียบ การประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยวิธีนี้พบว่าทำได้ถูกต้องทั้งหมด

#### 2. วิธีการที่จะประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ค่าอัตราส่วนพื้นที่สีที่ต่างกันในผล

จากตัวอย่างในชุดทดสอบซึ่งแบ่งเป็น 12 ผล ต่อระยะความสุกแก่ เมื่อนำค่าอัตราส่วนพื้นที่สีต่างๆต่อพื้นที่ทั้งหมดนำไปทำการแยกความสุกแก่ของผลปาล์มโดยใช้ euclidean distance แล้ว พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในผลปาล์มสุกพอดี โดยมีการประเมินความสุกแก่ผิดพลาดเป็นผลปาล์มกำลังสุก แต่ทว่าโดยรวมแล้วผลความถูกต้องของการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่สูงคือ 97.92%

### วิจารณ์ผล

การประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันสามารถทำได้โดยการใช้ค่าสะท้อนแสงของบริเวณส่วนล่างของผลและการใช้ค่าอัตราส่วนพื้นที่สีที่แตกต่างกัน โดยความถูกต้องของทั้งสองวิธีอยู่ในเกณฑ์ที่สูง คือ 100% และ 97.92% ตามลำดับ แต่ในทางปฏิบัติการประเมินความสุกแก่ในผลปาล์มน้ำมันโดยใช้อัตราส่วนของพื้นที่สีที่ต่างกันในผลมีความเป็นไปได้ใช้เชิงพาณิชย์มากกว่าการประเมินความสุกแก่โดยค่าสะท้อนแสงส่วนล่างของผลปาล์มน้ำมันเนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอัตโนมัติ

### เอกสารอ้างอิง

- Abdullah, M. Z., L. C. Guan and B.M.N. Mohd Azemi. 2001. Stepwise discriminant for color grading of oil palm using machine vision system. Transaction of Institute of Chemical Engineering: Part C 79:223-231.
- Abdullah, M.Z., L.C. Guan, A.M.D. Mohamed and M.A.M. Noor. 2002. Color vision system for ripeness inspection of oil palm *Elaeis guineensis*. Journal of Food Processing Preservation 26:213-235.
- Abdullah, M.Z., L.C. Guan, K.C. Lim and A.A. Karim. 2004. The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. Journal of Food Engineering 61:125-135.
- Alfatni, M.S.M., A.R.M. Shariff, O.M.B. Sased and O.M. Eshanta. 2008. Oil palm fruit bunch grading system using red, green and blue digital number. Journal of Applied Sciences 8:1444-1452.
- Corley, R.V.H. and P.B. H. Tinker. 2003. The Oil Palm, 4<sup>th</sup> edition, Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Demirbas, A. 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. Energy Policy 35: 4661-4670.
- Gamal, E., W. Ning, E. Adel and N. Michael. 2007. Hyperspectral imaging for non-destructive determination of some quality attributes for strawberry. Journal of Food Engineering 81:98-107.
- Ismail, W.I.Z., M.Z. Bardie and A.M.A. Hamid. 2000. Optical properties for mechanical harvester of oil palm FFB. Journal of Oil Palm Research 12: 38-45.
- Kalam, M.A. and H.H. Masjuki. 2002. Biodiesel from palm oil –an analysis of its properties and potential. Biomass and Bioenergy 23:471-479.
- Okamoto, H., K. Sakai, T. Murata, T. Kataoka and S. Hata. 2006. Object-oriented software framework developed for agricultural hyperspectral imaging analysis. Agricultural Information Research 15:103-112 (in Japanese).
- Patrick, M. M., C. Yud-Ren, S.K. Moon and E.C. Diane. 2004. Development of hyperspectral image technique for the detection of apple surface defects and contaminations. Journal of Food Engineering 61: 67-81.