การหาดัชนีความสุกแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้ความถี่ธรรมชาติและความแข็งแรงก้าน

Maturity Index of "Montong" Durian Based on Rresorant Frequency and Stem Strength

ณัฐวุฒิ เนียมสอน[1] **และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล**[2]

Natawut Neamsorn and Anupan Terdwongworakunl

Abstract

At present, sorting durians into mature durians and immature durians is still of necessity to durian export industry. Skilled sorters usually consider a number of maturity indices prior to making a decision. This research studied non-destructive techniques which could be used to evaluate the maturity. They were stem strength and resonant frequency index which could be subsequently used in combination to predict dry matter percentage i.e. the maturity reference index. "Montong" durians, 130 fruits, were harvested in 7 stages of maturity starting from 115 days to 136 days after blossom. The samples were taken for non-destructive measurements of two parameters, the stem strength and resonant frequency. The pulp of the sample was later oven dried for determination of the dry matter percentage. The statistical analysis of stem strength parameters showed that the area under the curve (A) was correlated the most with the dry matter percentage at r = 0.808. As for resonant frequency related parameters, the resonant frequency (RF) was correlated with the dry matter percentage at r = 0.448. The multiple linear regression analysis indicated that A and RF could be used in linear combination for the best prediction with multiple coefficient of correlation (r) = 0.844 and multiple coefficient of determination (r^2) = 0.713.

บทคัดย่อ

การคัดแยกผลทุเรียนแก่ออกจากผลอ่อนยังคงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการส่งออกทุเรียนในปัจจุบัน ผู้มีความชำนาญจะพิจารณาปัจจัยหลาย ๆ ประการประกอบการตัดสินใจ การวิจัยนี้ศึกษาวิธีการวัดปัจจัยที่สัมพันธ์กับความแก่ทุเรียนแบบไม่ทำลาย โดยการวัดความแข็งแรงของก้านและความถี่ธรรมชาติ เพื่อนำไปประเมินค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งซึ่งเป็นดัชนีวัดความอ่อนแก่ของผลทุเรียนที่ได้จากวิธีการวัดแบบทำลาย ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง 130 ผล ในช่วงอายุหลังวันดอกบาน 7 ช่วง ตั้งแต่ 105 วันถึง 136 วัน ถูกเก็บเกี่ยวและนำมาหาพารามิเตอร์ด้วยวิธีการวัดแบบไม่ทำลายสองวิธี ได้แก่ การวัดความแข็งแรงก้านผลด้วยอุปกรณ์วัดแรงกดที่สัมพันธ์กับระยะกดเมื่อบีบก้านผล และการวัดความถี่ธรรมชาติด้วยเครื่องมือเคาะและเก็บสัญญาณเสียง หลังจากนั้นนำเนื้อทุเรียนมาอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง จากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความแข็งแรงก้านพบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งมากที่สุดคือพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกดและระยะยุบตัว (A) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.808 ส่วนค่าความถี่ธรรมชาติ (RF) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง (r) = 0.448 และเมื่อวิเคราะห์หาสมการถดถอย สำหรับประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งโดยวิธีการถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression) พบว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับประเมินค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งประกอบด้วยค่าตัวแปรพื้นที่ใต้กราฟ (A) และตัวแปรความถี่ธรรมชาติ (RF) โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เชิงซ้อน (r) = 0.844 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) = 0.713

คำนำ

ประเทศไทยนับเป็นผู้ผลิตและส่งออกทุเรียนที่สำคัญของโลก อย่างไรก็ตามทุเรียนเป็นผลไม้ที่ยากต่อการคัดแยกคุณภาพโดยเฉพาะกับผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ จึงเป็นเหตุให้มีการปะปนของทุเรียนด้อยคุณภาพ และทุเรียนอ่อน ซึ่งส่งผลให้ทุเรียนมีราคาตกต่ำ เกิดผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูก ทั้งยังมีผลเสียกับภาพพจน์ของธุรกิจการส่งออกทุเรียนผลสดโดยรวมอีกด้วย

เนื่องจากในการเก็บเกี่ยวทุเรียนจะใช้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ของผู้เก็บเกี่ยวเป็นสำคัญ จึงมีความพยายามที่จะศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการคัดแยกทุเรียนอ่อนออกจากทุเรียนแก่โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และ

[1] อาจารย์ โครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

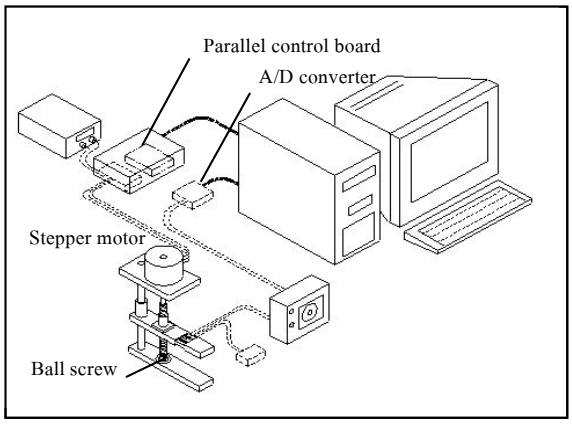
วิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ต้องเป็นวิธีการที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลทุเรียน (Non-destructive measurement) ดังเช่น การใช้เทคนิคการวัดความถี่ธรรมชาติที่ได้จากเสียงเคาะผลทุเรียน การวัดสมบัติทางกายภาพของก้านผลทุเรียน เป็นต้น แต่การนำปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวมาพิจารณาความสุกแก่ของทุเรียนยังอาจไม่เพียงพอที่จะใช้ตัดสินความสุกแก่ของผลทุเรียนได้ ซึ่งเมื่อเปรียบกับการคัดแยกทุเรียนโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญก็จะใช้การพิจารณาลักษณะภายนอกของผลทุเรียนหลาย ๆ อย่างประกอบกัน เช่น สีของปลายหนาม ลักษณะและสีของร่องหนาม เคาะฟังเสียง ลักษณะก้านผล ฯลฯ (สุรพงษ์, 2538)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งไปในการที่ใช้วิธีการวัดแบบไม่ทำลายร่วมกันมากกว่าหนึ่งวิธี เพื่อสร้างดัชนีที่จะสามารถนำไปใช้ทำนายค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง โดยค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งนี้นับเป็นดัชนีที่ใช้วัดความสุกแก่ของทุเรียนซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในทางวิชาการ สำหรับทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีความแก่เหมาะสมที่จะเก็บเกี่ยวจะมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ (พีรพงษ์, 2541)

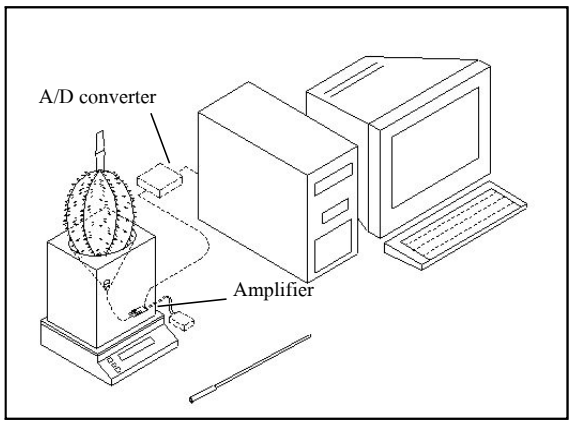
อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากพื้นที่ปลูกเดียวกันในจังหวัดจันทบุรี ที่มีอายุหลังวันดอกบานแตกต่างกัน 7 ช่วงอายุ จำนวน 130 ผลมาวัดด้วยวิธีการวัดแบบไม่ทำลายสองแบบ ได้แก่การวัดความแข็งแรงก้านผลด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงก้านผล และการวัดความถี่ธรรมชาติด้วยเครื่องเคาะและเก็บสัญญาณเสียง จากนั้นจึงเจาะเอาเนื้อทุเรียนนำไปอบในตู้อบลมร้อนเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง โดยที่เครื่องวัดความแข็งแรงก้านผลทุเรียนเป็นเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเอง ซึ่งประกอบไปด้วย stepper motor, ball screw, beam type load cell ซึ่งในการวัดและจัดเก็บข้อมูลจะสั่งงานและประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ ผ่าน parallel port และ A/D converter)ดังแสดงใน ภาพที่ 1

ส่วนเครื่องเคาะและเก็บสัญญาณเสียง (ภาพที่ 2) ใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเดียวกันกับที่ใช้ในงานวิจัยของ อนุพันธ์และคณะ (2540) แต่ได้ติดตั้ง เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ ดิจิตอล เพิ่มเติมเพื่อความสะดวกในการชั่งน้ำหนักของทุเรียนและการประเมินผลของพารามิเตอร์บางตัว เช่น ดัชนีความถี่ธรรมชาติ



ภาพที่ 1



ภาพที่ 2

ผลและวิจารณ์

ค่าพารามิเตอร์ความแข็งแรงก้านที่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งที่นำไปวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple regression analysis) เพื่อสร้างดัชนีวัดความสุกแก่ของทุเรียนได้แก่ค่าดังต่อไปนี้เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งมากที่สุดตามลำดับ

ค่าพื้นที่ใต้กราฟ, A (N.mm)(ภาพที่ 3)

แรงกดสูงสุด, F (N)

โมดูลลัสความยืดหยุ่น, E (Mpa)

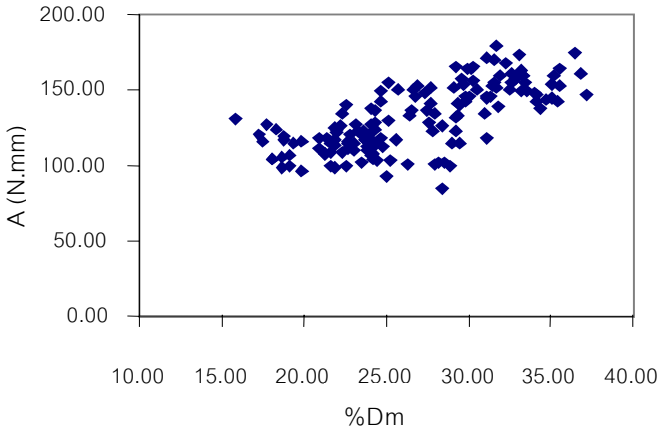
อัตราส่วนระหว่างระยะยุบตัวที่จุดความชันสูงสุด และเส้นผ่านศูนย์กลางก้านผล, Def@sl/Di

ระยะยุบตัวที่จุดความชันสูงสุด, Def@sl (mm)

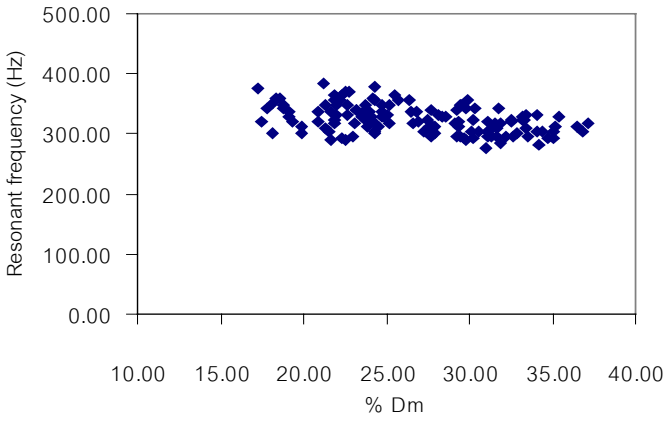
ค่าพารามิเตอร์ความถี่ธรรมชาติ (RF, Hz.) มีความสัมพันธ์ในแบบแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง (ภาพที่4) แสดงว่าเมื่อทุเรียนแก่ขึ้นและมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งมากขึ้น จะมีแนวโน้มของค่าความถี่ธรรมชาติลดลง โดยค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ธรรมชาติ (r = -0.448) กับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง ซึ่งผลจากการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของผู้วิจัยที่มีขึ้นก่อนหน้านี้ ที่แสดงให้เห็นว่าค่าความถี่ธรรมชาติจะมีค่าลดลงเมื่อผลทุเรียนมีความบริบูรณ์ของผลเพิ่มมากขึ้น

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองทั้งสองส่วนได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดความแข็งแรงก้าน ซึ่งประกอบด้วย ค่าแรงกดสูงสุด (F) ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E) ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (A) ค่าอัตราส่วนระหว่างระยะยุบตัวที่จุดความชันสูงสุดและเส้นผ่านศูนย์กลางผล (Def@sl/Di) ค่าระยะยุบตัวที่จุดความชันสูงสุด (Def@sl) และค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเคาะเก็บสัญญาณเสียง ซึ่งประกอบด้วย ค่าความถี่ธรรมชาติ (RF) และค่าดัชนีความถี่ธรรมชาติ (FI) โดยเมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ข้างต้นกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งซึ่งมีลักษณะเป็นเชิงเส้น ประกอบกับเมื่อทดลองวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นที่ไม่เป็นเชิงเส้นพบว่าสมการความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นมีความเหมาะสม โดยมีรูปแบบสมการที่ไม่ซับซ้อนและให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่สูงกว่าที่ได้จากสมการความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น จึงนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์เพื่อหาสมการการถดถอยโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงใน ตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงก้านที่ถูกเลือกคือค่า Aและเมื่อเพิ่มตัวแปรความถี่ธรรมชาติเข้าไปในสมการ จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของกลุ่มตัวอย่าง (Standard Error of Estimate, SEE) ก็มีค่าลดลง แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของตัวแปรความถี่ธรรมชาติในสมการถดถอย ทำให้สมการมีความสามารถในการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งได้แม่นยำขึ้น



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ธรรมชาติและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งโดยวิธีรวมพารามิเตอร์

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate (SEE)
1	.808(a)	0.653	0.65	2.9979
2	.844(b)	0.713	0.709	2.7372

a Predictors: (Constant), A

b Predictors: (Constant), A, RF

สรุป

ในเบื้องต้นสมการที่เหมาะสมสำหรับประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้พารามิเตอร์ความแข็งแรงก้านและพารามิเตอร์ความถี่เสียง คือ

$$\%Dm = 20.663 + 0.182A - 0.0562\ RF$$

โดยที่ %Dm คือ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของผลทุเรียน

A คือ พื้นที่ใต้กราฟแรงกด-ระยะยุบตัวที่ได้จากเครื่องวัดความแข็งแรงก้าน

RF คือ ค่าความถี่ธรรมชาติ (Resonant frequency)

โดยสมการมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.713 และค่า SSE = 2.7372

การใช้ค่าที่ได้จากวิธีการวัดแบบไม่ทำลายมากกว่าหนึ่งค่า มาพิจารณาร่วมกันเพื่อใช้เป็นดัชนีประเมินความสุกแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองจะทำให้สามารถประเมินความสุกแก่ของทุเรียนได้ดีกว่าการใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเพียงวิธีเดียว และยังสอดคล้องกับวิธีการวัดความสุกแก่ของทุเรียนของชาวสวนทุเรียน ที่จะพิจารณาจากหลาย ๆ ปัจจัยประกอบกัน เช่น สีของเปลือกและหนาม เสียงเคาะ ลักษณะของก้านผล เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามสมการถดถอยที่ได้จากวิธีการวัดความแข็งแรงก้านผล และการเคาะและเก็บสัญญาณเสียงยังมีความแม่นยำในการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งไม่สูงมาก โดยสมการสามารถอธิบายความผันแปรของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งได้เพียง 71.3 % ดังนั้นจึงน่าจะมีการพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจส่งผลให้เกิดความผันแปรของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งมาประกอบกันด้วย เช่น สีเปลือก สีหนาม รูปทรงของผล โดยเลือกตัวแปรที่สามารถวัดได้โดยเทคนิคแบบไม่ทำลาย นอกจากนี้สภาพแวดล้อมและความสมบูรณ์ของต้นก็ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกับความสามารถในการประเมินความสุกแก่ของทุเรียนทั้งสิ้น ในการศึกษาเพื่อหาดัชนีวัดความสุกแก่ของผลทุเรียนในอนาคตจึงควรนำปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมาพิจารณาเพิ่มเติมด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และสถานีวิจัยพืชสวนจันทบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่

เอกสารอ้างอิง

พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล. 2541. การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองและอิทธิพลของเอทิฟอนในระยะก่อนเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรพงษ์ โกสิยจินดา. 2538. ดัชนีการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การบ่มและการใช้ประโยชน์, น. 8–23. *ใน* ผลทุเรียน: การเก็บเกี่ยวและการดำเนินการหลังการเก็บเกี่ยว. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, วิเชฐ ศรีชลเพชร, กิติเดช โพธิ์นิยม และ อเนก สุขเจริญ. 2540. รายงานการวิจัยโครงการการศึกษาการเปลี่ยนแปลงดัชนีความถี่ธรรมชาติที่สัมพันธ์กับคุณภาพของทุเรียนเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการทำวิจัย ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและการบริการ. 44.