Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 21-24 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 21-24 (2546)

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ตอบสนองสูงสุดและระยะเวลาในการเก็บรักษาทุเรียนหมอนทอง

The Relationship of Maximum Frequency Response and Storage Day of Monthong Durian after Harvested

นิยม สมบัติวงศ์[1] ราชันย์ ทองรอด[1] และ สมชาย อรุณรุ่งรัศมี[1]

Niyom Sombatwong[1], Rachun Thongrod[1] and Somchai Arunrungrusmi[1]

Abstract

An investigation is made to establish the basic relations between the storage day, ripeness and maximum frequency responses (MFR) of Monthong durian. The MFR can be obtained by analyzing the recorded thumping signal in frequency domain. Fourier transform is used to converse the signal from time domain to frequency domain and we use Wavelet for filtering the high frequency out. In the experiments, 7 samples of Monthong durian are used to study. We store the durian for 4 days and collect the MFR values every day. The relations can be established by applying the regression method to the data. The experimental results show that the MFR is inversely proportion to the number of storage day and ripeness of durian is inversely proportion to MFR.

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว ระดับความสุก และความถี่ตอบสนองสูงสุดของทุเรียนหมอนทอง โดยค่าความถี่ตอบสนองสูงสุดของผลทุเรียนสามารถหาได้จากวิเคราะห์สัญญาณเสียงเคาะที่อยู่ในรูปของความถี่ด้วยการแปลงฟูเรียร์ และสัญญาณที่ได้นี้จะถูกกรองเอาสัญญาณรบกวนออกด้วยเวฟเลทฟิลเตอร์ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ทุเรียนหมอนทองจำนวน 7 ผล โดยทำการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 4 วัน ในแต่ละวันได้ทำการเคาะเพื่อเก็บสัญญาณเสียง ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำไปหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอย จากการทดลองพบว่าค่าความถี่ตอบสนองสูงสุดแปรผกผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา และทุเรียนที่มีอายุมากจะมีความถี่ตอบสนองสูงสุดต่ำกว่าทุเรียนที่มีอายุน้อยกว่า

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิต และส่งออกผลทุเรียนมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก (กรมการค้าภายใน, 2546) ในปี 2545 พบว่ามีการส่งออกทุเรียนไปจำหน่ายยังต่างประเทศถึง 114,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546) อย่างไรก็ตาม การส่งออกทุเรียนมักประสบกับปัญหาในเรื่องผลิตผลที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งทำให้ไม่สามารถส่งออกทุเรียนดังกล่าวได้ หรือถ้าทำการส่งออกไปก็ทำให้ราคาทุเรียนตกต่ำลง ส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อระบบการตลาด ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าว จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีระบบตรวจสอบหรือตรวจวัดคุณภาพผลทุเรียนให้ได้ตรงตามมาตรฐานก่อนที่จะทำการส่งผลทุเรียนไปจำหน่าย ไม่ว่าจะเป็นการจำหน่ายภายในหรือภายนอกประเทศ การตรวจวัดหรือการจัดลำดับชั้นคุณภาพผลทุเรียนนั้นสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ คุณภาพภายนอก และคุณภาพภายใน การจัดลำดับชั้นคุณภาพผลทุเรียน จากลักษณะภายนอกตามมาตรฐานการส่งออกทุเรียนของกรมการค้าภายใน (2546) จะพิจารณาจาก ขนาด รูปทรง สีสรรของพลู และ การปราศจากร่องรอยขีดข่วน หรือตำหนิที่เกิดจากแมลงหรือศัตรูพืชของทุเรียน สำหรับทุเรียนหมอนทอง ซึ่งเป็นทุเรียนที่มีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่ง ต้องมีขนาดราว 2-4.5 กิโลกรัม มีจำนวน 4 พลูขึ้นไป แต่ละพลูมีขนาดสมบูรณ์ ส่วนคุณลักษณะภายในที่ต้องการคือ แกนไม่ชื้น อย่างไรก็ตามตัวชี้วัดคุณภาพที่สำคัญ คือระดับความสุกและความแก่อ่อนของทุเรียน ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญอย่างมากต่อการส่งออก ทั้งในด้านของการกำหนดราคา ระยะเวลาในการเดินทางของทุเรียนเพื่อส่งไปจำหน่ายยังปลายทาง รวมถึงระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษาได้อีกด้วย ในการบ่งบอกถึงระดับความสุก และความแก่อ่อนของทุเรียนสามารถกระทำได้ด้วยการนับวันหรืออายุของผลทุเรียน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ยุ่งยาก และยังต้องใช้แรงงานอย่างมาก ดังนั้นในการเก็บเกี่ยวจริง จึงต้องใช้แรงงานที่มีความสามารถในการทำนายระดับอายุ และความสุกของผลทุเรียน โดยในปัจจุบันมักจะเก็บเกี่ยวที่ระดับความแก่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ (กรมการค้าภายใน, 2546) ซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาผลทุเรียนหลังจากเก็บเกี่ยวไว้ได้ เป็นระยะเวลา 5-10 วัน อย่างไรก็ตาม ทุเรียนที่จำหน่ายทั้งในและนอกประเทศก็ยังไม่ได้คุณลักษณะของระดับความสุกตามที่ต้องการ ทั้งนี้

[1] ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนลียีพระจอมเกล้าธนบุรี

เนื่องจากความผิดพลาดในการทำนายอายุและระดับความสุก รวมทั้งกลไกลทางการตลาดที่ทำให้ต้องเก็บเกี่ยวผลทุเรียนก่อนเวลาอันสมควร

ดังนั้นกระบวนการตรวจวัดอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการคัดสรรคุณภาพทุเรียนเพื่อการจำหน่าย การตรวจวัดระดับอายุของทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวสามารถกระทำได้หลายวิธี ทั้งการใช้เครื่องเอกซ์เรย์ (Kalayanamitra, 1998) หรือ การใช้สัญญาณอัลตราโซนิกซ์ (วุฒิวัฒน์, 2543) รวมถึงการเคาะเพื่อฟังเสียง (อนุพันธ์, 2541) ในการใช้เครื่องเอกซ์เรย์หรือเครื่องอัลตราซาวด์ สำหรับตรวจวัดนั้นพบว่ามีค่าใช้จ่ายที่สูงเป็นอย่างมาก ส่วนการใช้สัญญาณอัลตราโซนิกซ์ด้วยการใช้สัญญาณเพียงความถี่เดียวนั้นให้ผลที่ไม่แน่นอนเนื่องจากขนาดของสัญญาณที่ตรวจวัดได้จะมีขนาด (Amplitude) เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะรูปทรง และตำแหน่งในการวัด ส่วนการเคาะเพื่อฟังเสียงนั้นพบว่าให้ความถูกต้องมากกว่า ซึ่งทำให้วิธีการตรวจวัดด้วยเสียงที่ได้จากการเคาะ ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจวัดระดับอายุของผลทุเรียนยังไม่ประสบผลสำเร็จ มากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษา และวิจัยถึงวิธีการตรวจวัดระดับอายุของผลทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

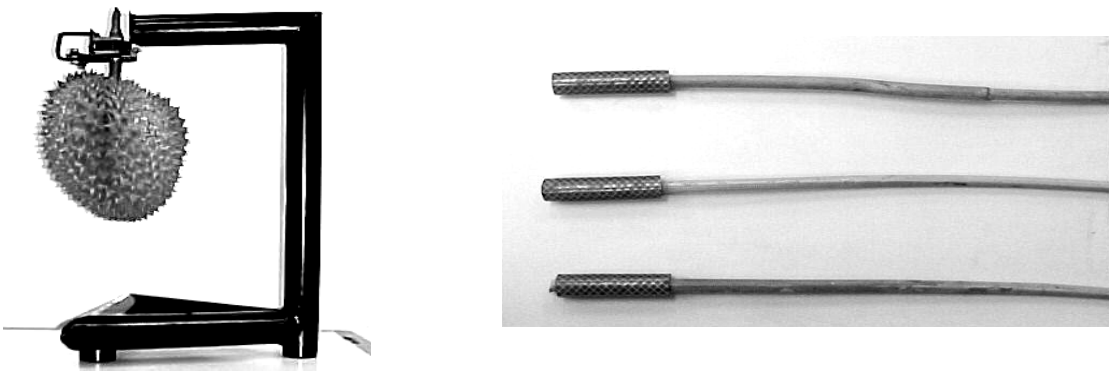
อุปกรณ์และวิธีการ

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างความถี่ธรรมชาติ และระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวรวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์กับระดับความสุก ของของผลทุเรียนหมอนทองด้วยวิธีการสั่นสะเทือนด้วยการเคาะ โดยปกติแล้วทุเรียนที่มีอายุต่างกันจะมีโพรงอากาศภายใน มวล ความยืดหยุ่น และความมั่นคงแข็งแรงแตกต่างกัน เมื่อใช้ไม้เคาะกระตุ้น ให้ทุเรียนเกิดการสั่นสะเทือนโดยอิสระ จะทำให้เกิดความถี่ตอบสนองเกิดขึ้น โดยแนวความคิดของการศึกษาคือ ค่าความถี่ที่มีการตอบสนองสูงสุดมีความสัมพันธ์กับอายุหรือระดับความแก่อ่อนของทุเรียนและระยะเวลาในการเก็บรักษา ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วน คือ การตรวจวัดเสียงและอุปกรณ์ตรวจวัด การวิเคราะห์สัญญาณเสียง และวิธีในการทดลอง

การตรวจวัดเสียง และ อุปกรณ์ตรวจวัด

ในการเคาะเพื่อตรวจวัดเสียง จำเป็นต้องมีฐานสำหรับยึดผลทุเรียนให้สามารถแกว่งไปมาได้อย่างอิสระเมื่อทำการเคาะ โดยเป็นส่วนที่ใช้ยึดก้านโดยตรงจะเลือกใช้ยางเพื่อไม่ให้ก้านทุเรียนช้ำ โดยยึดสูงจากโคนก้านประมาณ 5 เซนติเมตร แสดงได้ดังภาพที่ 1 ส่วนไม้เคาะทุเรียน เป็นไม้หวายหุ้มพาสติกมีความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แสดงได้ดังภาพที่ 1 เช่นเดียวกัน ในการเคาะผลทุเรียนต้องไม่เคาะแรงจนเกินไป เพราะอาจทำให้ทุเรียนช้ำได้ และตำแหน่งที่เคาะเพื่อวัดความถี่ตอบสนองคือบริเวณกลางพู ตำแหน่งที่จะวัดสัญญาณนี้จะอยู่ตรงข้ามกับตำแหน่งที่เคาะ ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นเสียงเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งจะทำให้รับสัญญาณได้ดีที่สุด

การตรวจวัดสัญญาณเสียงเคาะนั้นจะใช้ไมโครโฟน ชนิดคอนเดนเซอร์ เพราะมีความไวต่อเสียงมาก โดยเลือกช่วงในการตอบสนองความถี่ระหว่าง 20 H_z – 6 kH_z ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สูงเกินไป ทำให้สามารถจำกัดความถี่ของสัญญาณรบกวนได้ และตัวรับสัญญาณนี้จะต้องเป็นชนิดที่สามารถรับสัญญาณได้ในทิศทางเดียว เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดจากบริเวณรอบข้าง โดยหน้าที่หลักของไมโครโฟนคือทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า



ภาพที่ 1 อุปกรณ์สำหรับยึดและเคาะผลทุเรียน

หลังจากได้สัญญาณเสียงแล้ว จำเป็นต้องทำการขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้น เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามาทางด้านอินพุทเป็นสัญญาณที่มีค่าต่ำมาก โดยใช้ไอซีเบอร์ LM741 ควบคู่กับตัวต้านทาน (R) และ ตัวเก็บประจุ (C) ในการขยาย

สัญญาณ จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ขยายแล้วมากรองเอาความถี่ที่ต่ำกว่า 3 KHz (f_c) ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป โดยช่วงความถี่ดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองเคาะและสังเกตุ ส่วนค่า RC ที่ใช้สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$f_c = 1/2\pi RC \quad (1)$$

หลังจากนั้นก็ทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียง ให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอลด้วยการใช้การ์ดเสียงของคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดอัตราสุ่ม (Sampling) ไว้ที่ 8,000 ตัวอย่างต่อวินาที การกำหนดอัตราสุ่มสามารถที่จะกำหนดได้มากกว่านี้ แต่จะสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล เมื่อได้สัญญาณเสียงในรูปดิจิตอลแล้วทำการนำสัญญาณนี้ไปกรองเอาสัญญาณรบกวนออกด้วยเวฟเลทฟิลเตอร์ โดยตัวอย่างของสัญญาณ เสียงที่ได้จากการเคาะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2

การวิเคราะห์สัญญาณเสียง

หลังจากที่ได้สัญญาณเสียงเคาะที่ค่อนข้างสมบูรณ์ และมีสัญญาณรบกวนน้อยลงแล้ว กระบวนการต่อไปคือต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงดังกล่าว ให้อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ โดยในการทดลองนี้ใช้การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform) ในการแปลงค่าจากแกนเวลาเป็นแกนความถี่ ซึ่งผลที่ได้เรียกว่าสเปคตรัมของสัญญาณเสียงเคาะ แสดงได้ดังภาพที่ 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสเปกตรัมที่ได้ ยังมีสัญญาณรบกวนแฝงมาตามยอดคลื่นของสัญญาณ ถ้านำไปวิเคราะห์หาค่าความถี่ตอบสนองสูงสุดจะทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงต้องทำการกรองสัญญาณรบกวนออกอีกรอบหนึ่ง ด้วยการใช้เวฟเลทฟิลเตอร์เช่นเดิม และทำการขยายสัญญาณให้มากขึ้น จากนั้นทำการหาความถี่ที่มีการตอบสนองสูงสุด โดยพิจารณายอดคลื่นที่มีขนาดสูงสุด

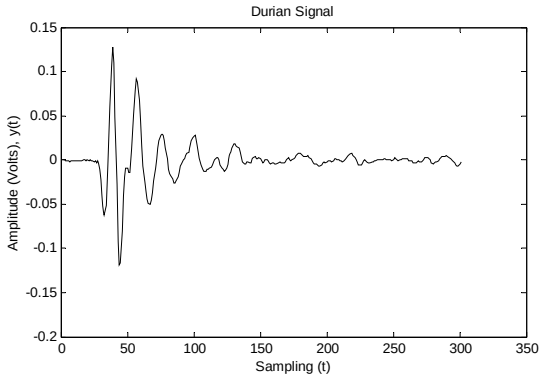
อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองครั้งนี้ทำการเคาะเก็บผลความถี่ จากกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวันเป็นระยะเวลา 4 วัน โดยเลือกเคาะเฉพาะพูที่สมบูรณ์ที่สุดจำนวน 3 พูต่อหนึ่งลูก ใช้คนเคาะจำนวน 5 คนเพื่อลดอคติในการเคาะ และใช้ทุเรียนหมอนทองจำนวน 7 ผล ในการทดลอง

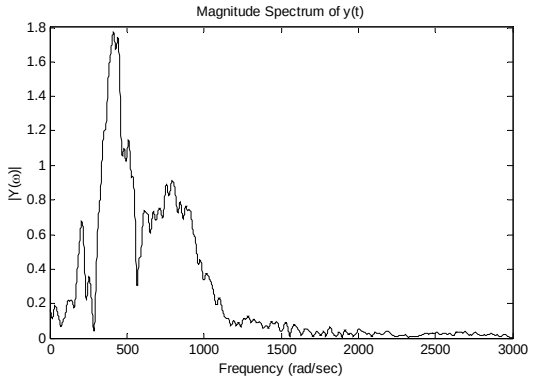
ผล

การเปลี่ยนแปลงของความถี่ตอบสนองสูงสุดเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเปลี่ยนแปลงไป

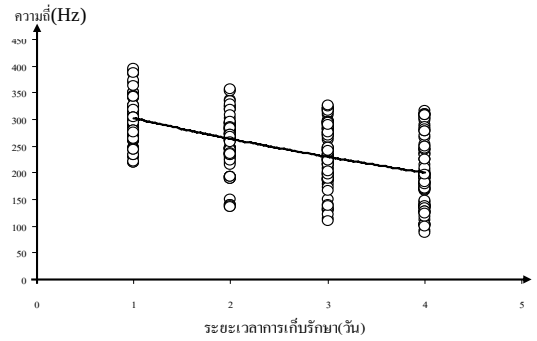
จากการทดลองเก็บข้อมูลติดต่อกันเป็นเวลา 4 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความถี่ตอบสนองสูงสุดของทุเรียนโดยวิธีการเคาะ พบว่าความถี่ตอบสนองมีการเปลี่ยนแปลงในทางลดลงเมื่อจำนวนวันในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ตอบสนองสูงสุด ต่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของทุเรียน ได้ดังสมการ (2) โดยมีค่า R^2 = 0.96 เมื่อ f คือความถี่ตอบสนองสูงสุด และ D คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4



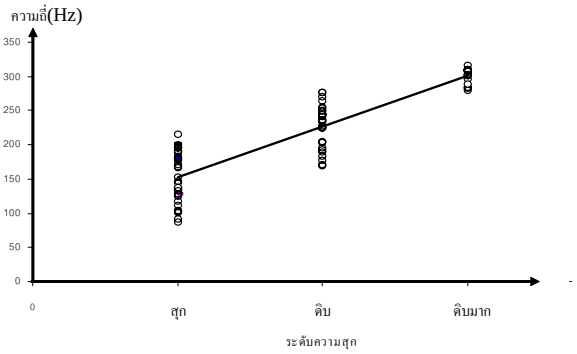
ภาพที่ 2 ตัวอย่างเสียงเคาะผลทุเรียน



ภาพที่ 3 ความถี่ตอบสนองที่ได้จากการแปลงฟูเรียร์



ภาพที่ 4 ผลการทดลองของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาและความถี่ตอบสนองสูงสุด



ภาพที่ 5 ผลการทดลองของความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุกและความถี่ตอบสนองสูงสุด

$$f = 347e^{-0.1374D} \quad (2)$$

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ตอบสนองสูงสุดกับระดับความสุกของผลทุเรียน

ในการทดลองนี้ได้ทำการแบ่งกลุ่มทุเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสุก กลุ่มดิบ และดิบมาก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการคัดแยก ซึ่งทุเรียนทั้งกลุ่มเป็นทุเรียนชุดเดียวกันกับที่ใช้ทำการทดลองในขั้นต้น โดยการทดลองนี้นำเอาความถี่ตอบสนองสูงสุดที่ได้จากการเคาะในวันแรกมาหาความสัมพันธ์ จากการทดลองพบว่าความถี่ตอบสนองสูงสุดจะลดลงเมื่อระดับความสุกของทุเรียนเพิ่มมากขึ้น โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังสมการ (3) โดยมีค่า R^2 = 0.99 เมื่อ f คือความถี่ตอบสนองสูงสุด และ r คือระดับความสุก ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 5

$$f = 111.45e^{0.338r} \quad (3)$$

วิจารณ์และสรุป

จากการศึกษาพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทุเรียนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความถี่ตอบสนองของทุเรียนต่ำลงนั่นหมายความว่ายิ่งทุเรียนสุกมากขึ้นเสียงก็จะยิ่งทุ้มขึ้น ส่วนการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความถี่กับระดับความแก่อ่อน พบว่าทุเรียนแก่จะมีความถี่เสียงสูงกว่าทุเรียนอ่อน อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าความถี่ตอบสนองสูงสุด มีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเคาะต่างครั้งกัน หรือคนเคาะต่างกัน ดังนั้นในการดำเนินการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการทำนายอายุทุเรียนจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการประมวลผลสัญญาณเพื่อให้ได้ความถี่ตอบสนองที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อย หรือพัฒนาวิธีการให้มีความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัย และ การเผยแพร่ผลงาน

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2546.

วุฒิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ. 2543. การตรวจหาความแก่อ่อนของทุเรียนโดยการสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับการใช้อุลตร้าโซนิกส์. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2546.

อนุพันธ์ เทอดวรวงศ์กุล. 2541. การเปลี่ยนแปลงดัชนีความถี่ธรรมชาติของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองระหว่างการพัฒนาบนต้น. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kalayanamitra, K. 1998. Determination of Durian Maturity by X-ray Technique. Graduate Thesis. Chiangmai University.