JPAGS
Journal of Physics & General Science

การวัดความสุกของทุเรียนจากความถี่ของคลื่นเสียง

Measurement of Ripeness of Durian from the Sound Wave Frequency

ศิริลักษณ์ สังข์เกื้อ* ศุภาพร คงเมฆี ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล และวัชระกร ศรีคำ

Siriluck Sangkue,* Supaporn Kongmakee, Chainuson Kasagepongsarn and Watcharakorn Srikom

สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani

*Corresponding author e-mail: praewsungkue1998@gmail.com

(Received: October 24, 2020, Revised: November 19, 2020, Accepted: January 6, 2021)

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ความสุกของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้สัญญาณเสียง ซึ่งเกิดจากเสียงเคาะผลทุเรียนสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยว และออกแบบวิธีการทดลองต่าง ๆ ให้สามารถนำไปใช้ได้ แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้ ในขั้นตอนแรก คือ การเก็บสัญญาณเสียง โดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคป และการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการแปลงฟูเรียร์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล ในขั้นตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง จากผลที่ได้จากการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณเสียง จากโดเมนของเวลาเป็นโดเมนความถี่ และเมื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์สัญญาณมาสังเคราะห์ข้อมูล พบว่าผลการทดลองให้แนวโน้มความถี่ของเสียงทุเรียนลดลงตามระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: การแปลงทางฟูเรียร์ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

ABSTRACT

This report is a study to analyze the ripeness of Monthong durian by using sound signals, which is caused by the knock of durian fruit in relation to the time after harvest, and design various experimental methods that can be used, it divided into steps as follows. The first step is the audio signal collection using an oscilloscope, and analysis using the Fourier transform using Microsoft Excel. The second step, it is an analysis of the experimental results. As a result of the Fourier transform of the audio signal from a time domain to a frequency domain. It is found that the frequency of durian sound decreased with the time of harvest.

Keywords: Fourier transform, Monthong durian

บทนำ

ทุเรียนเป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกที่สำคัญของโลก พื้นที่ปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวทุเรียน ในปี พ.ศ. 2558 ของประเทศประมาณ 687,000 และ 573,000 ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตทุเรียนเท่ากับ 603,000 ตัน มีมูลค่า 28,317 ล้านบาท [1] ตลาดส่งออกที่สำคัญของทุเรียนไทย 5 ลำดับ ได้แก่ จีน ฮ่องกง อินโดนิเซีย ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา ทุเรียนมีแนวโน้มที่จะส่งออกเพิ่มขึ้นสืบเนื่องจากข้อตกลงการค้าเสรี การกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีของการนำเข้าทุเรียนในแต่ละประเทศแตกต่างกัน ดังนั้น คณะกรรมการสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติออกประกาศกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเรื่องทุเรียนไว้ใช้เป็นมาตรฐานเพื่อให้ทุเรียนของไทยเป็นที่ยอมรับในระดับชาติและระดับสากล เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและส่งเสริมการส่งออก ลักษณะภายนอกของผลทุเรียนที่แก่ได้ที่ตามที่กำหนดในมาตรฐาน ได้แก่ ขั้วผล

แข็ง สีเข้ม เมื่อสัมผัสขั้ว จะรู้สึกสากมือบริเวณรอยต่อระหว่างขั้วผลและก้านผล ซึ่งเรียกว่า ปากปลิงบวมโต เมื่อจับขั้วผลแล้วแกว่งผลทุเรียน จะรู้สึกว่าขั้วผลแข็งและมีสปริงมากขึ้น ร่องหนามห่าง เมื่อบีบปลายหนามเข้าหากัน จะรู้สึกว่ามีสปริง ปลายหนามเริ่มแห้ง มีสีน้ำตาล สังเกตเห็นรอยเป็นแนวยาวบนสันพูได้ชัดขึ้น [2]

อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศมักมีปัญหา เมื่อทุเรียนที่ซื้อมาด้อยคุณภาพหรือไม่สุกตามที่ต้องการ อันเนื่องมาจาก การตัดทุเรียนดิบมาปะปนกับทุเรียนสุก การใช้สารเคมีเร่งการสุก ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการส่งออกทุเรียนมากขึ้นเรื่อย ๆ และยังเป็นปัญหาสร้างความไม่พึงพอใจจากผู้บริโภค ซึ่งสิ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพทุเรียน ได้แก่ ลักษณะผล สี น้ำหนัก และความแก่ นอกจากนี้ การคัดคุณภาพของทุเรียนด้านความสุกนั้น ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการคัดแยกทุเรียน โดยใช้วิธีการเคาะหาความสุกของทุเรียน [5-7]

จากปัญหาข้างต้น จึงทำให้มีแนวคิดในการพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบความสุกของทุเรียนแบบไม่ทำลาย โดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะในการแปลผลเสียงสัญญาณเคาะของทุเรียน ทำให้สะดวกต่อการคัดเลือกทุเรียนได้ดี [3, 8]

ดังนั้น งานวิจัยเรื่องการวัดความสุกของทุเรียนจากความถี่ของคลื่นเสียง ซึ่งใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า (oscilloscope) มาใช้ในการแปลผลเสียงเคาะของทุเรียน โดยแสดงผลออกมาเป็นกราฟความถี่จากเสียงเคาะ ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้สะดวกต่อผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญทางด้านการคัดแยกทุเรียน และสามารถนำไปพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการตรวจสอบความสุกของทุเรียนได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. สามารถเปลี่ยนข้อมูลเสียงในรูปคลื่นกลให้อยู่ในรูปคลื่นไฟฟ้า โดยใช้ชุดอุปกรณ์ทดลองเพื่อนำค่ามาสร้างข้อมูลของคลื่นโดยออสซิลโลสโคป

2. วิเคราะห์หาความสุกของทุเรียนจากความถี่เสียงเคาะทุเรียน โดยการแปลงความถี่ของเสียงด้วยวิธีการแปลงฟูเรียร์

วิธีการวิจัย

1. การคัดเลือกทุเรียนหมอนทองสำหรับการทดลอง

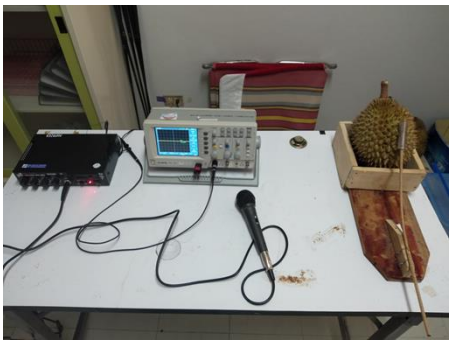
ทำการคัดเลือกทุเรียนหมอนทองที่ตัดจากสวนพร้อมส่งออก โดยยังไม่สุกงอม จำนวน 5 ลูก ซึ่งแต่ละลูกมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 20 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 3.5 กิโลกรัม ซึ่งการเลือกดังกล่าวได้ใช้ความชำนาญของชาวสวนทำให้ทราบว่าลักษณะทางกายภาพของผลทุเรียนสามารถบ่งบอกถึงอายุทุเรียนที่สามารถเก็บเกี่ยวได้

2. ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง

ทำการทดลองและวิเคราะห์เสียงเคาะทุเรียน โดยทำการทดลองเคาะทุเรียนโดยชุดอุปกรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งชุดอุปกรณ์ดังกล่าว ประกอบด้วย ไมโครโฟนรับสัญญาณเสียง เครื่องขยายเสียงสำหรับขยายสัญญาณไฟฟ้า ออสซิลโลสโคป และชุดอุปกรณ์การเคาะทุเรียน โดยนำทุเรียนใส่ไว้ที่ชุดอุปกรณ์การเคาะทุเรียน จากนั้น ทำการเคาะ โดยดึงไม้เคาะให้ห่างจากเปลือกนอกสุดของทุเรียน 14 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ข้อมูลเสียงเคาะทุเรียนชัดเจน โดยขณะที่เคาะนั้น มีชุดไมโครโฟน ซึ่งต่อกับเครื่องขยายเสียงและออสซิลโลสโคป โดยชุดอุปกรณ์นี้ทำหน้าที่วัดและบันทึกข้อมูลเสียงเคาะของทุเรียน โดยข้อมูลที่บันทึกได้นั้น เป็นข้อมูลสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในโดเมนของเวลา ซึ่งมีความถี่สัญญาณตรงกับความถี่เสียงเคาะของทุเรียน ซึ่งข้อมูลนี้ได้จากการบันทึกโดยออสซิลโลสโคปอยู่ในรูปแบบไฟล์ ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งเป็นข้อมูลสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในโดเมนของเวลา ซึ่งมีความถี่สัญญาณตรงกับ



ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดลองวัดและบันทึกข้อมูลเสียงเคาะทุเรียน

ความถี่เสียงเคาะของทุเรียน จากข้อมูลดังกล่าวนี้ เราไม่สามารถระบุความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าได้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการแปลงฟูเรียร์ เพื่อที่จะได้ข้อมูลในรูปแบบโดเมนของความถี่ ซึ่งสามารถระบุความถี่ของสัญญาณได้ โดยจากสมการการแปลงทางฟูเรียร์ [3, 4]

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn} \quad (1)$$

เมื่อ $n = t$ โดยที่ t คือ เวลา หรือ กล่าวได้ว่า

n คือ อันดับของค่าของฟังก์ชันในโดเมนของเวลา

k คือ อันดับของค่าฟังก์ชันในโดเมนของความถี่

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X_k คือ ค่าฟังก์ชันในโดเมนของความถี่ อันดับที่ k และ

x_n คือ ค่าฟังก์ชันในโดเมนของเวลา อันดับที่ n

เนื่องจากข้อมูลผลการทดลองอยู่ในรูปของไฟล์ ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล ดังนั้นกระบวนการแปลงทางฟูเรียร์ของสัญญาณไฟฟ้าสามารถทำได้โดยใช้ โปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล ซึ่งมีกระบวนการวิเคราะห์ผลเป็นดังสมการที่ 1

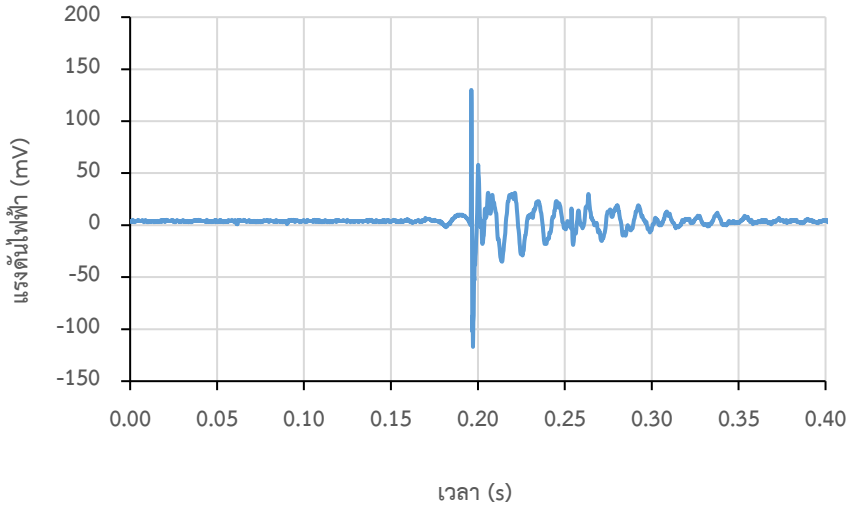
ผลการวิจัยและอภิปราย

ในหัวข้อนี้แสดงผลการทดลองจากการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนการแปลงทางฟูเรียร์ของข้อมูลการเคาะทุเรียนและขั้นตอนการประมวลผล

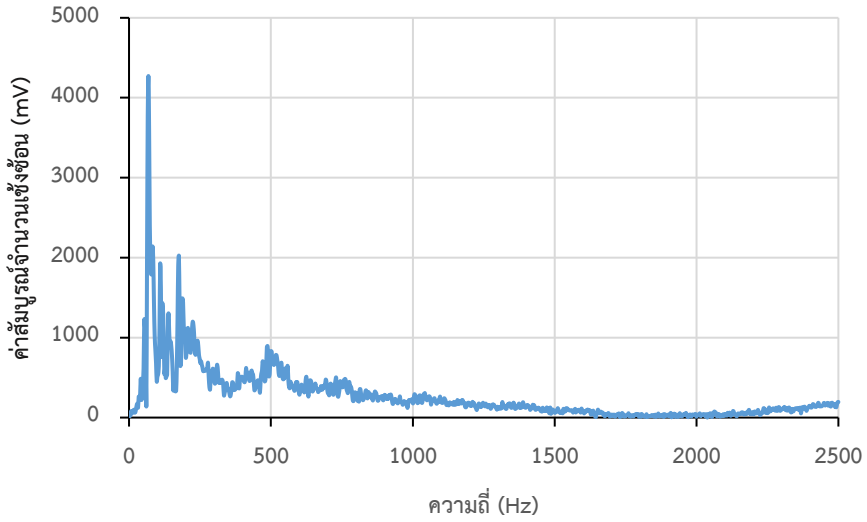
1. การแปลงทางฟูเรียร์ของข้อมูลการเคาะทุเรียน จากภาพที่ 2 และภาพที่ 3 เป็นตัวอย่างข้อมูลความถี่เสียงเคาะทุเรียน โดยภาพที่ 2 นั้น เป็นข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลเสียงในรูปโดเมนเวลา ซึ่งไม่สามารถระบุความถี่ได้ จึงทำการแปลงทางฟูเรียร์ ดังภาพที่ 3 โดยผลข้อมูลความถี่เสียงเคาะทุเรียนครั้งนี้ พิจารณาจากค่าของโดเมนความถี่ ณ ตำแหน่งสูงสุดของกราฟ ซึ่งได้ความถี่ 68.36 Hz ซึ่งเป็นความถี่เสียงเคาะทุเรียน โดยผลความถี่ที่ได้นี้ถูกนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับถัดไป

2. การประมวลผล ในขั้นตอนการประมวลผลนี้ ได้นำข้อมูลความถี่ของการเคาะทุเรียนในหลาย ๆ ตัวอย่างมาทำการประมวลผลหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงเคาะทุเรียนและจำนวนวันที่เก็บเกี่ยว โดยได้แสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4

ผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงซึ่งแสดงในภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ความถี่เสียงเคาะทุเรียนแปรผกผันกับจำนวนวันที่เก็บเกี่ยว ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ $y = -4.543x + 100.5$ แสดงให้เห็นว่า เมื่อจำนวนวันที่เก็บเกี่ยวผ่านไปมากขึ้นส่งผลให้



ภาพที่ 2 สัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลเสียงในรูปโดเมนเวลา

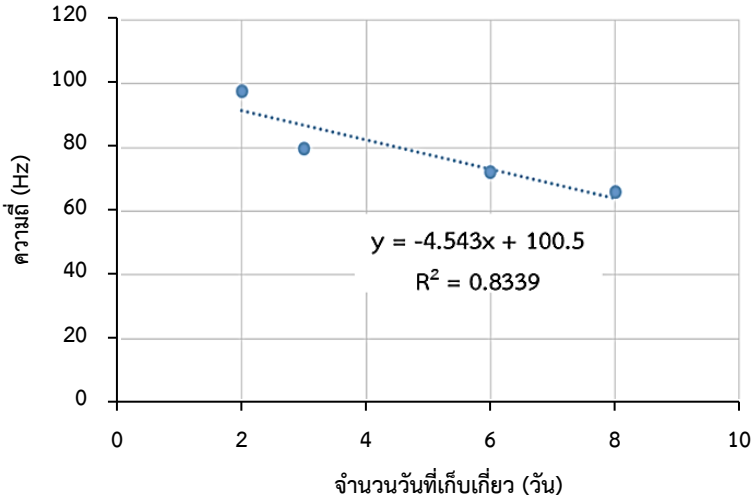


ภาพที่ 3 สัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลเสียงในรูปโดเมนความถี่

ความถี่เสียงเคาะทุเรียนมีค่าลดลง ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงเส้น จากสมการข้างต้น จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการ โดยสุ่มเลือกทุเรียนซึ่งทราบจำนวนวันที่เก็บเกี่ยวมาเคาะ แล้วนำความถี่จากการเคาะมาเปรียบเทียบกับความถี่ที่ได้จากการคำนวณ ผลการเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางนี้ สรุปได้ว่า สมการ y = -4.543x + 100.5 มีความน่าเชื่อถือในเกณฑ์ดี เพราะความถี่ที่ได้จากการคำนวณและจากการเคาะมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

โครงงานนี้นำเสนอการวัดความสุกของทุเรียน โดยการใช้เครื่องวัดประมวลผลจากเสียงเคาะ โดยทดสอบจำแนกระดับความสุกของทุเรียนด้วยเสียง ซึ่งเสียงที่เคาะได้นั้น สามารถใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้าวิเคราะห์ได้ และเสียงเคาะของทุเรียนสามารถแปลเป็นกราฟความถี่จากเสียงเคาะได้ โดยได้ทำการทดสอบกับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง และมีการกำหนดระยะห่างระหว่างไม้เคาะกับผลทุเรียนเป็น 14 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์จากการทดลองเคาะทุเรียน ค่าความถี่เฉลี่ยที่วัดได้



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงเคาะทุเรียนและจำนวนวันที่เก็บเกี่ยว

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความถี่จากการเคาะกับความถี่จากการคำนวณ

ลูกที่	วันที่เก็บเกี่ยว (วัน)	ความถี่จากการเคาะ (Hz)	ความถี่จากการคำนวณ (Hz)	เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน (%)
1	2	85.45	91.43	6.998
2	3	87.89	86.89	1.138
3	6	73.24	73.26	0.02730
4	8	63.48	64.17	1.087

จากการเคาะทุเรียนลูกที่ 1 จำนวนวันที่เก็บเกี่ยว 2 วัน มีค่าความถี่เฉลี่ย คือ 85.45 Hz ทุเรียนลูกที่ 2 จำนวนวันที่เก็บเกี่ยว 3 วัน มีค่าความถี่เฉลี่ย คือ 87.89 Hz ทุเรียนลูกที่ 3 จำนวนวันที่เก็บเกี่ยว 6 วัน มีค่าความถี่เฉลี่ย คือ 73.24 Hz ซึ่งทุเรียนซึ่งมีจำนวนวันเก็บเกี่ยว 3 วัน เป็นทุเรียนที่สุกแล้ว สามารถแกะออกจากผลได้ และทุเรียนลูกที่ 4 จำนวนวันที่เก็บเกี่ยว 8 วัน มีค่าความถี่เฉลี่ย คือ 63.48 Hz โดยความถี่จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับความถี่จากการเคาะ

สรุปได้ว่า จำนวนวันที่เพิ่งเก็บเกี่ยว (ทุเรียนดิบ) มีค่าความถี่ที่สูงกว่าทุเรียนที่มีจำนวนวันที่เก็บเกี่ยวไว้นาน (ทุเรียนสุก) โดยความถี่จากเสียงเคาะทุเรียนแปรผกผันกับจำนวนวันที่เก็บเกี่ยว ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ y = -4.543x + 100.5

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการสร้างและการพัฒนาเครื่องเคาะทุเรียนให้มีมาตรฐานยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการกำหนดตำแหน่งเคาะผลทุเรียนและแรงที่ใช้ในการเคาะผลทุเรียนได้

2. การเคาะทุเรียนมีผลต่อสัญญาณมากที่สุด ดังนั้น จำเป็นต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการเคาะผลทุเรียน เช่น ตำแหน่งเคาะ เป็นต้น

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำเครื่องมือที่ได้ออกแบบไปใช้วัดความสุกของทุเรียนได้
2. สามารถนำเครื่องมือที่ได้ออกแบบช่วยผู้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญสามารถคัดแยกความสุกของทุเรียนได้
3. สามารถเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจได้พัฒนาต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคคลากรสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] Office of Agricultural Economics, (2020, June 10), Durian: Partner/Competitor. [Online]. Available: http: //www.oae.go.th/fruits/index.php/2013-01-25-03-34-09?id=156

[2] พิทักษ์ คล้ายชม, “การจำแนกระดับความสุกทุเรียน โดยการตรวจสอบระดับสีผิวเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ” *วารสารวิจัยและพัฒนา,* ปีที่ 13, น. 189-202, 2560.

[3] ธีรพล ผลิตวานนท์, พีรพงษ์ สมบุญยอด และวารุณี บัณฑิตย์, “เครื่องวัดระดับความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ” ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2551.

[4] O. E. Brigham, *The fast fourier transform and application.* New Jersey: Prentice Hall, 1998.

[5] L. Hutabarat, “Quality of durian (Durio Zibethinus) Var Otong and Sitokong based on harvest time and storage duration,” Thesis, Department of Agronomy, Bogor Agricultural University, Bogor, 2016.

[6] S. Kongrattanaprasert, S. Arunrungrusmi, B. Pungsiri, K. Chamnongthai and M. Okuda, “Nondestructive Maturity determination of Durian by force vibration and ultrasonic,” in *IEEE International Symposium on Circuits and Systems,* Thailand, 2001, pp. 441-444.

[7] T. Rutpralom, P. Kumhom and K. Chamnongthai, “Nondestructive Durian maturity determination by using microwave free space measurement,” in *IEEE International Symposium on Circuits and Systems,* Thailand, 2006.

[8] A. Rejo, A. Suroso, I. W. Budiastra, H. K. Purwadaria, S. Susanto and Y. Y. Nazaruddin, (2020, June 1), Model for predicting and classifying durian fruit based on maturity and ripeness using neural network, [Online]. Available: https://coek.info/pdf-model-for-predicting-and-classifying-durian-fruit-based-on-maturity-and-ripeness.html