



## การจำแนกมัจคุดที่เกิดอาการเนื้อแแก้วโดยการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรพหุคูณ จากสมบัติเชิงกล และทางกายภาพ

\* สารสิน รัตนเสถียร<sup>1</sup>, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล<sup>1</sup>, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

ผู้เขียนติดต่อ: สารสิน รัตนเสถียร E-mail: sarasin\_kilbo@hotmail.com

### บทคัดย่อ

มัจคุดเนื้อแแก้วเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญ ซึ่งลดความเชื่อมั่นในคุณภาพมัจคุดส่งออก และยากต่อการคัดแยก เทคนิคในการตรวจสอบมัจคุดเนื้อแแก้วที่แม่นยำจะมีความซับซ้อน และราคาสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการคัดแยกมัจคุดเนื้อแแก้วจากสมบัติเชิงกล และกายภาพ โดยการศึกษาการใช้เทคนิคการแกว่งแบบเพนดูลัม เพื่อหาคาบการแกว่ง และสมบัติทางกายภาพด้านรูปแบบการลอยตัวในน้ำ และความถ่วงจำเพาะ เพื่อสร้างโมเดลการคัดแยกตัวแปรพหุคูณ โดยใช้ผลมัจคุดสดเกรดส่งออกจำนวน 189 ผล จากการวิเคราะห์แบบจำแนกกลุ่มพบว่าโมเดลสามารถจำแนกกลุ่มมัจคุดเนื้อแแก้ว และที่ไม่เป็นเนื้อแแก้วโดยรวมได้ถูกต้องร้อยละ 82.5 โดยตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการคัดแยกที่สุด คือ ความถ่วงจำเพาะ รองลงมา คือ รูปแบบการลอยตัวในน้ำ และผลต่างคาบการแกว่ง ตามลำดับ

คำสำคัญ: มัจคุดเนื้อแแก้ว; คาบการแกว่ง; สมบัติการลอยน้ำ; การจำแนกกลุ่มแบบพหุคูณ

### 1. บทนำ

มัจคุดเป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งซึ่งมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวพร้อมทั้งอุดมไปด้วยคุณประโยชน์มากมาย จึงเป็นที่นิยมชมชอบทั้งในตลาดทั่วไป และต่างประเทศอย่างกว้างขวางจึงได้ชื่อว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้

การปลูกมัจคุดเพื่อการค้าโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ในประเทศไทยจะปลูกมัจคุดกันมากทางภาคใต้ส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัดชุมพร และนครศรีธรรมราช และภาคตะวันออกได้แก่จันทบุรี ตราด ระยอง การเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่ผลผลิตออกมามาก โดยตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ประเทศจีน ฮองกง เวียดนาม สำหรับมัจคุดสดและเกาหลีใต้ ไต้หวัน ญี่ปุ่นสำหรับมัจคุดแช่แข็ง โดยมีคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญได้แก่ อินโดนีเซีย และเวียดนาม ในปี พ.ศ. 2553 เนื่องจากการเพาะปลูกภายในประเทศกว่า 405,622 ไร่ ให้ผลผลิต 250,508 ตัน ปริมาณการส่งออกมัจคุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก สูงถึง 119,572 ตัน คิดเป็น

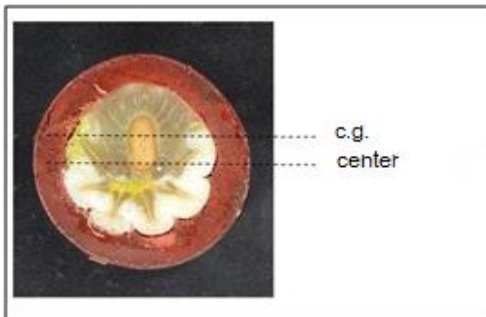
มูลค่า 1,955.8 ล้านบาท แต่ตลาดก็ยังคงต้องการมัจคุดที่มีคุณภาพอีกมาก [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552). อย่างไรก็ตามในการผลิตมัจคุดคุณภาพยังมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพภายนอก และภายใน ที่ส่งผลกระทบต่ออายุตัวของตลาด เช่น ผิวมัจคุดไม่สะอาด ลักษณะภายนอกไม่สมบูรณ์ มีร่องรอยการเข้าทำลายของศัตรูพืช อาการเนื้อแแก้ว โรครา และยางไหล เป็นต้น

มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาการใช้เทคนิคต่างๆในการตรวจสอบมัจคุดเนื้อแแก้วเทคนิคที่ให้ความแม่นยำจะเป็นเทคนิคที่มีความซับซ้อน และใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เทคนิคการแกว่งแบบเพนดูลัม และสมบัติทางกายภาพด้านการลอยตัวในน้ำ โดยอาศัยความแตกต่างทางกายภาพของจุดศูนย์ถ่วงระหว่างมัจคุดเนื้อแแก้ว และมัจคุดที่ไม่เป็นเนื้อแแก้ว ร่วมกับความถ่วงจำเพาะ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์เชิงกล และกายภาพที่ไม่ซับซ้อนในการวัด เพื่อสร้างโมเดลการคัดแยกแบบตัวแปรพหุคูณสำหรับตรวจสอบเนื้อแแก้วโดย

อาศัยความแตกต่างทางกายภาพของจุดศูนย์ถ่วงระหว่าง  
มังคุดเนื้อแก้วกับมังคุดที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว

## 2. อุปกรณ์ และวิธีการ

แนวความคิดของงานวิจัยมาจากผลงานวิจัยของ [2] Pankasemsuk et al., (1996) ที่ได้กล่าวว่ามังคุดเนื้อแก้วมีความชื้นในเปลือก (65%) มากกว่ามังคุดเนื้อปกติ (63%) ความถ่วงจำเพาะของมังคุดเนื้อแก้วจะมีค่ามากกว่า 1 และมังคุดเนื้อปกติจะมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 ดังนั้นความถ่วงจำเพาะสามารถใช้แยกมังคุดเนื้อแก้ว และมังคุดเนื้อปกติได้ นอกจากนี้ยังได้กล่าวว่าเนื้อแก้วมักจะเป็นกับเมล็ดที่ใหญ่ที่สุดในผล ดังนั้นจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity, c.g.) ของมังคุดจึงน่าจะมีความโน้มไปทางกลีบใหญ่ในผลมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว (รูปที่ 1) ซึ่งถ้าวางมังคุดให้แนวแกนตั้งอยู่ในแนวนอน และหมุนให้กลีบใหญ่อยู่ด้านบนจะทำให้มังคุดที่ไม่เป็นเนื้อแก้วที่มีขนาดผลเท่ากันแนวจุดศูนย์ถ่วงของมังคุดเนื้อแก้วจึงมีแนวโน้มอยู่สูงกว่า หรือห่างจากแกว่งกลางผลมากกว่ามังคุดที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว เนื่องจากส่วนที่เป็นเนื้อแก้วจะมีน้ำหนักมากกว่าเนื้อปกติ



รูปที่ 1 มังคุดในแนวนอน

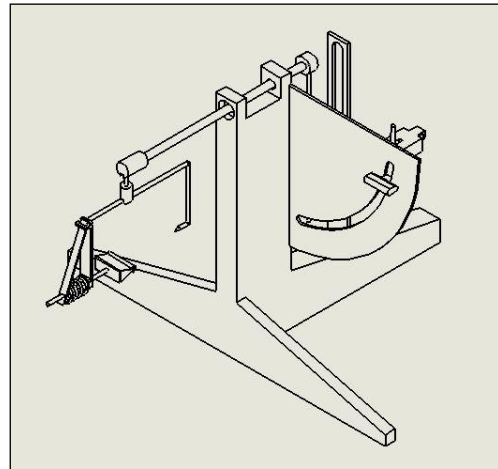
### 2.1 เครื่องวัดคาบการแกว่งมังคุด

ในการสร้างเครื่องวัดคาบการแกว่งมังคุดนั้นเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และได้ผลต่างของคาบการแกว่งที่ชัดเจนได้ยึดหลักการในการสร้างดังนี้ (รูปที่ 2)

- (ก) อุปกรณ์จับมังคุดสามารถยึดจับมังคุดเกรดส่งออกได้อย่างมั่นคง
- (ข) อุปกรณ์จับมังคุดสามารถหมุนมังคุดโดยอ้างอิงแกนเดิมได้ (แนวแกนกลีบเลี้ยงบนถึงกลีบเลี้ยงล่าง)
- (ค) อุปกรณ์จับมังคุดต้องมีน้ำหนักเบา และแข็งแรง

(ง) ปรับความยาวแขนเพลลาได้

(จ) สามารถปล่อยมังคุดในมุมต่างๆที่กำหนดได้



รูปที่ 2 เครื่องวัดคาบการแกว่งมังคุด

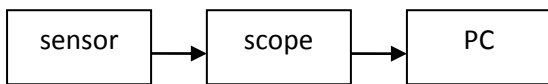
อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย อุปกรณ์จับมังคุด (รูปที่ 3) สลักยึดแขนแกว่ง แขนแกว่ง แผ่นวัดมุม (หมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในรูปที่ 6) เพลลา แขนเพลลา และเซนเซอร์ (หมายเลข 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ใน รูปที่ 7)

หลักการการทำงานของอุปกรณ์ คือ ติดตั้งมังคุดให้กึ่งกลางบริเวณกลีบเลี้ยงล่าง (stigma) ยึดกับแกนเหล็กด้านในโดยอาศัยแรงกดจากแกนหนีบก้านผลด้านหน้า (รูปที่ 3) ซึ่งแกนหนีบก้านผลสามารถปรับระยะ และหมุนได้

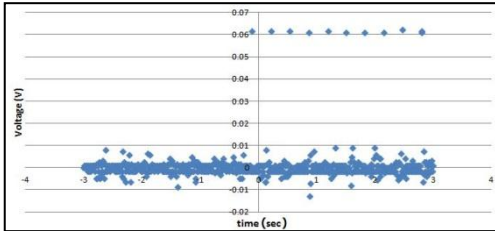


รูปที่ 3 อุปกรณ์จับมังคุด

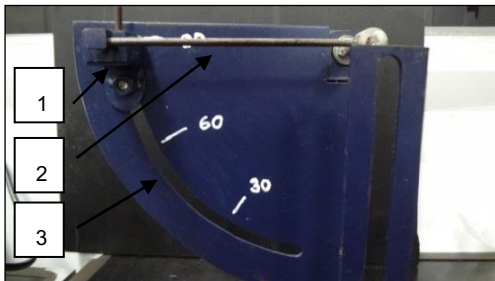
จากนั้นนำแขนแกว่งมายึดกับสลักด้านหลังแล้วปล่อยให้แกว่งอิสระ โดยในขณะที่แขนแกว่งที่ยึดกับสลักเกิดการแกว่งนั้นจะผ่านเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งแบบ magnetic sensor ทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยัง Oscilloscope โดยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสัญญาณถูกส่งผ่านสาย USB เข้าสู่ Computer (PC) (รูปที่ 4) แสดงผลในโปรแกรม Ultrascope DS1000E แล้วบันทึกข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์ผลในโปรแกรม Microsoft excel 2007 (รูปที่ 5)



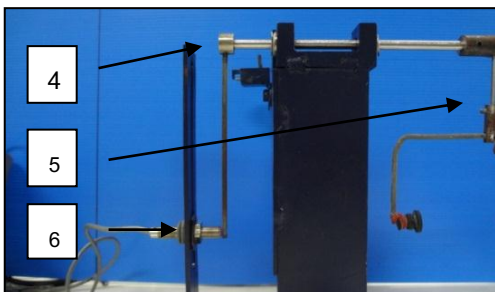
รูปที่ 4 ลักษณะการส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าขณะแขวนแกว่งผ่านเซนเซอร์



รูปที่ 6 ชุดทดสอบหามุมการแกว่งที่เหมาะสม(1 = สลักยึดแกนแกว่ง, 2 = แกนแกว่ง และ 3 = แผ่นวัดมุม)



รูปที่ 7 มุมมองด้านข้างของเครื่องวัดคาบการแกว่ง (4 = เพลา, 5 = แกนเพลา และ 6 = เซนเซอร์)

## 2.2 การทดสอบหาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องวัดคาบการแกว่งของมั่งคุด

เพื่อให้การวัดคาบเวลาของการแกว่งผลมั่งคุดมีความเที่ยงตรง และเซนเซอร์ที่ใช้วัดตำแหน่งสามารถตอบสนองได้อย่างเหมาะสม จึงศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องมือสำหรับวัดโดยเป็นการศึกษาระยะแขวนเพลาที่เหมาะสม และมุมเริ่มต้นการแกว่งที่เหมาะสม โดยมีการทดลองดังนี้

2.2.1 ศึกษาระยะแขวนเพลาที่เหมาะสมในการแกว่งมั่งคุด โดยการทดสอบหาค่าความแตกต่างของคาบการแกว่งเมื่อนำผลมั่งคุดมายึดให้มั่นคงด้วยอุปกรณ์ในลักษณะแนวแกนกลางขนานกับแนวระดับ ให้บริเวณกึ่งกลางของมั่งคุดอยู่ด้านบน และเมื่อหมุนมั่งคุด 180 องศาให้กึ่งกลางอยู่ด้านล่าง หรือศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำกว่าแนวศูนย์กลาง โดยวัดคาบเวลาที่ระยะแขวนเพลา 3 ระดับ ได้แก่ 3, 5 และ 10 เซนติเมตร ปล่อยที่มุมเริ่มต้น 90 องศา โดยอ้างอิงจากแนวตั้งฉากของแนวระดับ โดยระยะที่เหมาะสม คือ ระยะแขวนเพลาที่ทำให้ค่าคาบเวลาการแกว่งที่ได้จากการวัดซ้ำมีความแตกต่างน้อยที่สุด

2.2.2 ศึกษามุมเริ่มต้นการแกว่งที่เหมาะสม โดยใช้ระยะแขวนเพลาที่เหมาะสมจากการทดลอง 2.2.1 และวัดคาบเวลาโดยติดตั้งผลมั่งคุด เช่นเดียวกับการทดลอง 2.2.1 ศึกษาเปรียบเทียบมุมการปล่อย 3 ค่า คือ 30, 60 และ 90 องศา โดยอ้างอิงจากแกนแนวตั้ง (รูปที่ 6) โดยค่ามุมที่เหมาะสมเป็นมุมที่ทำให้ค่าผลต่างคาบเวลาที่วัดได้ของมั่งคุดมีความแตกต่างกันมากที่สุด และมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจากการวัดซ้ำ

## 2.3 การวัด และเก็บข้อมูล

ในการทดลองนี้ ได้ใช้มั่งคุดตัวอย่างขนาดเบอร์ 1, 2 และ 3 ระยะความสูงที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมกับการส่งออก เป็นจำนวน 189 ผล เก็บ และทดลองในห้องอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตลอดการทดลอง

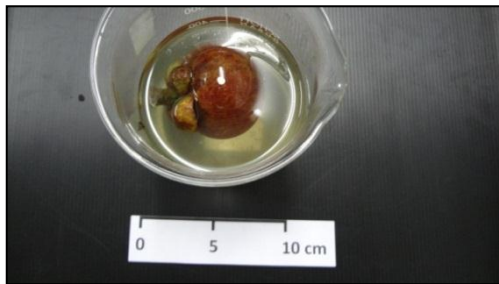
### 2.3.1 การวัดค่าทางกายภาพ

หาหน้าหนัก และความถ่วงจำเพาะของมั่งคุด จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด และระยะจากขั้วบนถึงขั้วล่างของผลมั่งคุด

### 2.3.2 การบันทึกลักษณะการลอยในน้ำ

มั่งคุดเนื้อแก้วส่วนใหญ่จะเกิดกับก๊ลิบที่ใหญ่ที่สุด และเนื้อแก้วจะมีน้ำหนักมากกว่าเนื้อปกติ สมมติฐานในการทดลองนี้ คือ มั่งคุดเนื้อแก้วจะมีลักษณะการลอยโดยบริเวณด้านเบี้ยว (หรือด้านที่มีก๊ลิบใหญ่) อยู่ด้านล่างเสมอเมื่ออยู่ในของเหลว โดยทดลองนำมั่งคุดมาปล่อยลงในน้ำ (หรือน้ำเกลือ เพื่อให้มั่งคุดลอยทุกผล) และบันทึกลักษณะการลอย โดยมั่งคุดแต่ละผลจะปล่อยลงน้ำ 3 ลักษณะ คือ ปล่อยด้านก๊ลิบ

ล่าง (stigma) ลงน้ำ ปล่อยให้ในลักษณะขั้วบนหันลงน้ำ และปล่อยให้ในลักษณะแนวแกนขั้วอยู่ในแนวนอน แล้วทำจุดเครื่องหมายจุดกึ่งกลางส่วนที่ลอยเหนือน้ำไว้ จากนั้นแบ่งมังคุดออกเป็นสามส่วนได้แก่ ส่วนบน (บริเวณใกล้กลีบเลี้ยง) ส่วนกลาง และส่วนบริเวณกลีบเลี้ยงล่าง (ใกล้ stigma) โดยมีระยะในแนวผิวจากแกนขั้วผลด้านบนถึงขั้วผลด้านล่างเท่ากันในด้านเดียวกับจุดที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ (รูปที่ 8) สำหรับตรวจสอบลักษณะของมังคุดเมื่ออยู่ในของเหลวว่ามังคุดหันส่วนใดขึ้นด้านบน



รูปที่ 8 การทดสอบลักษณะการลอยของมังคุดในน้ำ

### 2.3.3 การทดลองด้วยเครื่องวัดคาบการแกว่งของมังคุด

การทดลองนี้เป็นการหาผลต่างคาบการแกว่งของมังคุดแต่ละผลด้วยเครื่องวัดคาบการแกว่ง โดยใช้ทฤษฎีจากสมการที่ (1) เพื่อหาผลต่างคาบเวลาของมังคุดแต่ละผล

$$P = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

โดยที่  $\omega$  คือ ความถี่เชิงมุม (เรเดียน/วินาที)

$l$  คือ ความยาว (เมตร)

2.3.3.1 ศึกษาผลต่างคาบการแกว่งของมังคุดโดยนำมังคุดมาจับด้วยอุปกรณ์จับมังคุดที่ได้สร้างไว้ (รูปที่ 3) โดยหันด้านตรงข้ามกับบริเวณที่ลอยน้ำที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ (จากข้อ 2.3.2) ออกจากแกนเพลลา (ด้านที่ลอยน้ำ หรือด้านที่ลอยอยู่ด้านบน จะหันเข้าหาแกนเพลลา) เพื่อให้จุดศูนย์กลางของมังคุดอยู่ห่างจากเพลลามากที่สุด

2.3.3.2 หมุนแขนแกว่งมายึดกับสลักด้านหลัง จากนั้นจึงปลดสลักให้เริ่มแกว่ง เมื่อแขนแกว่งหมุนตัดผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะส่ง Output ไปยัง Oscilloscope ผ่านทางสาย USB แสดงผลใน computer ด้วยโปรแกรม Ultrascope DS1000E ในลักษณะการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ที่สัมพันธ์กับเวลาโดยความต่างศักย์จะมีค่า

สูงเมื่อก้านแกว่งเคลื่อนผ่านเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งทำซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลดิบมาวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการแกว่งแต่ละคาบ

2.3.3.3 หมุนมังคุด 180 องศา ตามแนวแกน (ด้านที่ลอยน้ำจะหันออกจากแกนเพลลา) เพื่อให้จุดศูนย์กลางอยู่ใกล้แกนเพลามากที่สุด แล้วทำขั้นตอนที่ 2.3.3.2 อีกครั้ง

2.3.3.4 หาผลต่างค่าเฉลี่ยคาบการแกว่งของมังคุดแต่ละผล โดยนำค่าเฉลี่ยคาบเวลาจากข้อ 2.3.3.2 ลบด้วยค่าเฉลี่ยคาบเวลาจากข้อ 2.3.3.3

## 2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

แบ่งมังคุดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว และกลุ่มที่เป็นเนื้อแก้ว ซึ่งใช้เป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ และกำหนดให้ตัวแปรต้น คือ ผลแตกต่างของเวลาในแต่ละคาบของมังคุดแต่ละผล (จากการวัด 2 ครั้ง โดยหมุนต่างกัน 180 องศา) ลักษณะการลอยตัวของเหลว และความถ่วงจำเพาะ แล้วนำมาวิเคราะห์สร้างโมเดลจำแนกกลุ่มด้วยวิธี discriminant analysis และนำมาทดสอบเพื่อหาความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมังคุดที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว และมังคุดเนื้อแก้ว โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16

## 3. ผลการทดลอง

### 3.1 ผลการทดสอบหาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องวัดคาบการแกว่งของผลมังคุด

จากการทดสอบกับผลมังคุด 10 ผล ขนาดเบอร์ 1, 2 และ 3 ระยะความสูงที่ 2 และ 3 โดยเลือกปัจจัยที่ทำให้คาบเวลาการแกว่งที่ได้จากการวัดซ้ำมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด ได้ผลดังนี้

#### 3.1.1 ผลการศึกษาระยะแขนเพลลาที่เหมาะสม

จากตารางที่ 1 พบว่าที่ระยะแขนเพลลา 3 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาคือ 5 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การทดสอบหาระยะแขนเพลลาที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วย: มิลลิวินาที)

ระยะแขนเพลลา (ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย		รวม
	หันลง*	หันขึ้น**	
3	2.36	3.30	5.66
5	1.77	5.19	6.95



10	4.24	4.48	8.72
----	------	------	------

\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงออกจากแกนเพลลา

\*\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงเข้าหาแกนเพลลา

### 3.1.2 ผลการศึกษาเริ่มต้นการแกว่งที่เหมาะสม

จากตารางที่ 2 พบว่าที่มุม 90 องศา (โดยอ้างอิงจากแนวตั้งฉากของแนวระดับ) มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาคือ 60 และ 30 องศา ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การทดสอบหามุมเริ่มต้นที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วย: มิลลิวินาที)

มุมเริ่มต้นการแกว่ง (องศา)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย		รวม
	หันลง*	หันขึ้น**	
30	3.77	4.24	8.01
60	3.09	2.85	5.94
90	2.36	3.30	5.66

\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงออกจากแกนเพลลา

\*\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงเข้าหาแกนเพลลา

จากการทดลอง (3.1.1 และ 3.1.2) จึงเลือกระยะแขนเพลลา 3 เซนติเมตร และมุมเริ่มต้นการแกว่ง 90 องศา (โดยอ้างอิงจากแนวตั้งฉากของแนวระดับ) ในการปรับตั้งเครื่องวัดคาบการแกว่งในการทดลองกับผลมังคุด

## 3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ผลต่างค่าเฉลี่ยจากลักษณะเนื้อมังคุด จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยคาบการแกว่งของผลมังคุด พบว่าคาบการแกว่งเฉลี่ยเมื่อผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงออกจากแกนเพลลามากกว่าลักษณะหันผลมังคุดด้านศูนย์ถ่วงเข้าหาแกนเพลลา 0.678 และ 0.662 วินาที ตามลำดับ และเมื่อแยกพิจารณาเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของผลมังคุดแต่ละผลโดยแบ่งกลุ่มตามลักษณะภายในผลในด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) ได้แก่ วิเคราะห์ผลมังคุดทั้งหมด เฉพาะลูกที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว เฉพาะลูกที่เป็นเนื้อแก้ว เฉพาะยางไหล และวิเคราะห์เนื้อแก้วร่วมกับยางไหล พบว่าผลต่างค่าเฉลี่ยของผลมังคุดทั้ง 5 กลุ่มไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยคาบการแกว่งของผลมังคุดเมื่อพิจารณาเป็นกลุ่มจากลักษณะภายในผล (หน่วย: วินาที)

ลักษณะภายในผล	จำนวน (ผล)	คาบการแกว่งเฉลี่ย		ผลต่างคาบการแกว่ง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		หันขึ้น*	หันลง**		หันขึ้น*	หันลง**

รวมทั้งหมด	189	0.678 <sup>a</sup>	0.662 <sup>b</sup>	0.015 <sup>1</sup>	0.031	0.038
------------	-----	--------------------	--------------------	--------------------	-------	-------

ไม่เป็นเนื้อแก้ว	142	0.677 <sup>a</sup>	0.661 <sup>b</sup>	0.015 <sup>1</sup>	0.030	0.040
------------------	-----	--------------------	--------------------	--------------------	-------	-------

เนื้อแก้ว	34	0.679 <sup>a</sup>	0.662 <sup>b</sup>	0.016 <sup>1</sup>	0.039	0.029
-----------	----	--------------------	--------------------	--------------------	-------	-------

ยางไหล	28	0.681 <sup>a</sup>	0.675 <sup>b</sup>	0.005 <sup>1</sup>	0.026	0.033
--------	----	--------------------	--------------------	--------------------	-------	-------

เนื้อแก้ว	15	0.677 <sup>a</sup>	0.671 <sup>b</sup>	0.006 <sup>1</sup>	0.029	0.033
-----------	----	--------------------	--------------------	--------------------	-------	-------

ร่วมกับยางไหล						
---------------	--	--	--	--	--	--

\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงออกจากแกนเพลลา

\*\* ลักษณะผลมังคุดหันด้านศูนย์ถ่วงเข้าหาแกนเพลลา

3.2.2 ผลการทำนายกลุ่มมังคุดจากสมการจำแนกกลุ่มพหุคูณ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำตัวแปรทั้งหมดได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ลักษณะการลอยตัวของเหลว และผลต่างคาบการแกว่ง สร้างสมการจำแนกกลุ่ม พบว่าในกลุ่มที่ไม่เป็นเนื้อแก้วซึ่งมีทั้งหมด 155 ผล เมื่อนำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่ม พบว่าสามารถทำนายได้ถูกต้อง 127 ผล คิดเป็นร้อยละ 81.9 และในกลุ่มที่เป็นเนื้อแก้วเดิมมี 34 ผล เมื่อนำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่ม พบว่าสามารถทำนายได้ถูกต้อง 29 ผล คิดเป็นร้อยละ 85.3 เมื่อคิดโดยรวม พบว่าสมการจำแนกกลุ่มมีความถูกต้องในการคัดแยกร้อยละ 82.5

ตารางที่ 4 ผลการจำแนกกลุ่ม, ด้วยสมการทำนายจากความแตกต่างคาบเวลาการแกว่ง, ลักษณะการลอยตัวของเหลว และความถ่วงจำเพาะ (หน่วย: ผล)

	ไม่เป็นเนื้อแก้ว	เนื้อแก้ว	รวม	ความถูกต้อง (%)
ผลการตรวจสอบ	155	34	189	
ทำนายถูกต้อง	127	29	156	82.5
ทำนายผิดพลาด	28	5	33	

3.2.3 แสดงผลการจำแนกผลมังคุดโดยทำนายจากความถ่วงจำเพาะ จากตารางที่ 5 พบว่าในกลุ่มที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว ซึ่งมี 155 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่มถูกต้อง 146 ผล คิดเป็นร้อยละ 74.8 ส่วนในกลุ่มที่เป็นเนื้อแก้ว เดิมมี 34 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้อง 30 ผล คิดเป็นร้อยละ 88.2 เมื่อคิดรวมทั้งหมด 189 ผล พบว่าสมการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 77.2

ตารางที่ 5 ผลการจำแนกกลุ่ม, ด้วยสมการทำนายจากความ  
ถ่วงจำเพาะ (หน่วย: ผล)

	ไม่เป็นเนื้อ แก้ว	เนื้อแก้ว	รวม	ความถูกต้อง (%)
ผลการตรวจสอบ	155	34	189	
ทำนายถูกต้อง	116	30	146	77.2
ทำนายผิดพลาด	39	4	43	

3.2.4 แสดงผลการจำแนกผลมังคุดโดยทำนายจาก  
ลักษณะการลอยตัวของเหลว จากตารางที่ 6 พบว่าในกลุ่ม  
ที่ไม่เป็นเนื้อแก้ว ซึ่งมี 155 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนก  
กลุ่มถูกต้อง 63 ผล คิดเป็นร้อยละ 40.6 ส่วนในกลุ่มที่เป็น  
เนื้อแก้ว เดิมมี 34 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่ม  
ถูกต้อง 28 ผล คิดเป็นร้อยละ 82.4 เมื่อคิดรวมทั้งหมด 189  
ผล พบว่าสมการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 48.1

ตารางที่ 6 ผลการจำแนกกลุ่ม, ด้วยสมการทำนายจากลักษณะการ  
ลอยตัวของเหลว (หน่วย: ผล)

	ไม่เป็นเนื้อ แก้ว	เนื้อแก้ว	รวม	ความถูกต้อง (%)
ผลการตรวจสอบ	155	34	189	
ทำนายถูกต้อง	63	28	91	48.1
ทำนายผิดพลาด	92	6	98	

3.2.5 แสดงผลการจำแนกผลมังคุดโดยทำนายจาก  
ผลต่างคาบการแกว่ง จากตารางที่ 7 พบว่าในกลุ่มที่ไม่เป็น  
เนื้อแก้ว ซึ่งมี 155 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่ม  
ถูกต้อง 64 ผล คิดเป็นร้อยละ 41.3 ส่วนในกลุ่มที่เป็นเนื้อ  
แก้ว เดิมมี 34 ผล ทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่มถูกต้อง  
17 ผล คิดเป็นร้อยละ 50.0 เมื่อคิดรวมทั้งหมด 189 ผล  
พบว่าสมการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 42.9

ตารางที่ 7 ผลการจำแนกกลุ่ม, ด้วยสมการทำนายจากคาบการแกว่ง  
(หน่วย: ผล)

	ไม่เป็นเนื้อ แก้ว	เนื้อแก้ว	รวม	ความถูกต้อง (%)
ผลการตรวจสอบ	155	34	189	
ทำนายถูกต้อง	64	17	81	42.9
ทำนายผิดพลาด	91	17	108	

## 4. สรุป

### ตอนที่ 1 การทดสอบอุปกรณ์

เครื่องวัดคาบการแกว่งที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถวัดคาบ  
การแกว่งของมังคุดเกรตส่งออกได้ทุกผล โดยระยะที่ให้ผล  
การเก็บข้อมูลที่ดีที่สุดคือ ใช้ระยะแขนเพลลา 3 เซนติเมตร  
และมุมเริ่มต้นการแกว่ง 90 องศา (โดยอ้างอิงจากแนวตั้งฉาก  
ของแนวระดับ) สามารถใช้ทดสอบมังคุดเกรตส่งออกได้ทุกผล

### ตอนที่ 2 การทดสอบโมเดลจำแนกกลุ่ม

การใช้เทคนิคการแกว่งแบบเพนดูลัมร่วมกับรูปแบบ  
การลอยตัวในน้ำ และความถ่วงจำเพาะ สร้างโมเดลการคัด  
แยกแบบตัวแปรพหุคูณ สามารถใช้จำแนกมังคุดเนื้อแก้ว  
และที่ไม่เป็นเนื้อแก้วได้ โดยการจำแนกมังคุดเนื้อแก้ว และที่  
ไม่เป็นเนื้อแก้ว มีความถูกต้องร้อยละ 85.3 และ 81.9  
ตามลำดับ และโมเดลจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องโดยรวมร้อยละ  
82.5 โดยตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการคัดแยกที่สุดคือ  
ความถ่วงจำเพาะ รองลงมาคือ รูปแบบการลอยตัวในน้ำ  
และผลต่างคาบการแกว่ง ตามลำดับ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์แบบตัวแปร  
พหุคูณสามารถเพิ่มความแม่นยำในการทำนายได้ อย่างไรก็ตาม  
ตามการวัดค่าเชิงกล และค่าทางกายภาพยังมีจุดที่ควร  
ปรับปรุงแก้ไข นั่นคือการใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสม และมีความ  
ไวมากขึ้นในการวัดคาบเวลาการแกว่ง เป็นต้น

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. *ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th>, (เข้าดูเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2555).
- [2] Pankasemsuk, T., J. O. jr. Garner, F. B. Matta, and J. L. Silva, 1996. Translucent flesh disorder of mangosteen fruit (*Garcinia mangostana* L.). *HortScience*. 31(1). 112-113.