วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การรับรู้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงภายใต้การกระทำกระแทก

Firmness Sensing of Mango Subjected to Impact Loading

โดย

นายอุดมศักดิ์ กิจทวี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2547

ISBN 974-359-948-7

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ประสบสำเร็จได้ต้องจักขอกราบขอพระคุณ รศ.ดร. บัณฑิต จริโมภาส ซึ่งเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พร้อมกับให้คำแนะนำแนวทางและสนับสนุนงบประมาณในการทดลองตลอดจนในความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อาจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ กรรมการสาขาวิชาเอก อาจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล กรรมการสาขาวิชารอง ที่คอยให้คำชี้แนะและความรู้ต่างๆอันเป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

ขอขอบพระคุณพี่เฉลิมพล พี่จุก ป้าทา ป้าชม และอีกหลายๆท่านที่ให้ความสนับสนุนและเป็นธุระในการดูแลผลมะม่วงจากแมลงและโรคร้าย

ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ พี่ น้อง และเพื่อนๆที่รับฟังปัญหาต่างๆอย่างนิ่งเฉย ให้ความสนับสนุนและมอบกำลังใจแก่ผู้จัดทำ

ประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์นี้พึงเพียงใด ผู้จัดทำขอมอบแด่คุณมารดา บิดา ที่ให้การเลี้ยงดู ให้การศึกษาเล่าเรียน คณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และคุณธรรม รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ หากวิทยานิพนธ์มีความผิดพลาดและบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ ที่นี้

อุดมศักดิ์ กิจทวี

พฤศจิกายน 2546

อุดมศักดิ์ กิจทวี 2547: การรับรู้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงภายใต้การกระทำกระแทก ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์บัณฑิต จริโมภาส, D.Sc. 115 หน้า
ISBN 974-359-948-7

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะศึกษาการรับรู้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงภายใต้การกระทำกระแทกเพื่อการคัดแยกผลมะม่วงอ่อนแก่ วิธีการศึกษาประกอบด้วย การสร้างเครื่องมือวัดหาความแน่นเนื้อของผลมะม่วงซึ่งประกอบด้วย 1) คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมและ Data Acquisition Unit 2) สวิตช์ 3) ขาตั้ง 4) แม่เหล็กไฟฟ้า 5) หัวกระแทก และ 6) ดินน้ำมัน การทดลองหาตัวแปรความแน่นเนื้อ(ที่กำหนดโดยอัตราส่วนแรง F ต่อการเปลี่ยนรูป D โมดูลัสยัง E และดัชนีความแน่นเนื้อ A/t) เปรียบเทียบระหว่างเครื่อง Effegi(Ef), Universal Testing Machine (U) และเครื่องวัดหาความแน่นเนื้อด้วยการกระแทก (I) ที่สร้างขึ้นกับมะม่วง 2 พันธุ์ (น้ำดอกไม้และโชคอนันต์) ที่ระยะความเจริญเติบโตต่างๆและวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองปรากฏว่าในการหาค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 60, 80, 100และมากกว่า 110 วันโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี I กับวิธี Ef และวิธี U กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรวัดความแน่นเนื้อต่างๆคือ $\frac{F}{D}$ของวิธี Ef กับ $\frac{F}{D}$และ E ของวิธี U กับเวลาหลังเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงมีรูปแบบคล้ายกันคือช่วง 60-100 วันตัวแปรวัดความแน่นเนื้อจะมีค่าเฉลี่ยค่าหนึ่งมีการแกว่งตัวแคบๆ (CV=9.44-12.84%) เมื่ออายุมะม่วงมากกว่า110วัน ค่าตัวแปรความแน่นเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็ว(≅400-760%) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ค่อนข้างดีมากและดีระหว่าง $\frac{F}{D}$ โดยวิธี U กับ $\frac{F}{D}$ โดยวิธี I (R^2>0.87)และ E โดยวิธี U กับ A/t โดยวิธี I (R^2=0.8) โดยวิธี I A/t แปรเป็นสัดส่วนตรงกับ E อย่างดีเยี่ยม(R^2>0.99)

เงื่อนไขการกระแทกที่เหมาะสมคือ ความสูง 2 เซนติเมตรและน้ำหนักหัวกระแทก 10 กรัมได้ทดสอบซ้ำกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 75-113 วันและมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 67-105 วัน(มะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์มีความบริบูรณ์เมื่ออายุ 99 และ 91 วัน)ปรากฏว่า E ของมะม่วงทั้งสองพันธุ์จะประมาณคงที่อยู่ในช่วงหนึ่งจนวันบริบูรณ์ หลังจากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็ว สมการ Weibull สามารถหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอายุ X กับ E ได้ดีมากคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ $E = 15.1 - 4924.0e^{-2.5E7x^{-3.2}}$ (R^2=0.95) และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ $E = 17.8 - 17479.2e^{-6.1E5x^{-2.4}}$ (R^2=0.91)ระยะการเจริญเติบโตของผลมะม่วงมีอิทธิพลต่อสมบัติยืดหยุ่นของผลมะม่วง

วิธี I สามารถระบุความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ภายในกรอบทฤษฎียืดหยุ่น มีความรวดเร็วไม่ทำลายผลไม้ มีความถูกต้อง แต่มีข้อแม้ว่าต้องมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใส่ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว อย่างไรก็ตามระบบนี้ใช้อุปกรณ์เป็นอิเล็กทรอนิกส์จึงสามารถต่อผ่านอุปกรณ์ต่างๆเข้าคอมพิวเตอร์ได้ วิธี U มีความถูกต้องดีแต่ช้ากว่าวิธี Ef ซึ่งสามารถได้ผลลัพธ์โดยตรง พฤติกรรมของมะม่วงไม่เอื้อต่อการใช้วิธี I จึงไม่สามารถแยกมะม่วงอ่อนออกจากมะม่วงแก่หรือมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ได้

Udomsak Kitthawee 2004: Firmness Sensing of Mango Subjected to Impact Loading. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Bundit Jarimopas, D.Sc. 115 pages. ISBN 974-359-948-7

This thesis was to study firmness sensing of mango fruit subjected to impact loading so as to sort out mango of different maturity stages. Methodology included construction of an impact testing device measuring mango firmness comprising 1) a computer program and data acquisition unit, 2) switch, 3) stand, 4) electromagnet, 5) an impactor and 6) clay. Experimentation to find firmness in term of force F to deformation D ratio, modulus of elasticity E and firmness index was carried out by means of Effegi apparatus (Ef), Universal Testing Machine (U) and the impact tester (I) with mangoes of 2 cultivars (Nam Dok Mai and Chok Anan) at different maturity.

Analysis resulted that determination of firmness of mangoes having 60,80,100 and over 110 days after fruit set with Ef, U and I methods exhibits graph of relationship of the same pattern for 60 to 100 days between $\frac{F}{D}$ of the Ef and $\frac{F}{D}$ of the U, and between $\frac{F}{D}$ of the Ef and E of the U and maturity time.

Firmness parameter slightly fluctuated about a certain mean (CV = 9.44-12.84%) till the mango reached the time over 110 days , then firmness rapidly dropped ($\cong$ 400-760%) with respect to the means value. Very good and good correlations were found between $\frac{F}{D}$ of the U and $\frac{F}{D}$ of the I(R^2>0.87) and between E of the U and firmness index of the I ($R^2 = 0.8$). Firmness index excellently varied proportionally as E ($R^2 > 0.99$) of the I.

Appropriate impact testing condition was 2 cm. height and 10 gm. impactor. The following repetition test with 75-113 days after fruit set and Nam Dok Mai and 67-105 days after fruit set Chok Anan (Nam Dok Mai and Chok Anan reached full maturity at 99 and 91 days after fruit set) showed E of the 2 cultivars remains constant until full maturity, after that the E fastly dropped. Weibull equation was applied to set up very good correlation between E and time X. For the Nam Dok Mai and Chok Anan the equations are $E = 15.1 - 4924.0e^{-2.5E7x^{-3.2}}$ ($R^2 = 0.95$) and $E = 17.8 - 17479.2e^{-6.1E5x^{-2.4}}$ ($R^2 = 0.91$). Maturity stage affected elasticity of mango.

The I method could determine mango firmness fastly, non-destructively, accurately with the conditions that a) theory of elasticity holds b) computer was readily programmed. The U was correct but slower than the Ef. which could give instant result. Mango behavior did not suit the application of the I method so that maturity sorting could not be achieved.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายอักษรย่อและสัญลักษณ์	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
มะม่วง	3
ความแน่นเนื้อ	7
การกระแทก	11
อุปกรณ์และวิธีการ	17
วัสดุและอุปกรณ์	17
วิธีการทดลอง	18
ผลการทดลองและวิจารณ์	24
การทดลองที่ 1	24
การทดลองที่ 2	35
สรุป	46
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก สูตรคณิตศาสตร์	53
ภาคผนวก ข การคำนวณหาสมการ	58
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณหาค่าต่างๆ	63
ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดสอบ	67
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงบางพันธุ์	4
2	ความถ่วงจำเพาะการจมน้ำและช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกของมะม่วงบางพันธุ์	5
3	ความแน่นเนื้อผลไม้ต่างๆ	8
4	เงื่อนไขการทดลองกำหนดโดยความสูงและน้ำหนักหัวกระแทก	20
5	แสดงสถิติของแรงต่อการเปลี่ยนรูปในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆในภาพที่ 16	28
6	ค่าสถิติของแรงต่อการเปลี่ยนรูปในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆในภาพที่ 19 (ข้อมูลจากการสุ่ม 3 ค่าจากกราฟแรงและการเปลี่ยนรูปช่วงมีภาระไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์เทียบกับยอดกราฟ)	29

ตารางผนวกที่

ง1	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 75 วัน	68
ง2	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 77 วัน	69
ง3	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 79 วัน	70
ง4	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 81 วัน	71
ง5	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 83 วัน	72
ง6	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 85 วัน	73
ง7	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 87 วัน	74
ง8	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 89 วัน	75
ง9	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อาย 91 วัน	76
ง10	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 93 วัน	77
ง11	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 95 วัน	78
ง12	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 97 วัน	79
ง13	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 99 วัน	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ง14	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 101 วัน	81
ง15	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 103 วัน	82
ง16	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 105 วัน	83
ง17	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 107 วัน	84
ง18	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 109 วัน	85
ง19	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 111 วัน	86
ง20	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 113 วัน	87
ง21	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 67 วัน	88
ง22	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 69 วัน	89
ง23	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 71 วัน	90
ง24	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 73 วัน	91
ง25	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 75 วัน	92
ง26	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 77 วัน	93
ง27	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 79 วัน	94
ง28	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 81 วัน	95
ง29	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 83 วัน	96
ง30	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 85 วัน	97
ง31	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 87 วัน	98
ง32	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 89 วัน	99
ง33	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 91 วัน	100
ง34	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 93 วัน	101
ง35	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 95 วัน	102
ง36	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 97 วัน	103
ง37	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 99 วัน	104
ง38	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 101 วัน	105
ง39	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 103 วัน	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง40	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 105 วัน	107
ง41	แสดงค่าความเร่งและเวลาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เงื่อนไขต่างๆ จากการทดลอง 1	108
ง42	แสดงค่าต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุต่างๆ จากการทดลอง 1	112
จ1	แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	115

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักและปริมาตรของน้ำดอกไม้ที่อายุต่างๆ	5
2	ความแน่นเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุต่างๆ	8
3	Magness-Taylor pressure tester	9
4	เครื่องวัดปริมาณแรงด้วยเกนาพิกา(Handy Hit)	10
5	แสดงเครื่องทดสอบแบบกระแทกแบบต่างๆ	11
6	ลักษณะกราฟของการกระทำกระแทก	15
7	การกระจายแรงกระแทกกับเวลาสำหรับระดับความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน	15
8	อุปกรณ์วัดรัศมีความโค้ง	17
9	ระบบเครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทก	18
10	แสดงระยะ AC, BD, แกนที่ตั้งฉากกันและระยะ h	19
11	เครื่องวัดความแน่นเนื้อแบบ Effegi	21
12	เครื่อง Universal Testing Machine(UTM), Shimadzu AG-10TE	21
13	ระบบเครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทกประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมและ Data Acquisition Unit(1) สวิตช์(2) ขาตั้ง(3) แม่เหล็กไฟฟ้า(4) หัวกระแทก(5) และดินน้ำมัน(6)	24
14	การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความแน่นเนื้อต่อน้ำหนักหัวกระแทก	25
15	ค่าดัชนีความแน่นเนื้อในผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยวต่างๆ	26
16	ค่าโมดูลัสยังในผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยวต่างๆ	27
17	แรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี Effegi ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ	27
18	การตอบสนองแรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี UTM ของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 80 วัน	28
19	ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างจากวิธี UTM	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ค่าโมดูลัสยังของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ โดยวิธี UTM	30
21	ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปของมะม่วงน้ำดอกไม้วิธี UTM และวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม	31
22	ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี Effegi และโมดูลัสยังวิธี UTM ของมะม่วงน้ำดอกไม้	32
23	ค่าโมดูลัสยังวิธี UTM และดัชนีความแน่นเนื้อวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม	32
24	ค่าโมดูลัสยังวิธี UTM และโมดูลัสยังวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม	33
25	ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแน่นเนื้อและโมดูลัสยังโดยวิธีกระแทก	33
26	ความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสยังกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้	36
27	ความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสยังกับอายุผลของมะม่วงโชคอนันต์	37
28	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแน่นเนื้อกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้	38
29	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแน่นเนื้อกับอายุผลของมะม่วงโชคอนันต์	39
30	การกระจายความเร่งของมะม่วงน้ำดอกไม้กับเวลา	40
31	การกระจายความเร่งของมะม่วงโชคอนันต์กับเวลา	40
32	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 97 วันกับเวลาระหว่างกระแทก	41
33	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 113 วันกับเวลาระหว่างกระแทก	42
34	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงโชคอนันต์อายุ 89 วันกับเวลาระหว่างกระแทก	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงโชคอนันต์อายุ 105 วันกับเวลาระหว่างกระแทก	43
36	ความสัมพันธ์ของค่าผลต่างเวลา(t_D- t_F)กับอายุผลของมะม่วงทั้งสองพันธุ์	44

คำอธิบายอักษรย่อและสัญลักษณ์

$\frac{F}{D}$ = แรงต่อการเปลี่ยนรูป(นิวตันต่อมิลลิเมตร)

$\frac{A}{t}$ = ดัชนีความแน่นเนื้อ $\left(\frac{km/s^2}{ms}\right)$

UTM = Universal Testing Machine

E = โมดูลัสยัง(ปาสคาล)

F = แรงสูงสุด(นิวตัน)

D = การเปลี่ยนรูปสูงสุด(มิลลิเมตร)

A = ความเร่งสูงสุด $\left(\frac{Km}{s^2}\right)$

t_D = เวลา ณ การเปลี่ยนรูปสูงสุด(มิลลิวินาที)

t_F = เวลา ณ แรงสูงสุด(นิวตัน)

การรับรู้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงภายใต้การกระทำกระแทก

Firmness Sensing of Mango Subjected to Impact Loading

คำนำ

ผลไม้จะมีคุณภาพดี เก็บรักษา ใช้ประโยชน์และวางจำหน่ายได้นานนั้นต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่มีความบริบูรณ์เหมาะสม ถูกต้องตามความต้องการของผู้บริโภคซึ่งเกษตรกรทราบดีอยู่แล้ว เนื่องจากอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะตัวที่ได้สะสมมาเป็นเวลานาน ขณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่กลับพบปัญหาไม่สามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้องว่า ผลไม้ผลไหนที่มีคุณภาพดีเหมาะต่อการบริโภค ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการสร้างหลักเกณฑ์หรือเครื่องบ่งชี้ที่เรียกว่าดัชนีความบริบูรณ์ (maturity index) มาใช้ในการพิจารณา ดัชนีความบริบูรณ์ในทางปฏิบัติใช้กันอยู่ในสองระดับ คือ 1) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเรียก ดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvesting index) และ 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วว่ามีความบริบูรณ์ถูกต้องตามความต้องการหรือไม่ เช่น ตรวจสอบปริมาณแป้ง, น้ำตาล, กรด และอื่น ๆ เรียกว่า ดัชนีคุณภาพ (quality index) ดัชนีความบริบูรณ์มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและเป็นค่าที่สำคัญ ในการกำหนดความบริบูรณ์มีความยากในการกำหนดหรือหาค่าของดัชนีความบริบูรณ์ในมะม่วงซึ่งขึ้นกับรูปร่าง น้ำหนัก และความแปรปรวนระหว่างผลมะม่วงในต้นเดียวกัน ในระยะความบริบูรณ์ที่เท่ากันมีปัจจัยภายนอกมากมายที่ถูกใช้ในการกำหนดค่าความบริบูรณ์ในผักผลไม้ซึ่งรวมไปถึงความหนาแน่น สีผิว เนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อและขนาด

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศและมีปลูกอยู่ทั่วไปทั่วทุกภาคของประเทศ ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวได้มีทั้งใช้บริโภคภายในประเทศและส่งไปขายยังตลาดต่างประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544) รายงานปริมาณการส่งออกมะม่วงสด 10,829 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 217.5 ล้านบาท สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2545) รายงานปริมาณการส่งออกมะม่วงสด 8,736 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 146.2 ล้านบาท อย่างไรก็ตามผลมะม่วงที่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับผลมะม่วงสุกคุณภาพไม่ดีอาจจะเกิดจากการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงอ่อนเกินไป แก่เกินไป หรือการปฏิบัติอื่น ๆ หลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกวิธี ดังนั้นคุณภาพของมะม่วงที่เก็บเกี่ยวได้ไม่ว่าจะเป็นมะม่วงสำหรับรับประทานผลดิบ

หรือสุก ย่อมมีความสำคัญต่อผลตอบแทนที่จะได้รับจากการขายผลมะม่วงเหล่านั้น ความสามารถในการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่มีอายุที่เหมาะสม การคัดแยกและปฏิบัติต่อผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างถูกวิธี จะทำให้เกิดการผลิตผลมะม่วงมีคุณภาพเป็นมาตรฐานและนำมาซึ่งความเชื่อถือของตลาดและรายได้ที่ดี

วัตถุประสงค์

ศึกษาการรับรู้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงภายใต้การกระทำกระแทกเพื่อการคัดแยกผลมะม่วงอ่อนแก่

การตรวจเอกสาร

มะม่วง

มะม่วงของไทยแบ่งออกตามประโยชน์ที่ได้ 3 ประเภทคือ มะม่วงกินสุก มะม่วงกินดิบ และมะม่วงแปรรูป

มะม่วงกินดิบ ชาวต่างประเทศส่วนใหญ่ไม่รู้จัก อีกประการหนึ่งชาวต่างชาติไม่กล้ารับประทานมะม่วงดิบเพราะกลัวยางมะม่วงจะเป็นอันตรายต่อปาก มะม่วงมันมีตลาดอยู่อย่างจำกัดส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ มีส่งออกไปขายต่างประเทศบ้างไม่มากนัก พันธุ์มะม่วงประเภทนี้ได้แก่ เขียวเสวย ทูนถวาย แรด ฟ้าลั่น เป็นต้น

มะม่วงกินสุก ผลมะม่วงประเภทนี้ขณะดิบจะมีรสเปรี้ยวมากแต่พอเริ่มสุกแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล พอสุกได้ที่รสจะหวานอร่อย ตลาดโลกส่วนใหญ่รู้จักแต่มะม่วงกินสุกเท่านั้น นอกจากจะใช้เป็นประโยชน์ในรูปรับประทานผลสุกแล้วยังใช้ประกอบอาหารหวานได้อีกหลายอย่าง พันธุ์มะม่วงประเภทนี้ ได้แก่ อกร่อง น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ หนังกลางวัน ทองดำและนวลจันทร์ เป็นต้น

มะม่วงแปรรูป ผลมะม่วงอาจนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่างเช่น มะม่วงดองแยมมะม่วง มะม่วงตากแห้ง ไวน์มะม่วง มะม่วงบด มะม่วงสามรส น้ำผลมะม่วง เป็นต้น ซึ่งมะม่วงที่มีบทบาทในการแปรรูปนั้นต้องไม่แพงเกินไปนัก มะม่วงที่ใช้แปรรูปปัจจุบันใช้มะม่วงแก้วเป็นพื้น นอกจากนี้มีมะม่วงสามปีหรือสามฤดู ตลับนาก เป็นต้น

การเก็บเกี่ยวที่อายุที่เหมาะสมของมะม่วงกินสุกทำให้มันมีรสหวานอร่อยน่ารับประทาน ความอ่อนแก่ของผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมีผลโดยตรงต่อคุณภาพในการรับประทานหรือรสชาดของผลมะม่วง ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ผลยังอ่อน เมื่อผลสุกจะทำให้ผลมะม่วงมีรสเปรี้ยว สีผิวและเนื้อไม่สวย ผลเหี่ยวมากและกลิ่นอาจจะไม่หอม ตรงกันข้ามกับผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่แก่เหมาะสม เมื่อผลสุกจะมีรสหวาน สีผิวและเนื้อสดใสสวย ผลไม่เหี่ยวหรือเหี่ยวเพียงเล็กน้อยและมีกลิ่นหอม ถ้าเก็บเกี่ยวผลมะม่วงแก่จัดมากเกินไปหรือที่เรียกว่า สุกปากตะกร้อ ผลมะม่วงที่ได้จะมีคุณภาพไม่ดี เนื้อนิ่มมากและเนื้อใกล้บริเวณเมล็ดจะช้ำ คุณภาพในการรับประทานไม่ดี อายุ

การวางขายสั้นกว่าปกติ อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงแต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาลที่มะม่วงออกดอกและติดผลจนกระทั่งผลโต การให้ปุ๋ย ความชื้นในดิน การตัดแต่ง การใช้สารเคมีพ่นและตำแหน่งของผลในทรงพุ่มทั้งนี้อายุการเก็บเกี่ยวยังขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการขนส่งด้วย เป็นต้น การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

การนับอายุ เป็นวิธีที่นิยมโดยจะนับตั้งแต่วันที่ช่อดอกเริ่มบาน 50% หรือบานเต็มที่หรือตั้งแต่ผลขนาดเล็กเริ่มติดแล้วเป็นขนาดเท่าหัวไม้ขีดหรือเมล็ดถั่วเขียวจนกระทั่งถึงวันที่เก็บเกี่ยวได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงบางพันธุ์

พันธุ์	อายุการเก็บเกี่ยวโดยประมาณ (วัน)	เริ่มนับตั้งแต่
น้ำดอกไม้	100	ดอกบานเต็มที่
	93	ติดผล
เขียวเสวย	110	เริ่มออกดอก
	95-105	ดอกบานเต็มที่

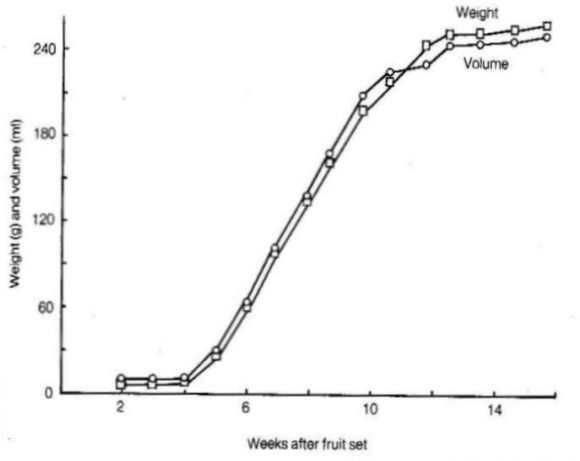
ที่มา: คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2530)

ความถ่วงจำเพาะ เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นจะมีน้ำหนักผลสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงมีค่ามากขึ้นคือผลมะม่วงแก่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าผลมะม่วงอ่อน ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถสังเกตได้จากการจมและการลอยของผลมะม่วงในสารละลายซึ่งโดยทั่วไปคือน้ำ ดังนั้นจะพบว่าผลมะม่วงอ่อนลอยน้ำและผลมะม่วงแก่จมน้ำ แต่ผลมะม่วงที่แก่บางพันธุ์อาจจะไม่จมน้ำก็ได้เพราะผลมะม่วงบางพันธุ์นั้นมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 ผลมะม่วงที่แก่และลอยน้ำ พบว่ามีช่องว่างมากระหว่างเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกที่แข็ง ผลมะม่วงแก่ที่จมน้ำมีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกน้อย (ตารางที่ 2) ดวงตรา (2526) ได้ทำการหาน้ำหนักผลและปริมาตรของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ความถ่วงจำเพาะการจมน้ำและช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกของมะม่วงบางพันธุ์

พันธุ์	ความถ่วงจำเพาะ	การจมน้ำ	ช่องว่าง
น้ำดอกไม้	1.03	จม	น้อย
เขียวเสวย	0.97	ลอย	มาก

ที่มา: คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2530)



ภาพที่ 1 น้ำหนักและปริมาตรของน้ำดอกไม้ที่อายุต่างๆ

ที่มา: ดวงตรา (2526)

นวล ผลมะม่วงเกือบทุกพันธุ์เมื่อผลแก่จัดนวลหรือไขที่ผิวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะผลมะม่วงที่มีผิวสีเขียวเข้ม ดังนั้นเมื่อใช้มือถูหรือผ้าเช็ดหน้าผิวของมะม่วงนวลหรือไขบนผิวของผลมะม่วงจะหลุดไปและเห็นเป็นรอยของนวลหรือไขที่ไม่โดนถูหรือเช็ดบนผิวของผลมะม่วง

เนื้อสัมผัส (texture) เนื้อสัมผัสของผลิตผลแต่ละอย่างแตกต่างกันไปและภายหลังการเก็บเกี่ยวการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสก็แตกต่างกันด้วย บางอย่างเปลี่ยนจากกรอบเป็นเหนียว บางอย่างเปลี่ยนจากแน่นแข็งเป็นนิ่มและบางอย่างเปลี่ยนจากเนื้อแห้งเป็นแฉะเป็นต้น ลักษณะที่ดีขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค ที่เห็นแตกต่างกันชัดเจนได้แก่ผลฝรั่ง ในขณะที่คนไทยชอบรับประทาน

ฝรั่งดิบ ยังคงกรอบและมีกลิ่นน้อย คนชาติอื่น ๆ กลับนิยมฝรั่งสุก เนื้อนิ่มและมีกลิ่นหอม ส่วนการวัดเนื้อสัมผัสในพวกผักที่มักมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวมานานมักใช้การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยเพราะเส้นใยเป็นต้นเหตุสำคัญของความเหนียวของผักหลายชนิดเช่น ในถั่วฝักยาวและหน่อไม้ฝรั่ง การอ่อนนุ่มของผลไม้เกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวหรืออ่อนตัวของผนังเซลล์ประการหนึ่ง นอกจากนั้นยังเกิดจากการที่แป้งซึ่งสะสมไว้ในผลเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลและเกิดจากการสูญเสียน้ำออกไปจากผลิตผล

สี พืชผักผลไม้มักมีเปลือกผลสีเขียวเมื่ออ่อน เมื่อผลแก่สีเปลือกมักจะเปลี่ยนไป สีเขียวเข้มอาจจางลงเป็นสีเขียวอ่อนหรือมีสีอื่นขึ้นมาแทนที่สีเขียวเช่นเงาะ มะละกอ ฝรั่ง มะเขือเทศ สตรอเบอรี่ แอปเปิ้ล เป็นต้น การใช้ดัชนีความบริบูรณ์โดยดูการเปลี่ยนสีเปลือกมักจะอาศัยจากการเทียบกับตารางสีมาตรฐาน (color chart) เช่น แผ่นเทียบสีมาตรฐานของ The Royal Horticultural Society แล้วใช้เทียบระบบ Y x y color space หรือระบบ L a b color space Chavapradit (1996) สรุปว่าสมบัติทางแสงไม่เพียงพอในการใช้คัดแยกผลสุก-แก่ของมะม่วงเพราะผลมะม่วงที่เข้าสู่ช่วงแก่จะยังคงมีสีเขียว

ขั้วของผล พืชบางชนิดจะมีรอยต่อระหว่างขั้วของผลกับกิ่งเช่นพืชตระกูลแตงเมื่อรอยต่อแห้งเหี่ยวแสดงว่าแตงแก่พร้อมจะเก็บเกี่ยวได้ ผลทุเรียนที่แก่ก้านผลจะมีขนาดไม่เท่ากันตรงรอยต่อโดยทางด้านกิ่งจะมีขนาดใหญ่ว่าขั้วผลหรือแตงไทยขั้วผลจะแห้ง

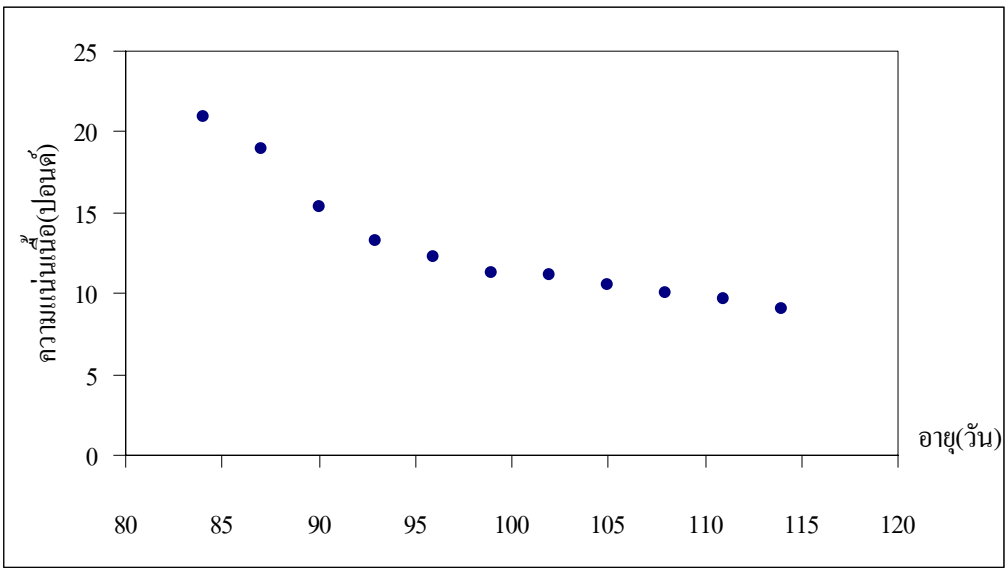
รสชาด (taste) รสชาดประกอบด้วยทั้งรสและกลิ่น รสชาดของผลิตผลแต่ละอย่างแตกต่างกันไป การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตผลแต่ละอย่างจึงแตกต่างกันและมักต้องใช้การชิมเป็นสิ่งสุดท้ายในการตัดสินคุณภาพ อย่างไรก็ตามรสของผลไม้พื้นฐานที่มีในผลไม้ส่วนใหญ่ได้แก่ ความหวาน, ความเปรี้ยว, ความขม, ความฝาด บางชนิดอาจมีความมันเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การวิเคราะห์คุณภาพด้านรสและกลิ่นเหล่านี้อาจทำได้ดังนี้ การวัดอัตราส่วนของเปอร์เซ็นต์น้ำตาลต่อปริมาณกรดหรือปริมาณกรด เช่น มะม่วงเขียวเสวยที่แก่เต็มที่มีคุณภาพดีที่สุดหลังติดผล 13 สัปดาห์หรือ 91 วัน มีอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำตาลต่อกรดประมาณ 1 หรือปริมาณกรด 8-9% มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ช่วงอายุ 96-111 วันหลังติดผลมีอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อกรดซิตริก 6.01-10.10 เมื่อผลสุกมีอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อกรดซิตริกมากกว่า 16 (ดวงตรา และคณะ, 2527)

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (Chok Anan) มีลักษณะสรีวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวที่น่าสนใจคือ อายุการเก็บเกี่ยว (harvesting index) 110-120 วัน น้ำหนักผล (fruit weight) 209 กรัม สีเนื้อผลดิบ (flesh color of green fruit) YO 22 A ไม่มีเส้นใยในเนื้อ (fiber) สีเปลือกผลดิบ (skin color of green fruit) YGG 144 A สีเปลือกผลสุก (skin color of ripe fruit) YO 21 C ความหวานเนื้อ 20 องศาบริกซ์ (กรมวิชาการเกษตร)

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Namdokmai) มีลักษณะสรีวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวที่น่าสนใจคืออายุการเก็บเกี่ยว (harvesting index) 100 วัน น้ำหนักผล (fruit weight) 300 กรัม สีเนื้อผลดิบ (flesh color of green fruit) YG 13 B ไม่มีเส้นใยในเนื้อ (fiber) สีเปลือกผลดิบ (skin color of green fruit) YG 144 B สีเปลือกผลสุก (skin color of ripe fruit) YG 11 B ความหวานเนื้อ 22 องศาบริกซ์ (กรมวิชาการเกษตร)

ความแน่นเนื้อ (Firmness)

ความแน่นเนื้อของผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการจัดการซื้อขายของผักและผลไม้ (Chen *et al.*, 1996) ความแน่นเนื้อเป็นลักษณะทางกายภาพอย่างหนึ่งซึ่งบ่อยครั้งจะถูกใช้ประเมินคุณภาพของผักผลไม้ (Harker *et al*., 1996) ในผลิตภัณฑ์การเกษตรหลายอย่าง ความแน่นเนื้อสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของการเจริญเติบโตทั่ว ๆ ไป ความแน่นเนื้อของผลไม้ลดลงทีละน้อยเมื่อมันโตเต็มที่มากขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมันสุก ผลไม้ที่เสียหายหรือสุกเกินไปจะนิ่ม ดังนั้นความแน่นเนื้อสามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับคัดเลือกผลิตภัณฑ์เกษตรออกเป็นกลุ่มความเติบโตสมบูรณ์ต่าง ๆ ได้ หรือแยกสุกเกินไปและพวกเสียหายจากพวกดีได้เช่นการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีความแน่นเนื้อผล 12.30-9.60 ปอนด์จาก 96–111 วัน (ภาพที่ 2) (ดวงตรา และคณะ, 2527) Reyes *et al*. (1996) ได้ศึกษาแยกมะละกอออกเป็น 5 ระดับ ตามระดับสีผิวจากเขียวถึงสีเหลืองสามในสี่ส่วน ซึ่งมีความแน่นเนื้อลดลงจาก 129–16.5 นิวตัน Delwiche (1996) ได้ทำการแบ่งความแน่นเนื้อของ Bartlett pear ออกเป็น 3 ช่วงคือนิ่มความแน่นเนื้อน้อยกว่า 44 นิวตัน แน่นความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 44 นิวตันถึงน้อยกว่า 70 นิวตัน แข็งความแน่นเนื้อมากกว่าหรือเท่ากับ 70 นิวตัน Zhang (1994) ระบุว่าเมื่อเก็บผลพีชไว้ที่ 23 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 0, 1 และ 2 วันความแน่นเนื้อของลูกพีชพันธุ์ Ruston Red มีค่า 100.1, 79.6 และ 48.9 นิวตัน ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ความแน่นเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุต่างๆ

ตารางที่ 3 ความแน่นเนื้อผลไม้ต่างๆ

Plunger (Kg)	อ่อน	กำลังกิน	แก่
ฝรั่ง	3.851	3.404	5.206
มะม่วง	6.783	0.433	0.666
กล้วย	1.261	1.251	1.035
มะละกอ	6.968	4.344	2.160

หมายเหตุ มีการเปลี่ยนขนาดหัวPlungerในระดับความแน่นเนื้อต่างๆ

ที่มา: จักรพันธุ์ (2542)

ความแน่นเนื้อสามารถประเมินได้จาก (Finney, 1969)

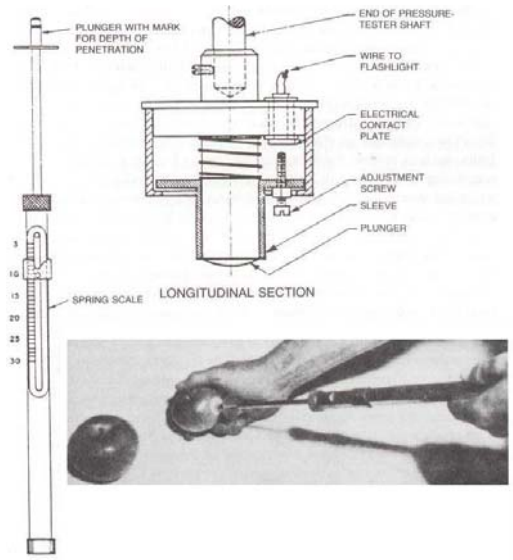
1. แรงที่ทำให้ได้การเปลี่ยนรูปที่กำหนดให้ภายในผลิตภัณฑ์นั้น

2. การเปลี่ยนรูปที่เกิดจากแรงมาตรฐาน

3. อัตราส่วนแรงต่อการเปลี่ยนรูปภายในวัสดุระหว่างถูกภาระเชิงกลกระทำ

แนวคิดสำหรับข้อ 1 และ 3 คือยิ่งอ่านค่าได้มากผลิตภัณฑ์ยิ่งแน่นเนื้อมาก ส่วนข้อ 2 ยิ่งมีการเปลี่ยนรูปน้อยผลิตภัณฑ์ยิ่งแน่นเนื้อมาก ความแน่นเนื้อของผลไม้ควรที่จะถูกวัดภายใต้สภาวะความเครียดน้อย ๆ ไม่ให้เกินจุดคลากของผลิตผลและสอดคล้องกับทฤษฎียืดหยุ่น (Bourne, 1967)

Schomer and Olsen (1962) พบว่าความแน่นเนื้อเป็นสัดส่วนกับแรงกดและได้ทำการปรับปรุงเครื่องทดสอบแรงดันผลไม้ (ภาพที่ 3) ซึ่งมีความลึกของการแทงหัวกดเข้าในผลไม้เท่ากับ 1.4 มม. โดยมีหลอดไฟเล็กๆแจ้งแก่ผู้ทดสอบ



ภาพที่ 3 Magness-Taylor pressure tester

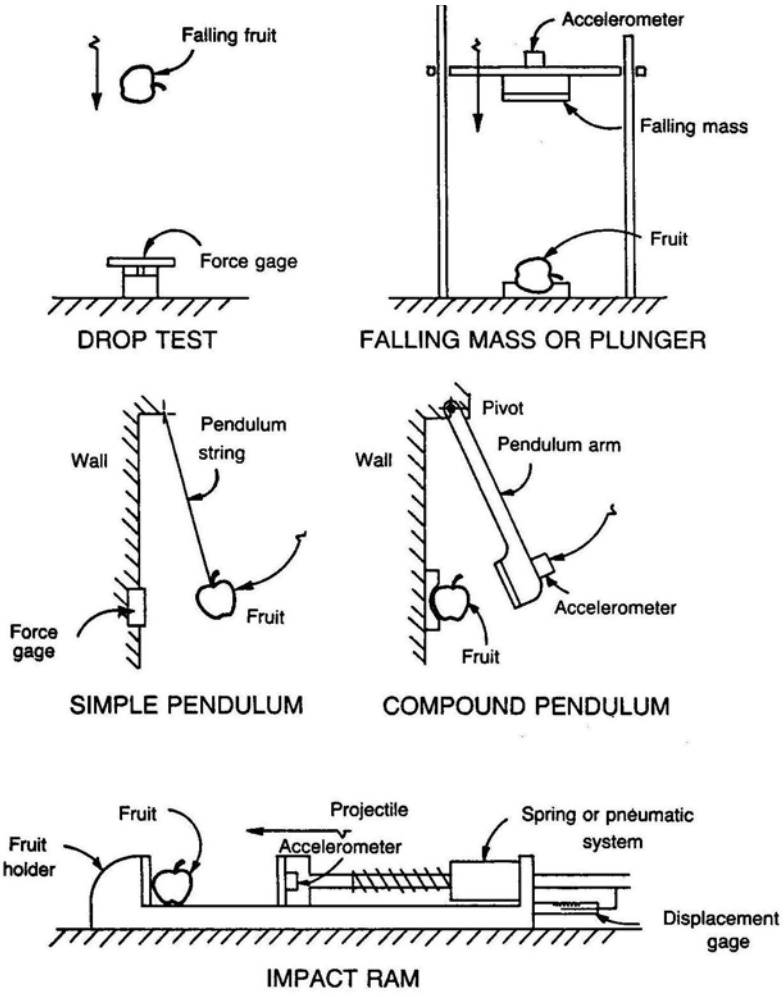
ที่มา: Mohsenin (1986)

การบอกความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง HIT (Hardness, Immaturity and Texture Meter) เป็นวิธีที่ไม่ทำลายหรือทำให้ตัวอย่างผลไม้ที่เอามาทดสอบเสียหาย ทำให้สามารถตรวจสอบผลไม้ตัวอย่างที่เวลาต่างๆระหว่างการเก็บรักษา กระบวนการตรวจสอบระดับความสุกเพื่อการจำหน่าย และเวลาที่ดีที่สุดที่จะบริโภค เครื่อง HIT จะประเมินความแน่นเนื้อจากปริมาณการเปลี่ยนรูปที่กำหนดที่เกิดจากแรงกดภายในช่วงยืดหยุ่น ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดทั้งความเสียหายและการเปลี่ยนรูปถาวรกับวัสดุตัวอย่าง

ภาพที่ 4 เครื่องวัดปริมาณแรงด้วยเกนาฬิกา (Handy Hit)

หลักการทำงาน (ภาพที่ 4) เครื่องวัดปริมาณแรงด้วยเกนาฬิกา (Dial gauge) โดยการกดผลไม้กับหัวกดซึ่งจะถ่ายทอดแรงกระทำสู่สปริงภายในเครื่องการขจัดของสปริงจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของเข็มที่หน้าปัทม์เครื่องซึ่งระบุระดับความแน่นเนื้อ Managо (1991) ได้เปรียบเทียบการใช้ Handy Hit กับเครื่องวัดความแน่นเนื้อของผลไม้ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป โดยทดลองกับผลกีวีที่ระยะการสุกต่าง ๆ พบว่า การใช้เครื่อง Handy Hit ในภาคสนามเป็นไปได้ดี

ภาพที่ 5 แสดงเครื่องมือทดสอบการกระแทกแบบต่าง ๆ การทดสอบแบบ Drop test เป็นการทดสอบโดยปล่อยผลไม้ที่ความสูงระยะหนึ่งตกลงมากระแทกกับเกวัดแรงที่ผิวหน้าเป็นพื้นเรียบ ซึ่งตรงข้ามกับแบบ Falling mass ที่จะปล่อยพื้นผิวซึ่งติดหัววัดความแร่งไว้กระแทกกับผลไม้ที่อยู่กับที่ อีกแบบหนึ่งคือแบบ pendulum แบ่งเป็น Simple pendulum และ Compound pendulum ซึ่งทั้ง 4 แบบข้างต้นเป็นแบบที่จำเป็นต้องใช้แรงโน้มถ่วงของโลกจึงทำให้ค่าแรงที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กระทำกับผลไม้จึงจำเป็นต้องสามารถทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนและควบคุมได้ ส่วนแบบ impact ram เป็นแบบที่ไม่ได้ใช้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกแต่ใช้แรงซึ่งเกิดจากสปริงหรือระบบนิวเมติกไปกระแทกกับผลไม้ซึ่งพิงอยู่กับแท่นรับผลไม้จึงทราบค่าแรงที่กระทำกับผลไม้แน่นอนและสม่ำเสมอทุกครั้ง



ภาพที่ 5 แสดงเครื่องทดสอบแบบกระแทกแบบต่างๆ

ที่มา: Peleg (1985)

การกระแทก

นักวิจัยพบว่าการกระแทกของผลไม้บนพื้นผิวเรียบแข็งมีความใกล้เคียงกับการกระแทกของทรงกลมยืดหยุ่นและค่าความแน่นเนื้อของผลไม้มีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของแรงกระแทก Nahir *et al*. (1986) รายงานว่าเมื่อนำมะเขือเทศปล่อยจากที่สูง 70 มิลลิเมตรตกลงสู่พื้นผิวเรียบแข็ง การตอบสนองของแรงมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับน้ำหนักของผลไม้และค่าความแน่นเนื้อ Delwiche *et al*. (1987) ศึกษาวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นเมื่อวัสดุเกษตรตกลงกระแทกสู่พื้นผิว

เรียบแข็งและพบว่าลักษณะแรงกระแทกมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับโมดูลัสความยืดหยุ่นของผลไม้และค่าความแน่นเนื้อที่อ่านได้จาก penetrometer

Delwiche *et al*. (1987) ระบุว่าแรงที่ได้จากการกระแทกของลูกพีชเมื่อลูกพีชกระแทกกับพื้นผิวเรียบแข็งสามารถวิเคราะห์ทำนายค่าความแน่นเนื้อและบอกถึงระดับความบริบูรณ์ได้ ลักษณะของแรงกระแทก $\left(\frac{\text{peak force}}{\text{time to peak force}^2}\right)$ และ F_{295} (295 Hz spectrum magnitude) มีความสัมพันธ์ดีกับโมดูลัสความยืดหยุ่นและค่าความแน่นเนื้อจาก penetrometer และมีความสัมพันธ์ไม่ดีกับมวลและรัศมีความโค้งของผลไม้ ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้สามารถที่จะแยกแยะลูกพีชที่ยังไม่บริบูรณ์กับบริบูรณ์ได้จากการหาค่าเพื่อแบ่งระดับความบริบูรณ์แต่ผลจากการทำเครื่องคัดแยกมีปัญหาในเรื่องตำแหน่งลูกพีชที่ตกกระแทกสัมผัสกับเกวัดแรงไม่มีความแน่นอน Delwiche *et al*. (1989) สร้างระบบการคัดแบบเรียงเดียวได้ถูกพัฒนาโดยใช้ดัชนี $\frac{F}{t^2}$ เมื่อ F = แรงกระแทกสูงสุดที่เกิดขึ้น, t = เวลาตั้งแต่เริ่มกระแทกจนถึงเวลาในตำแหน่งที่แรงกระแทกสูงสุด ในการคัดวัสดุเกษตรและลูกแพร์ให้แยกเป็นแข็ง (hard firm) และนิ่ม (soft) มีความเร็วในการคัดแยก 5.1 ผลต่อวินาที มีการคัดแยกตามความแน่นเนื้อถูกต้อง 74%

Meredith *et al*. (1990) รายงานว่าแรงสูงสุดที่ได้จากเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ซึ่งสามารถวัดความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ที่ดีกับ coefficient of restitution ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้กำหนดมาจากแรงกระแทกที่เกิดติดกัน 2 ครั้งโดยได้ค่าของแรงจาก load-cell tripod

Zapp *et al*. (1990) ได้พัฒนาผลไม้จำลองทรงกลมเพื่อนำไปสู่การเก็บข้อมูลค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการ, การบรรจุและขนส่งของผักและผลไม้ ปรากฏว่าเมื่อทดลองแบบปล่อยผลไม้ตก สัญญาณความเร่งที่เกิดขึ้นมีความใกล้เคียงกับสัญญาณที่ได้จากผลไม้จริง Bollen (1993) นำข้อมูลซึ่งได้จากเครื่องมือทรงกลมซึ่งเกิดจากการกระแทกปรากฏว่าเมื่อผลไม้เกิดการกระแทกที่ความสูงประมาณ 50 มิลลิเมตรมีโอกาส 20 เปอร์เซ็นต์ที่แอปเปิ้ลจะเกิดความช้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 1 ตารางเซนติเมตร

McGlone and Schaare (1996) รายงานว่าปัญหาที่ติดตามมาของวิธีการปล่อยผลไม้ตกคือแรงกระแทกที่เกิดขึ้นมีค่าขึ้นอยู่กับปัจจัยของน้ำหนักและรัศมีความโค้งของผลไม้ซึ่งมีค่าแปรปรวนค่อนข้างสูงจึงมีผลกระทบกับความถูกต้องของการวัดความแน่นเนื้อ

Reyes *et al*. (1996) ได้ทำการสร้างหัววัดการกระแทกเพื่อแยกมะละกอเป็น 5 ระดับ ความสุก ซึ่งสามารถแยกได้และมวลและรูปร่างของมะละกอยังไม่มีผลต่อหัววัดด้วยแต่หัววัดไม่สามารถแยกมะละกอผลที่ยังไม่บริบูรณ์จากมะละกอผลที่บริบูรณ์ได้

McGlone (1997) ระบุว่าการตกกระทบของกีวีที่ความสูงต่างๆไม่เกิน 50 มิลลิเมตรสามารถใช้ทฤษฎี Impact force analysis (IFA) ทำนายค่าความแน่นเนื้อโดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแน่นเนื้อที่ได้จาก penetrometer ปรากฏว่ามีความสัมพันธ์ที่ดี

Abbott (1999) รายงานว่าสมบัติทางกลมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัส ส่วนประกอบของสมบัติความหนืดของเนื้อสัมผัสมีความสำคัญในการกำหนดความต้านทานการช้ำและในการวัดแรงโดยวิธีของ MT (Magness Taylor) ลักษณะของหัวกดของ MT จะไม่เป็นครึ่งทรงกลมหรือเรียบเพื่อที่จะวัดความแน่นเนื้อในการกดที่เป็นส่วนประกอบของแรงเฉือนและแรงกด Bourne (1982) กล่าวว่าในการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากMTไม่สามารถที่จะแปลงค่าเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับหัวกดขนาดหนึ่งกับขนาดอื่น ๆ ได้ หรือเปลี่ยนค่าเป็นเรขาคณิตอื่น Bajema *et al*. (1998) ได้พัฒนาเครื่อง impact tester สำหรับค้นคว้าเพื่อลดความเหนียวของเนื้อเยื่อปรากฏว่าที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 5 องศาเซลเซียลและ strain rate สูง ๆ สามารถลดความเหนียวของเนื้อเยื่อหัวมันได้

Steinmetz (1996) ระบุว่าการใช้หลายเซนเซอร์ในการวิเคราะห์แยกแยะดีกว่าใช้เซนเซอร์ตัวเดียวและ Min-Hsyan Yen and Ye-Nu Wan (2002) ระบุว่าเมื่อใช้หลายพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ความสุกแก่ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรความแม่นยำในการแยกแยะจะถูกต้องมากขึ้นกว่าใช้พารามิเตอร์เพียงตัวเดียว 10 เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีสมบัติความยืดหยุ่นหนืดซึ่งความยืดหยุ่นหนืดเป็นสมบัติรวมกันระหว่างสมบัติเหมือนของแข็งและสมบัติเหมือนของเหลว (Mohsenin, 1986) ถึงแม้ว่าผลไม้จะมีสมบัติความยืดหยุ่นหนืดแต่ผลกระทบของความหนืดมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการกระทำที่เร็วขึ้นและผลไม้จะมีคุณสมบัติความหยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้การกระทำที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างรวดเร็ว (Chen, 2001) เมื่อมีวัสดุยืดหยุ่นทรงกลมกระทำบนพื้นผิวเรียบแรงที่เกิดขึ้นขึ้นกับความเร็ว, มวล, รัศมีความโค้ง, ยังโมดูลัสและอัตราส่วนปัวซองของทรงกลม (Chen *et al*., 1996) ในการทดลองที่ใช้วิธี Drop test แรงกระทำที่ได้เป็นฟังก์ชั่นของมวลและรัศมีความโค้งของผลไม้ซึ่งมีความแปรปรวนมากในตัวแปรทั้งสองและส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดความแน่นเนื้อ (Chen *et al*., 1996) และแรงที่ได้จะมีอิทธิพลมาจากความเร็วและมวลของผลไม้มากกว่าโมดูลัสของผลไม้ (Chen, 2001)

มีวิธีการที่ต่างออกไปคือกระแทกผลไม้ด้วยหัวกระแทกทรงกลมขนาดเล็กซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นนอนและรัศมีความโค้งและความเร่งของหัวกระแทก ประโยชน์ของวิธีนี้คือการตอบสนองแรงกระแทกเป็นอิสระจากมวลของผลไม้และมีผลกระทบน้อยมากจากรัศมีความโค้งของผลไม้ Ruiz-Altisent *et al*. (1993) พัฒนาระบบซึ่งใช้ Impact parameter ในการคัดแยกผลไม้ (apples, pears and avocados) ที่ระดับความแน่นเนื้อต่าง ๆ ผลการศึกษา (Chen *et al*., 1996) เมื่อใช้น้ำหนักหัวกระแทกน้อยๆ (ประมาณ 10 กรัม) ชี้ว่า

1. สัญญาณที่ได้มีค่ามากขึ้นเมื่อน้ำหนักน้อยลง (จากน้ำหนักหัวกระแทก 50 กรัมลดลงเหลือ 10 กรัม)

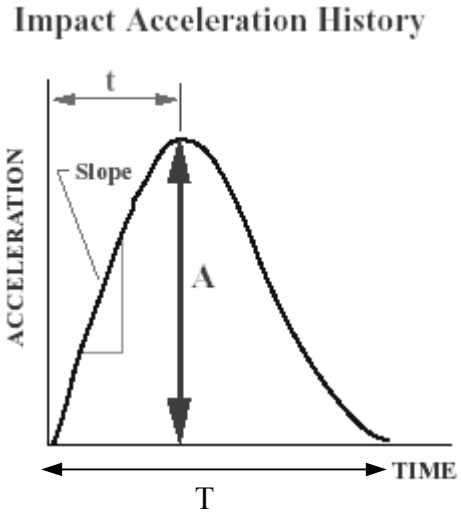
2. เพิ่มค่าดัชนีความแน่นเนื้อ $\left(\frac{A}{t}\right)$

3. ลดความผิดพลาดจากการเคลื่อนที่ของผลไม้เนื่องจากน้ำหนักกระแทกที่น้อย

4. ลดความเสียหายเนื่องจากการกระแทก

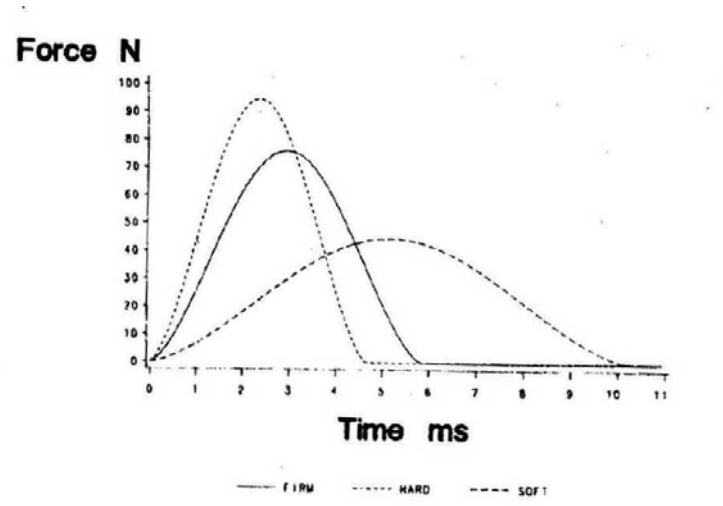
และยังชี้อีกว่าน้ำหนักน้อยๆนั้นจะถูกจำกัดอยู่เนื่องจากน้ำหนักของหัววัดความเร่งและความสามารถในการควบคุมความเร็ว ความเร็วมีผลอย่างมากต่อดัชนีความแน่นเนื้อ [สมการผนวก ก(10)] เมื่อน้ำหนักหัวกระแทกน้อย ๆ สายสัญญาณซึ่งต่อกับหัวกระแทกจะมีผลต่อการตกกระทบทำให้ตกกระทบไม่ตั้งฉากกับผิวของผลไม้และยังดึงหัวกระแทกให้ตกกระทบช้าลง

Chen *et al*. (1996) ได้แสดงการสร้างสูตรคณิตศาสตร์และสรุปว่าเวลาที่ต้องการได้แรงกระแทกสูงสุด $t = 1.47\frac{D}{V}$ สมการผนวก (ก9) และดัชนีความแน่นเนื้อ $\frac{A}{t}$ มีค่า $\frac{A}{t} = 0.68\frac{FV}{Dm_1}$ สมการผนวก (ก10) เมื่อ D = การเปลี่ยนรูปมากที่สุดของผลไม้เมื่อถูกกระแทก V = ความเร็วของหัวกระแทก m_1 = มวลของหัวกระแทก A = ความเร่ง F = แรงที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 6 ลักษณะกราฟของการกระทำกระแทก

การวิเคราะห์ผลภาพที่ 6 แสดงลักษณะทั่วๆไปของกราฟสัญญาณความเร่งที่ได้จากหัววัดความเร่งกับเวลาระหว่างการกระทำกระแทกของหัวกระแทกกับผลไม้ เมื่อเกิดการกระแทก หัวกระแทกจะกดผลไม้เข้าไปในลักษณะความเร่งเพิ่มขึ้นกับเวลาการกระแทก ที่เวลา t หลังจากกระแทกความเร่งมีค่าสูงสุดและลดลงหลังจากนั้น



ภาพที่ 7 การกระจายแรงกระแทกกับเวลาสำหรับระดับความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน

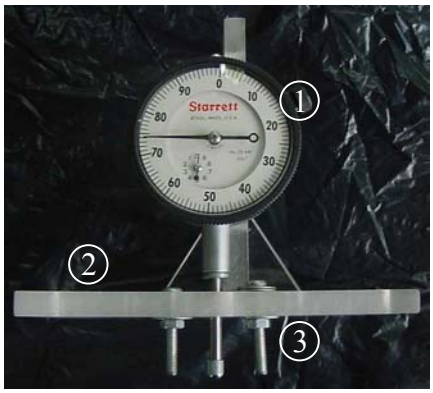
ที่มา: Delwiche (1987)

ภาพที่ 7 แสดงกราฟการกระจายแรงกระแทกกับเวลาของผลไม้ที่มีระดับความแน่นเนื้ออ่อน แน่นและแข็ง ลักษณะกราฟเหมือนภาพที่ 6 เนื่องจากแรงแปรผันตามความเร่งเมื่อน้ำหนักหัวกระแทกคงที่ กราฟทั้ง 3 มีความแตกต่างกันทั้งค่าแรงมากที่สุด ระยะเวลาที่สมนัยกับแรงมากที่สุดและความชันของกราฟความเร่ง (A) ลดลงและเวลา (t) เพิ่มขึ้นและความแน่นเนื้อลดลง จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงมีการกำหนดค่าดัชนีความแน่นเนื้อ (A/t) มาสัมพันธ์กับตัวแปรกำหนดความแน่นเนื้ออื่นๆเช่น ค่าโมดูลัสยังซึ่งสมการประจำตัวแปรแสดงไว้ในสมการผนวก (ก11)

อุปกรณ์และวิธีการ

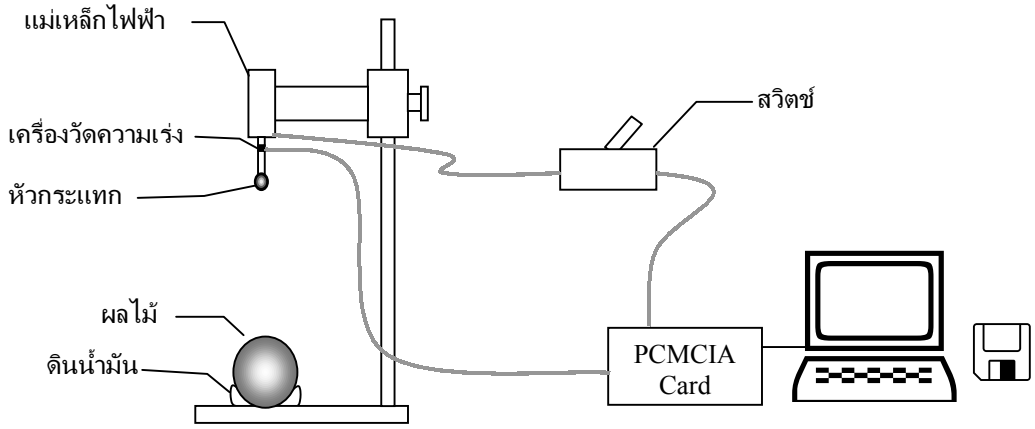
วัสดุและอุปกรณ์

1. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และโชคอนันต์
2. เครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทก
3. Vernier caliper
4. เครื่องชั่งดิจิตอล (OHAUS GT4100)
5. อุปกรณ์วัดรัศมีความโค้ง
6. โปรแกรมประมวลผล



ภาพที่ 8 อุปกรณ์วัดรัศมีความโค้ง

ภาพที่ 8 แสดงอุปกรณ์วัดรัศมีความโค้งซึ่งประกอบไปด้วย หมายเลข 1 คือ Dial gauge, หมายเลข 2 คือ โครงพลาสติก, หมายเลข 3 คือขาสัมผัส



ภาพที่ 9 ระบบเครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทก

ภาพที่ 9 แสดงระบบเครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทกซึ่งประกอบไปด้วย ดินน้ำมัน, แม่เหล็กไฟฟ้า, เครื่องวัดความเร่ง (BBN CE501 M101), หัวกระแทก (ประกอบด้วยลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรและด้ามซึ่งเปลี่ยนน้ำหนักได้โดยมี 3 ระดับคือ 10, 30 และ 50 กรัม), Data Acquisition Unit (NI DAQ 700), คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมและสวิตช์

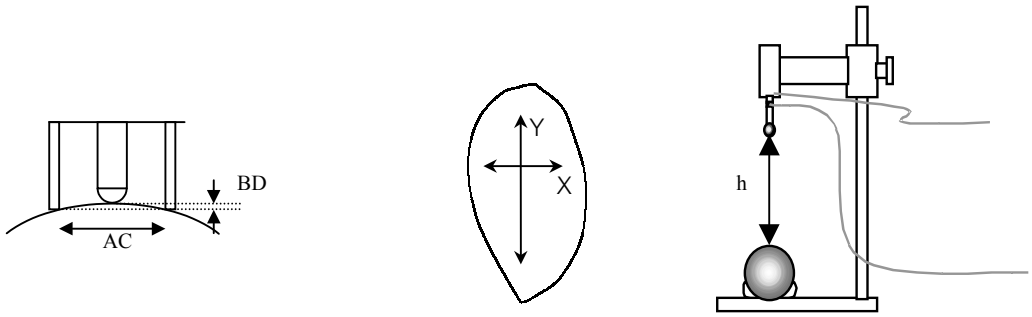
วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1

เป็นการทดสอบเบื้องต้นและสร้างประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือทดสอบกับนักวิจัย

1. ติดเบอร์มะม่วงน้ำดอกไม้ 40 ผล [A1 ถึง A10(มะม่วง 60 วัน), B1 ถึง B10 (มะม่วง 80 วัน), C1 ถึง C10 (มะม่วง 100 วัน), D1 ถึง D7 (มะม่วงมากกว่า 110 วัน)] จำนวนวันหมายถึงจำนวนวันที่นับจากติดผล

2. วัดขนาดใน 2 แกนที่ตั้งฉากกัน (แกน X หรือความกว้างของผลและแกน Y หรือความยาวของผล), น้ำหนัก (ไม่รวมก้าน), ระยะ AC และ BD ใน 2 แกน(ภาพที่ 10)จะได้รัศมีความโค้งในแต่ละผลแสดงในภาคผนวก ค



<u>ภาพที่ 10</u> แสดงระยะ AC, BD, แกนที่ตั้งฉากกันและระยะh

3. ทำการทดลอง

3.1 วิธีกระแทก

3.1.1 จัดเครื่องมือ (ระยะh = 1 เซนติเมตร, หัวกระแทก 10 กรัม [เครื่องวัดความเร่ง, ค้ามและลูกปืนกระแทก])

3.1.2 เปิดสวิตซ์

3.1.3 เริ่มโปรแกรม

3.1.4 วางมะม่วงบนดินน้ำมันโดยหันแก้มมะม่วงขึ้น

3.1.5 วัดระยะ 1 เซนติเมตรจากปลายหัวกระแทกถึงผิวมะม่วง

3.1.6 ใส่ข้อมูลได้แก่ ไดเรคทอรี, ชื่อไฟล์, ความสูงและน้ำหนักหัวกระแทก

3.1.7 ปิดสวิตซ์แล้วข้อมูลต่างๆจะถูกเก็บลงในไดเรคทอรีนั้นๆ

3.1.8 เปลี่ยนมะม่วงโดยการสุ่ม

3.1.9 ทำซ้ำ 3.1.2-3.1.8 จนครบทุกผล (1 ผลกระแทก 2 ครั้ง 1 ครั้ง/ 1 แก้มผล)

3.1.10 เปลี่ยนเงื่อนไขการทดลองที่ความสูง h และน้ำหนักหัวกระแทกอื่น ๆ จาก B– F (ตารางที่ 4) แล้วทำซ้ำ 3.1.1.- 3.1.10

ตารางที่ 4 เงื่อนไขการทดลองกำหนดโดยความสูงและน้ำหนักหัวกระแทก

ระยะ (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)		
	10	30	50
1	A	B	C
2	D	E	F

3.2 วิธีใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Effegi) (ภาพที่ 11)

3.2.1 เฉือนแก้มมะม่วงลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตรแล้ววางมะม่วงใต้หัวกด

3.2.2 กดก้านกดจนหัวกดจมลึก 8 มิลลิเมตร

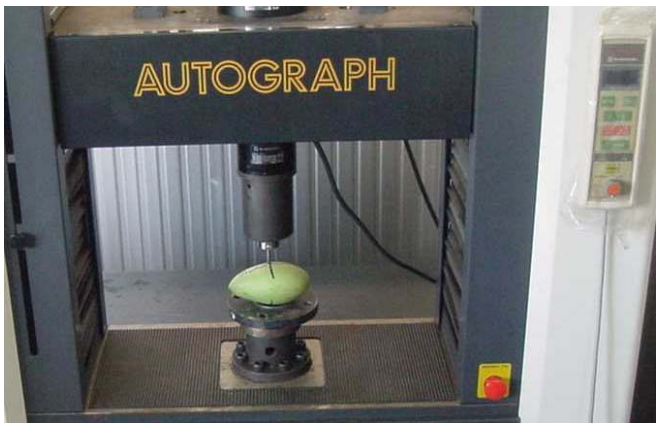
3.2.3 อ่านค่าและบันทึก

3.2.4 เปลี่ยนมะม่วง

3.2.5 ทำซ้ำ 3.2.1–3.2.4 จนครบทุกผล

ภาพที่ 11 เครื่องวัดความแน่นเนื้อแบบ Effegi

หมายเหตุ ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตรกับมะม่วงรุ่นอายุ 60, 80 และ 100 วัน ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.1 มิลลิเมตรกับมะม่วงรุ่นอายุมากกว่า 110 วัน เนื่องจากถ้าใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตรกับมะม่วงรุ่นอายุมากกว่า 110 วัน จะไม่สามารถอ่านค่าได้และในทางกลับกันกับหัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.1 มิลลิเมตรใช้กับมะม่วงรุ่นอายุ60, 80 และ 100 วันค่าที่ได้จะมากกว่าสเกลของเครื่อง



ภาพที่ 12 เครื่อง Universal Testing Machine (UTM), Shimadzu AG-10TE

3.3 วิธี Universal Testing Machine (UTM), Shimadzu AG-10TE (ภาพที่ 12)

3.3.1 เตรียมเครื่องมือโดยใช้หัวกดขนาดเดียวกับวิธีกระแทก

3.3.2 วางมะม่วงภายใต้หัวกด

3.3.3 เดินเครื่อง UTM กดผลมะม่วง

3.3.4 ดูกราฟจนถึงจุดครากแล้วหยุด

3.3.5 เปลี่ยนมะม่วง

3.3.6 ทำซ้ำ 3.3.2–3.3.5 จนครบทุกผล

<u>การทดลองที่ 2</u>

1. เตรียมมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ผูกช่อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์โดยเริ่มทำเครื่องหมายที่ช่อในช่วงของการติดผลหรือผลมะม่วงมีขนาดเท่าเม็ดถั่วเขียวจนจำนวนวันของผลมะม่วงครบ 67 วันจึงนำผลมะม่วงจำนวน 20 ผลจากต้นมะม่วงไปทดลอง

2. จัดเตรียมเครื่องมือตามภาพที่ 7 ทำเครื่องหมายมะม่วง 20 ผล (1 ถึง 20)

3. วัดขนาดตามกรรมวิธีที่ 2 การทดลองที่ 1

4. ทำการทดลองโดยจัดเครื่องมือให้มีความสูง (h) 2 เซนติเมตร

5. ใส่ข้อมูล ได้แก่ ไดเรคทอรีและชื่อไฟล์

6. วางมะม่วงบนดินน้ำมันโดยหันแก้มมะม่วงขึ้น

7. สั่งโปรแกรมให้เริ่มทำงาน

8. ปิดสวิตช์แล้วข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บลงในไดเรคทอรีที่ตั้งไว้

9. เปลี่ยนมะม่วงและทำซ้ำ 7-8 จนครบ 20 ผล

10. เปลี่ยนมะม่วงจาก 67 วันเป็น 69 วันทำซ้ำ 2-9 แล้วเปลี่ยนมะม่วงทุก ๆ 2 วันไปจนถึง 105 วัน

11. เปลี่ยนพันธุ์มะม่วงเป็นมะม่วงน้ำดอกไม้ทำการผูกช่อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยเริ่มทำเครื่องหมายที่ช่อในช่วงของการติดผลหรือผลมะม่วงมีขนาดเท่าเม็ดถั่วเขียวจนจำนวนวันของผลมะม่วงครบ 75 วันจึงนำผลมะม่วงจำนวน 20 ผลจากต้นมะม่วงไปทดลอง

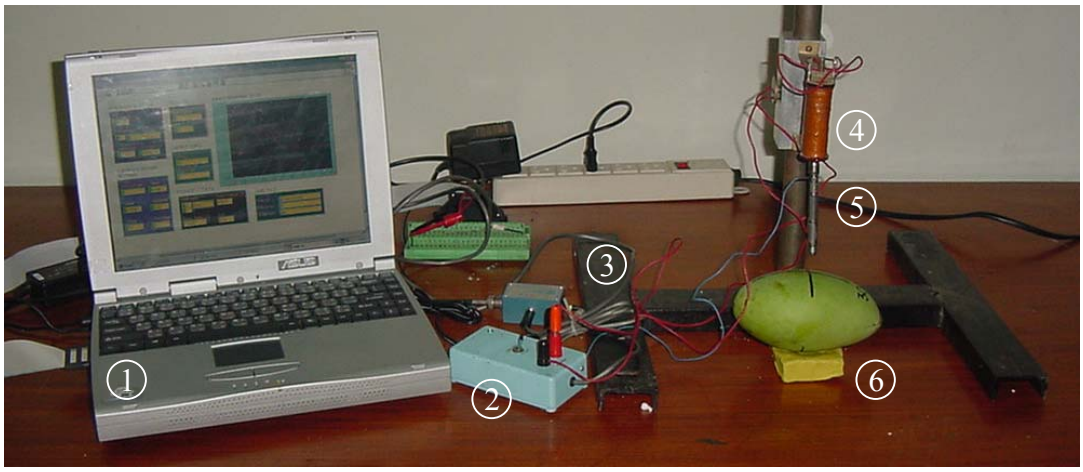
12. ทำซ้ำ 2-9

13. เปลี่ยนมะม่วงจาก 75 วันเป็น 77 วันทำซ้ำ 29 แล้วเปลี่ยนมะม่วงทุก ๆ 2 วันไปจนถึง 113 วัน

14. วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติจากแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล๊อค (Randomized Complete Block Design)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ทำการจัดชุดเครื่องมือวัดซึ่งได้นำมาจาก Prof. Chen ดังภาพที่ 13 ซึ่งประกอบไปด้วย แม่เหล็กไฟฟ้า, เครื่องวัดความเร่ง (BBN CE501 M101), หัวกระแทก (ประกอบด้วยลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรและด้าม), Data Acquisition Unit (NI DAQ 700), คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมและสวิตช์

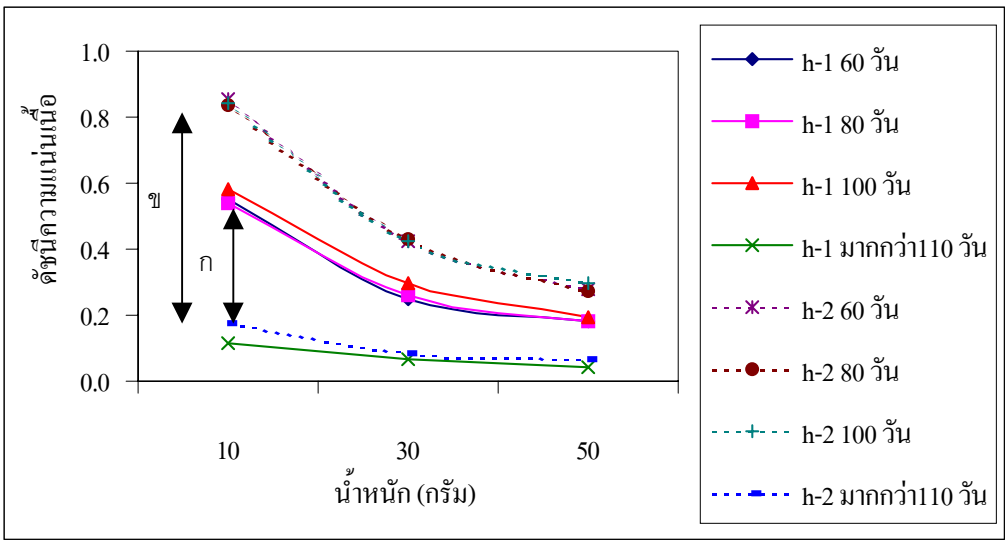


ภาพที่ 13 ระบบเครื่องมือวัดหาสมบัติการกระแทกประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมและ Data Acquisition Unit(1) สวิตช์(2) ขาตั้ง(3) แม่เหล็กไฟฟ้า(4) หัวกระแทก(5) และดินน้ำมัน(6)

การทดลองที่ 1

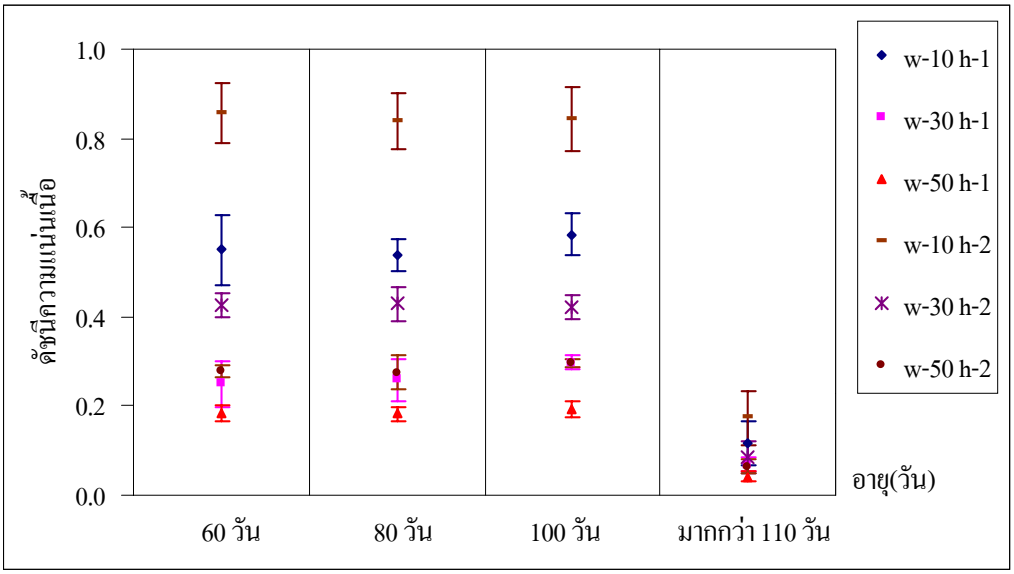
1. ดัชนีความแน่นเนื้อกับระยะเวลาความบริบูรณ์ (Maturity Stage) ของมะม่วง

ในการทดลองนี้ได้ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ 4 รุ่นคืออายุ 60, 80, 100 และมากกว่า 110 วัน นับจากติดผล มะม่วงแต่ละรุ่นได้ถูกทดลอง 6 แบบซึ่งมีเงื่อนไขการทดลองต่างกัน ได้แก่ ความสูง 2 ความสูง (1 และ 2 เซนติเมตร) และน้ำหนักหัวกระแทก 3 น้ำหนัก (10, 30 และ 50 กรัม)



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความแน่นเนื้อต่อน้ำหนักหัวกระแทกที่ความสูงต่างๆ

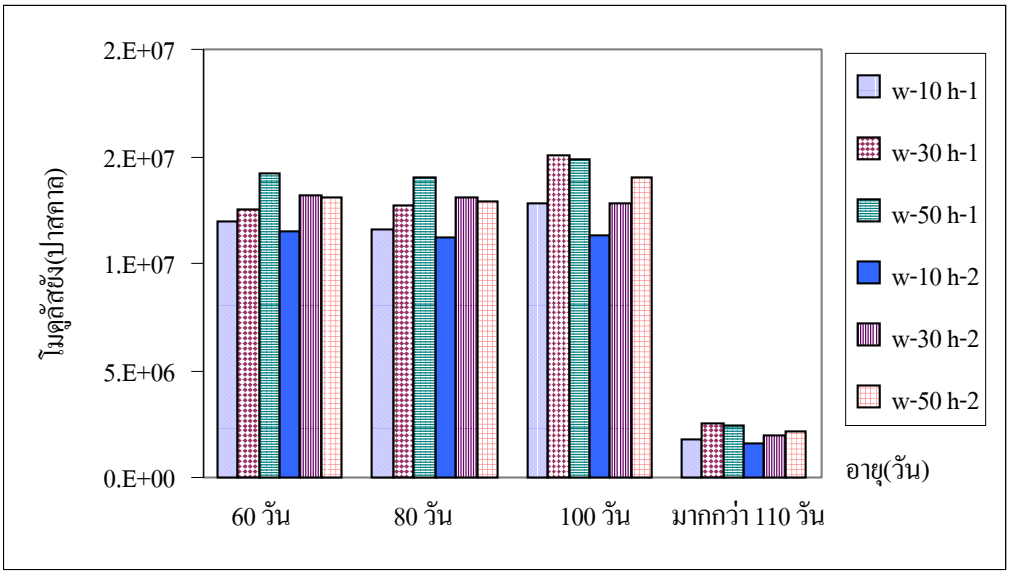
ภาพที่ 14 แสดงกราฟดัชนีความแน่นเนื้อ $\left(\frac{A}{t}, \frac{km/s^2}{ms}\right)$ กับน้ำหนักหัวกระแทก เมื่อน้ำหนักหัวกระแทกเพิ่มขึ้นจาก 10 กรัมไปสู่ 50 กรัมดัชนีความแน่นเนื้อลดลง ที่น้ำหนักหัวกด 10 กรัม ความแตกต่างของ $\frac{A}{t}$ ระหว่างมะม่วงอายุมากกกว่า 110 วันกับกลุ่มผลมะม่วงอายุน้อยกว่ามีมากที่สุด $\left(\text{ก} \cong 0.421 \quad \frac{km/s^2}{ms}\right)$ ความแตกต่างนี้ลดลงเมื่อน้ำหนักหัวกดเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างของกราฟดัชนีความแน่นเนื้อระหว่างผลมะม่วงอายุ 60, 80 และ 100 วันน้อยมาก การตอบสนองเชิงกลของผลมะม่วงสอดคล้องกันระหว่างความสูง h ที่ 1 และ 2 เซนติเมตรแต่กับความสูง 2 เซนติเมตรช่วงผลต่างของดัชนีความแน่นเนื้อที่น้ำหนัก 10 กรัมจะมีค่ามากกว่า $\left(\text{ข} \cong 0.664 \quad \frac{km/s^2}{ms}\right)$



ภาพที่ 15 ค่าดัชนีความแน่นเนื้อในผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

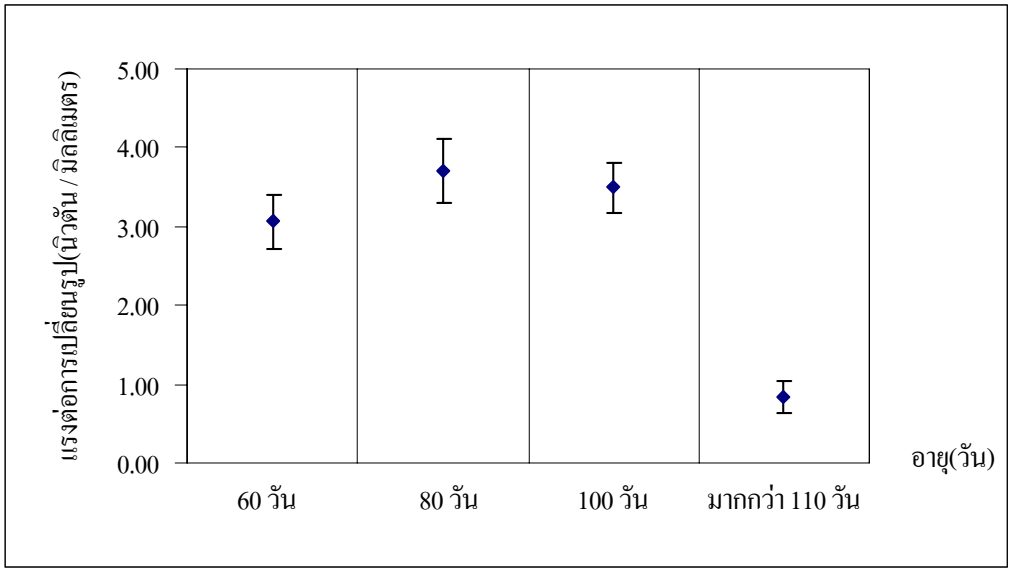
ภาพที่ 15 แสดงค่าดัชนีความแน่นเนื้อของผลมะม่วงที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆจะเห็นได้ว่าสำหรับมะม่วงอายุเท่ากันน้ำหนักหัวกระแทกเดียวกัน เมื่อความสูงมากขึ้นค่าดัชนีความแน่นเนื้อมากขึ้นจากการทดลองที่ความสูง 2 เซนติเมตรหัววัดความเร่งให้ค่าสัญญาณมากกว่าที่ความสูง 1 เซนติเมตร เมื่ออายุของผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นเรื่อยๆจากอายุ 60, 80, 100 และมากกว่า 110 วัน ค่าดัชนีความแน่นเนื้อไม่ได้ลดลงเป็นเชิงเส้นตามอายุของมะม่วงแต่ค่าดัชนีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่สำหรับผลมะม่วงอายุ 60, 80 และ 100 วัน $\frac{A}{t}$ ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมะม่วงมีอายุมากกว่า 110 วัน

ภาพที่ 16 แสดงค่าโมดูลัสยังในผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยวต่างๆซึ่งแสดงแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าดัชนีความแน่นเนื้อแต่สังเกตได้ว่าที่เงื่อนไขความสูงของหัวกระแทก น้ำหนักหัวกระแทกและระยะการเจริญเติบโตต่างๆให้ค่าโมดูลัสยังไม่ต่างกันมากนักเช่นที่ความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัมเทียบกับความสูง 1 เซนติเมตรน้ำหนัก 50 กรัม ค่าดัชนีความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันมาก (ภาพที่ 15) แต่ค่าโมดูลัสยังกลับมีค่าใกล้เคียงกัน เป็นการยืนยันว่าสัญญาณที่เพิ่มขึ้นของหัววัดสัญญาณมีผลน้อยกับค่าโมดูลัสยังของมะม่วง



ภาพที่ 16 ค่าโมดูลัสยังในผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยวต่างๆ

2. ความแน่นเนื้อโดยเครื่องวัดความแน่นเนื้อแบบ Effegi กับระยะเวลาความบริบูรณ์



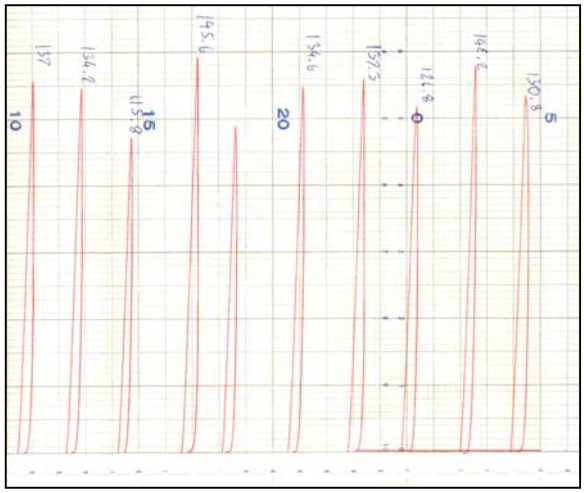
ภาพที่ 17 แรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี Effegi ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ

ตารางที่ 5 แสดงสถิติของแรงต่อการเปลี่ยนรูปในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่าง ๆ ในภาพที่ 17

อายุ (วัน)	60 วัน	80 วัน	100 วัน	มากกว่า 110 วัน
ค่าเฉลี่ย (นิวตันต่อมม.)	3.07	3.70	3.49	0.84
SD	0.34	0.41	0.33	0.20
CV(%)	11.15	11.10	9.32	23.56

ภาพที่ 17 และตารางที่ 5 แสดงแรงต่อการเปลี่ยนรูปของผลมะม่วงน้ำดอกไม้จากการทดลองกับเครื่องวัดความแน่นเนื้อแบบ Effegi จะเห็นได้ว่าผลของแรงต่อการเปลี่ยนรูปไม่ได้ลดลงตามอายุวันการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าของแรงต่อการเปลี่ยนรูปค่อนข้างมีค่าสูงจนถึงอายุการเก็บเกี่ยวช่วงหนึ่ง และมีค่าน้อยลงอย่างมากเมื่ออายุมากกว่า 110 วัน

3. ความแน่นเนื้อโดยวิธี Universal Testing Machine (UTM)



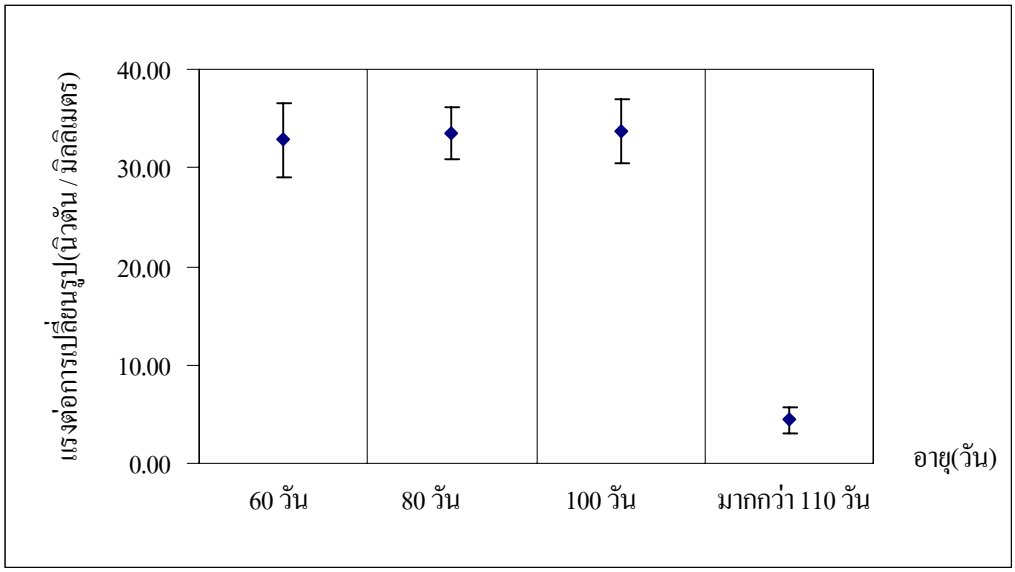
ภาพที่ 18 การตอบสนองแรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี UTM ของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 80 วัน

การทดลองนี้เพื่อหาจุดคลากของมะม่วงเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1.1 โดยใช้หัวกดแบบ plunger ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรปรากฏว่าไม่สามารถหาจุดคลากของมะม่วงได้ จึงได้ทำการกดเพื่อหากราฟแรง (F) กับการเปลี่ยนรูป (D) (ภาพที่ 18) ตารางที่ 6 และภาพที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยแรงต่อการเปลี่ยนรูปของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

มะม่วงเมื่อเจริญเติบโตมากขึ้น ความแน่นเนื้อที่กำหนดโดยแรงต่อการเปลี่ยนรูปมีแนวโน้มลดลง แรงต่อการเปลี่ยนรูปของผลมะม่วงที่เติบโต 100 วันเพิ่มขึ้นจากแรงต่อการเปลี่ยนรูปของผลมะม่วงอายุ 60 วันเล็กน้อยประมาณ 2.7 เปอร์เซ็นต์แต่เมื่อผลมะม่วงอายุมากกว่า 110 วัน ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปจะลดลงอย่างรวดเร็วมาก

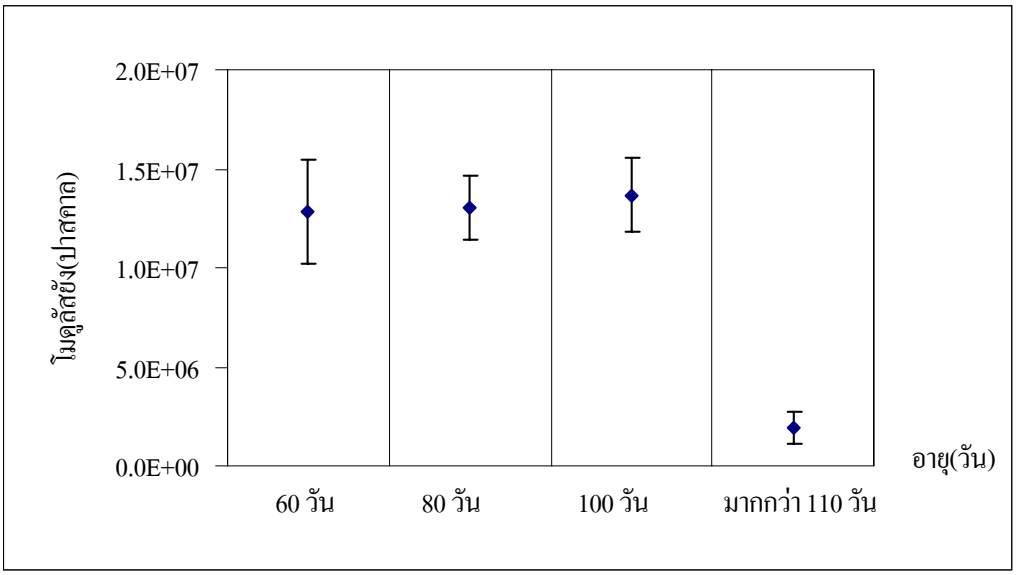
ตารางที่ 6 ค่าสถิติของแรงต่อการเปลี่ยนรูปในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆในภาพที่ 19 (ข้อมูลจากการสุ่ม 3 ค่าจากกราฟแรงและการเปลี่ยนรูปช่วงมีภาระไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์เทียบกับยอดกราฟ)

อายุ (วัน)	60 วัน	80 วัน	100 วัน	มากกว่า 110 วัน
ค่าเฉลี่ย (นิวตัน/มม.)	32.80	33.48	33.69	4.39
SD	3.78	2.57	3.25	1.40
CV	11.52	7.68	9.64	31.89



ภาพที่ 19 ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆจากวิธี UTM

ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงที่กำหนดโดยแรงต่อการเปลี่ยนรูปที่หาจากทั้งวิธี Effegi และ UTM มีแนวโน้มสอดคล้องกันแต่ค่าตัวเลขแตกต่างกันมากประมาณ 5-10 เท่า วิธี UTM กดด้วยอัตรา 20 มิลลิเมตรต่อนาทีสามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรงจากกระดาษกราฟแต่อาจอ่านยากถ้าปรับความละเอียดของกราฟน้อยเกินไปและยังมีความผิดพลาดในการประมาณค่าที่อ่านจากเส้นกราฟ วิธี Effegi ใช้หัวกดแบบหัวตัดและลบคมโดยใช้หัวขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตรกับมะม่วงรุ่นอายุ 60, 80 และ 100 วันใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.1 มิลลิเมตรกับมะม่วงรุ่นอายุมากกว่า 110 วันซึ่งหัวกดไม่เหมือนเดิมตลอดการทดลองโดยกดหัวลึกลงในเนื้อมะม่วง 8 มิลลิเมตรโดยผู้ใช้เองซึ่งระยะ 8 มิลลิเมตรสามารถผิดพลาดได้ง่าย อัตราในการกดยากที่จะให้สม่ำเสมอทุกครั้งทุกผล



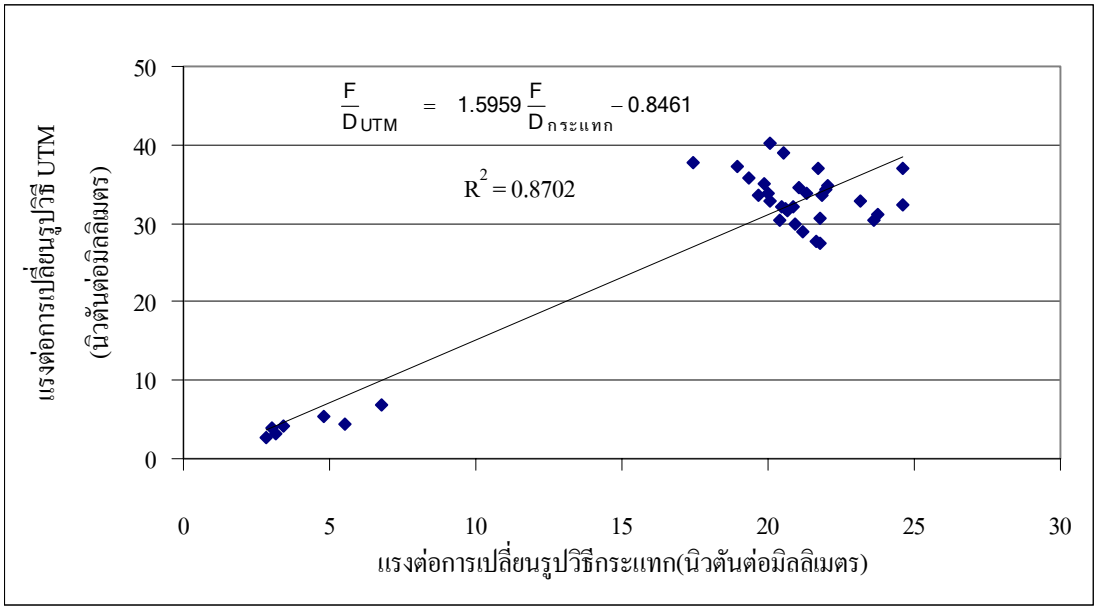
ภาพที่ 20 ค่าโมดูลัสยังของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ โดยวิธี UTM

ภาพที่ 20 แสดงค่าโมดูลัสยังโดยวิธี UTM ของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุต่างๆซึ่งได้จากสมการผนวก (ก11)

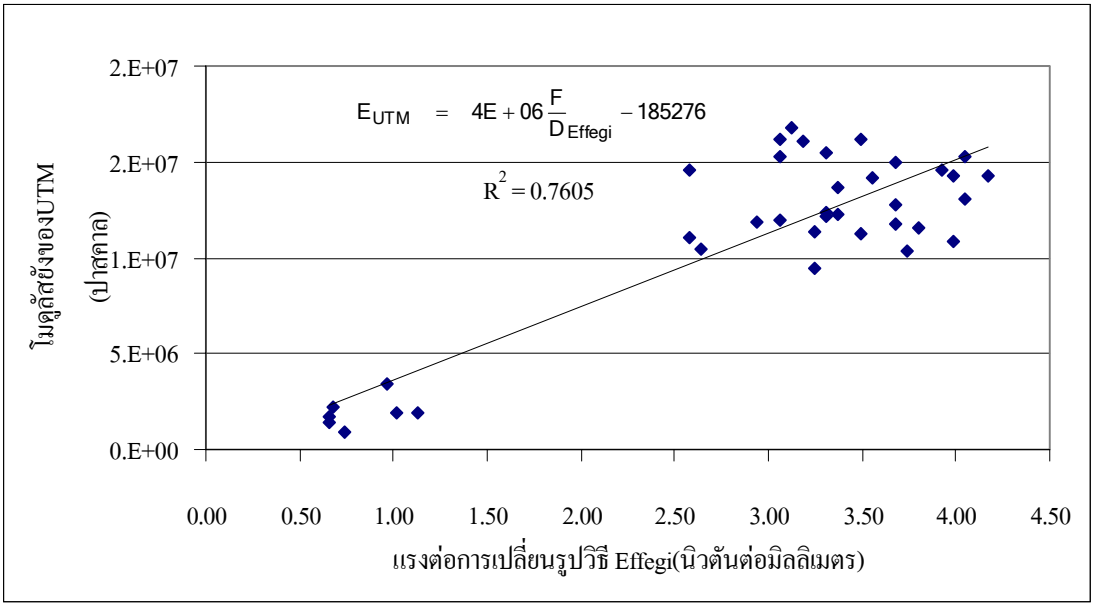
4. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแน่นเนื้อ $\left(\frac{A}{t}\right)$ และความแน่นเนื้อกำหนดโดย $\left(\frac{F}{D}\right)$ และโมดูลัสยัง(E)</u>

Chen *et al.* (1996) ได้ใช้โมดูลัสยัง (E) เป็นพารามิเตอร์ในการกำหนดความแน่นเนื้อ (E) กับA/t สัมพันธ์กันโดยทั้งสองเป็นฟังก์ชั่นของแรงและการเปลี่ยนรูปตามสมการผนวก (ก10) และ (ก11) การใช้สมการผนวก (ก11) มีเงื่อนไขว่ารัศมีความโค้งของมะม่วงจะต้องมากกว่า 10 เท่าของรัศมีความโค้งของหัวกระแทก (3 มิลลิเมตร) จากการทดสอบ ปรากฏว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีรัศมีเฉลี่ย 51.19 มิลลิเมตร

จากการทดสอบแบบกระแทก สัญญาณความเร่งถูกวัดและบันทึก ค่าแรงหาได้จากการคูณมวลของหัวกระแทกเข้ากับสัญญาณความเร่ง ส่วนการเปลี่ยนรูปสามารถหาได้จากสมการผนวก (ก9) ทำให้สามารถคำนวณหาค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปจากวิธีการกระแทกได้ ภาพที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต่อการเปลี่ยนรูปโดยวิธี UTM (แกน y) กับแรงต่อการเปลี่ยนรูปโดยวิธีกระแทก (แกน X) เป็นเส้นตรงที่ดี ($R^2 = 0.87$) สมการความสัมพันธ์คือ $y = 1.5959x - 0.8461$

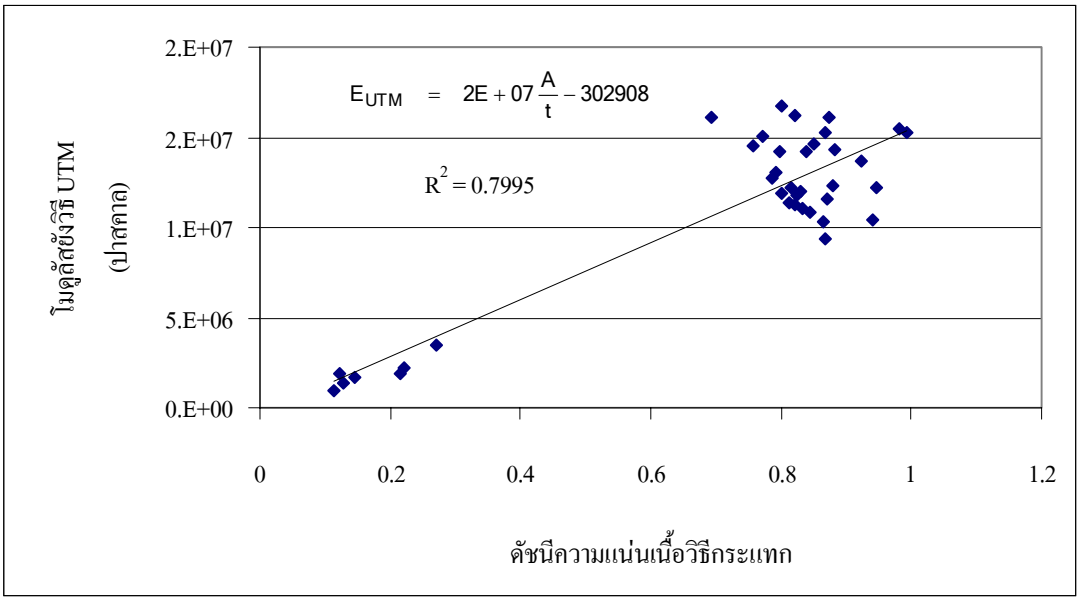


<u>ภาพที่ 21</u> ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปของมะม่วงน้ำดอกไม้วิธี UTM และวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม



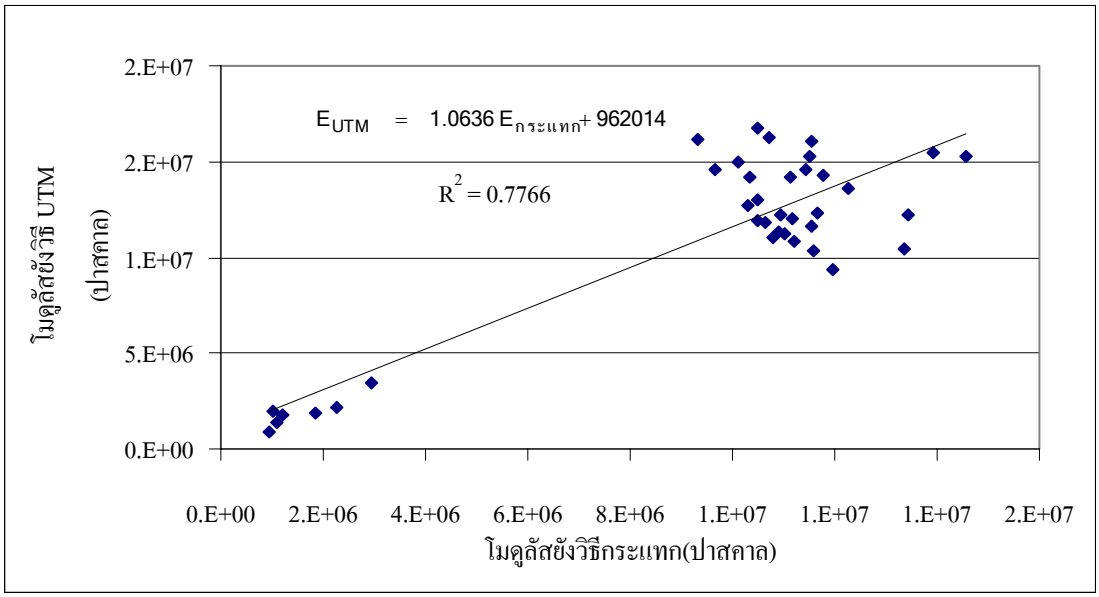
ภาพที่ 22 ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปวิธี Effegi และโมดูลัสยังวิธี UTM ของมะม่วงน้ำดอกไม้

ภาพที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ของโมดูลัสยัง(ซึ่งหาจากสมการผนวก (ก11) โดยใช้ข้อมูลดิบจากกราฟ F-D)ของวิธี UTM กับแรงต่อการเปลี่ยนรูปของวิธี Effegi ปรากฏว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระดับพอใช้ ($R^2 \geq 0.76$)

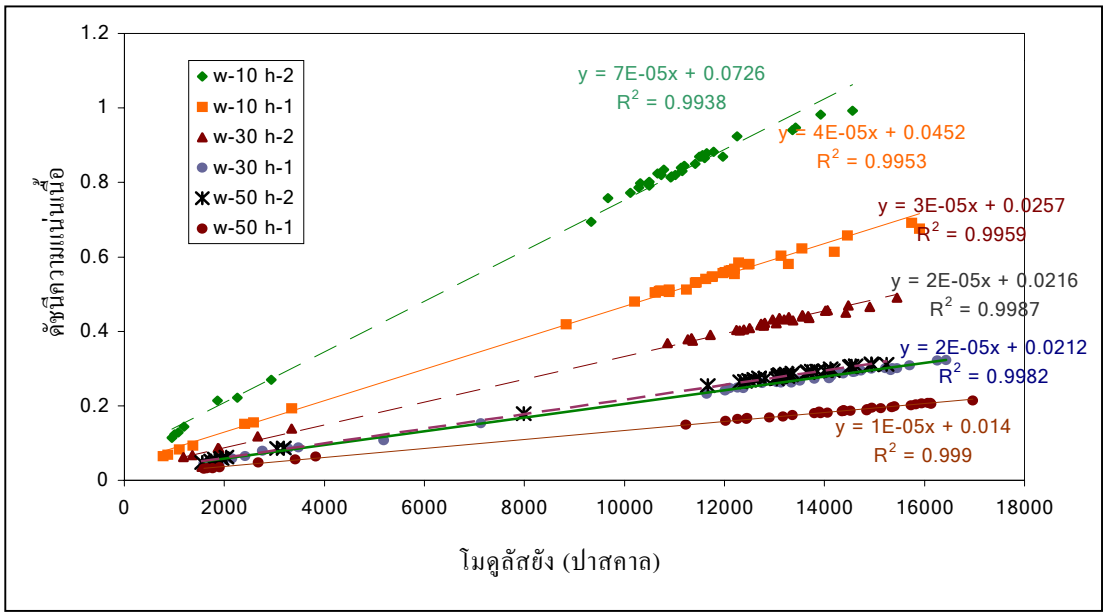


ภาพที่ 23 ค่าโมดูลัสยังวิธี UTM และดัชนีความแน่นเนื้อวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม

โมดูลัสยังโดยวิธี UTM แปรผันเป็นสัดส่วนกับ A/t (จากการทดลอง น้ำหนักหัวกระแทก 10 กรัมและความสูง 2 เซนติเมตรค่อนข้างดี($R^2 \cong 0.8$)(ภาพที่ 23)แต่โมดูลัสยังโดยวิธี UTM มีความสัมพันธ์เชิงเส้นพอใช้กับโมดูลัสยังโดยวิธีการกระแทก (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 ค่าโมดูลัสยังวิธี UTM และโมดูลัสยังวิธีกระแทกที่เงื่อนไขการทดลองความสูง 2 เซนติเมตรน้ำหนัก 10 กรัม



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแน่นเนื้อและโมดูลัสยังโดยวิธีกระแทก

ภาพที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ของดัชนีความแน่นเนื้อเทียบกับค่าโมดูลัสยังจากการทดลองโดยวิธีกระแทกปรากฏว่าทุกการจับคู่ระหว่างน้ำหนักหัวกระแทกกับความสูงมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ดีเยี่ยม (R^2=0.99) สำหรับผลมะม่วงทุกกลุ่มอายุ 60, 80, 100 วันและมากกว่า 110 วัน ที่เงื่อนไขการทดลองน้ำหนักหัวกระแทก 10 กรัมและความสูง 2 เซนติเมตรมีความชันมากที่สุดจากเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความแน่นเนื้อได้ชัดเจนกว่าเงื่อนไขการทดลองอื่นๆเมื่อค่าโมดูลัสยังของมะม่วงเปลี่ยนไป

ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปของวิธี Effegi วิธี UTM และวิธีกระแทกมีความสัมพันธ์ที่ดี ค่าโมดูลัสยังวิธี UTM และวิธีกระแทกมีความสัมพันธ์ที่ดีหรือทั้งหมดพอจะสามารถสรุปได้ว่าค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปทั้ง 3 วิธี ค่าโมดูลัสยังทั้ง 2 วิธีและค่าดัชนีความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ที่ดีหรือบอกเป็นนัยว่าทั้ง 3 ค่า 3 วิธีนั้นสามารถทำนายความแน่นเนื้อของมะม่วงได้และมีแนวโน้มไปในแนวทางการทำนายเดียวกันคือแยกมะม่วงได้ออกเป็น2กลุ่มคือมะม่วงกลุ่มผลดิบ (มะม่วงอายุ 60, 80 และ 100 วัน) และผลมะม่วงสุก (มะม่วงอายุมากกว่า 110 วัน) ในการทดลองวิธี Effegi อัตราในการกดแต่ละผลนั้นไม่มีความสม่ำเสมอตลอดการทดลองรวมทั้งหัวกดที่มีขนาดต่างๆเมื่อมะม่วงมีอายุต่างกันและวิธี UTM จะต้องใช้ความเร็วของหัวกด 20 มิลลิเมตรต่อนาทีและการอ่านผลการทดลองผ่านกราฟซึ่งทั้ง 2 วิธีที่ไม่สะดวกและกินเวลาแต่วิธีกระแทกไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลมะม่วง สะดวกและรวดเร็วกว่า

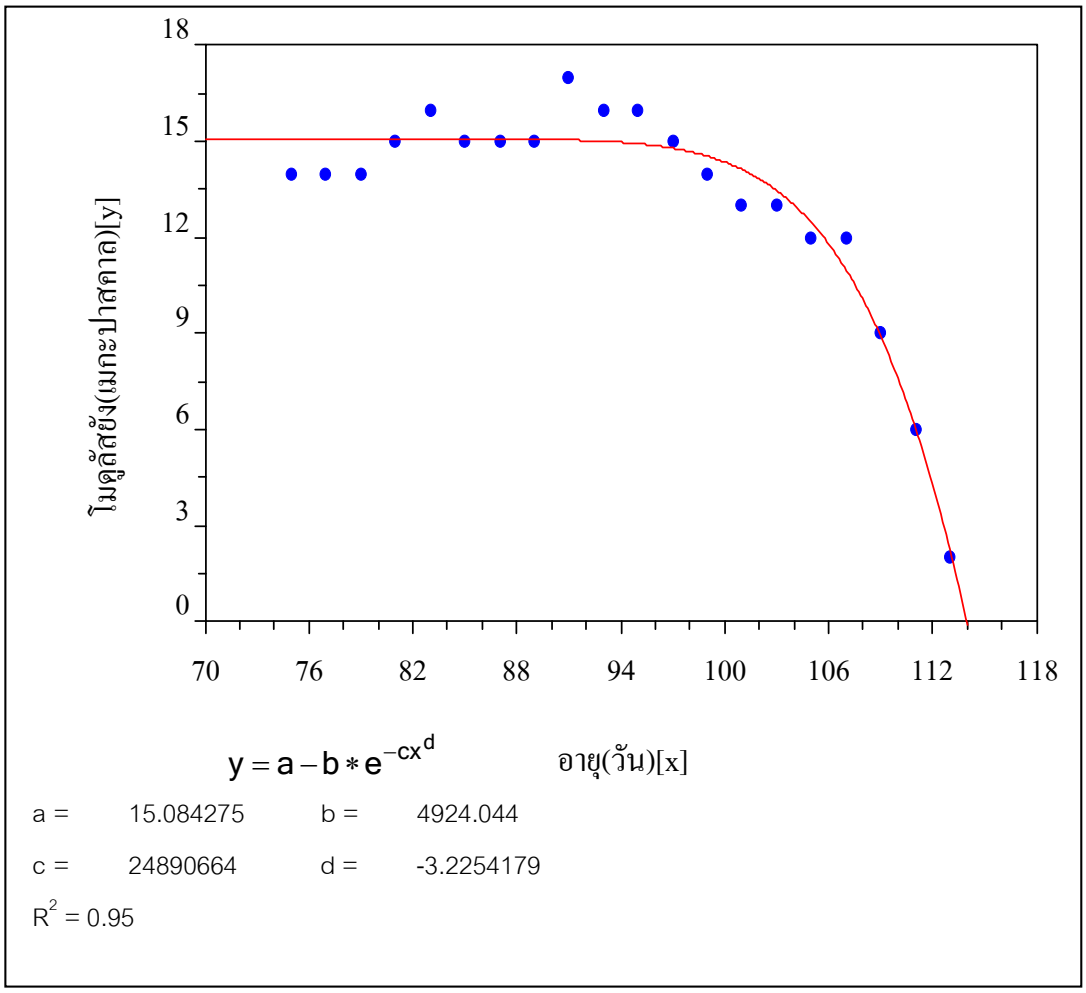
ในการคำนวณค่าโมดูลัสยัง [สมการผนวก (ก11)] จากวิธีต่างๆทั้งสามวิธีนั้นมีตัวแปรคือแรง, การเปลี่ยนรูปและรัศมีความโค้งของหัวกระแทก วิธีหาความแน่นเนื้อจากเครื่อง Effegi สามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรงแต่ผลมะม่วงจะต้องถูกเฉือนออกไปส่วนหนึ่งเนื้อมะม่วงจะถูกแรงกระทำโดยตรงจนทะลุทำให้ผลมะม่วงเสียหายและอยู่นอกช่วงของความยืดหยุ่นของมะม่วงไปแล้ว ส่วนวิธี UTM นั้นสามารถอ่านค่าได้โดยตรงและอยู่ในช่วงความยืดหยุ่นแต่แรงกระทำนั้นกระทำกับเปลือกของมะม่วง การสัมผัสระหว่างหัวกดกับเนื้อมะม่วงโดยตรง และกับเปลือกย่อมน่าจะแตกต่างสมมติฐานของทฤษฎียืดหยุ่น(Timoshenko and Goodier, 1970) การประมาณจุดคลากของมะม่วงนั้นทำได้ยากบนกราฟ F-D ของเครื่อง UTM (ภาพที่ 18) จึงไม่แน่ว่าแรงและการเปลี่ยนรูปที่นำมาใช้ซึ่งอ่านได้จากกราฟนั้นผ่านจุดคลากไปแล้วหรือไม่ ค่าโมดูลัสยังที่ได้จึงไม่น่าเชื่อถือเพราะค่าโมดูลัสยังนั้นเกิดจากทฤษฎีการกระแทกแบบยืดหยุ่น วิธีกระแทกไม่สามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรงแต่เกิดจากการคำนวณโดยคำนวณมาจากสมการผนวก (ก9) และกฎข้อ 2 ของนิวตันมาใช้ แรงที่กระทำกับผลมะม่วงน้อยมากและผลมะม่วง

ไม่เสียหายจึงสามารถประมาณให้อยู่ภายในกรอบทฤษฎีการกระแทกแบบยืดหยุ่น ค่าโมดูลัสยังที่ได้จากวิธีกระแทกจึงน่าเชื่อถือกว่าวิธี UTM

การทดลองที่ 1 จึงสรุปได้ว่าเงื่อนไขการทดลองที่เหมาะสมน่าจะเป็นความสูงของหัวกระแทก 2 เซนติเมตร น้ำหนัก 10 กรัมเพราะให้สัญญาณมากและเป็นความสูงที่ไม่สูงเกินไป ไม่ทำให้รูปแบบการตกกระทบเปลี่ยนแปลงจากตั้งฉากมากนักและไม่เตี้ยเกินไปคือในการทดลองจริงความสูงที่ใช้ทดลองจะมีความผิดพลาดจากความสูงที่ตั้งไว้ ถ้าใช้ความสูง 1 เซนติเมตรทดลองจริง 9 มิลลิเมตรหมายความว่าความสูงผิดพลาดไป 10 เปอร์เซ็นต์แต่ถ้าใช้ความสูง 2 เซนติเมตรทดลองจริง 19 มิลลิเมตรหมายความว่าความสูงผิดพลาดไป 5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งดีกว่า ให้ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างดัชนีความแน่นเนื้อและโมดูลัสยังอีกทั้งไม่ทำลายผลมะม่วงอีกด้วย การทดลองที่ 2 จึงเพิ่มความละเอียดของจำนวนวันให้มีระยะห่างน้อยลง

การทดลองที่ 2

รัศมีความโค้งของมะม่วงทั้งสองพันธุ์ปรากฏว่ามากกว่า 10 เท่าของรัศมีหัวกระแทก (3 มิลลิเมตร) รัศมีเฉลี่ยของมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์เป็น 52.06 และ 47.64 มิลลิเมตรตามลำดับ ดังนั้นสมการผนวก (ก11) ประเมินผลในการทดลองนี้ใช้หลักการในการเลือกวันในการทดลองคือ ใช้วันที่มะม่วงมีความบริบูรณ์เป็นเกณฑ์ มะม่วงน้ำดอกไม้ 99 วันและโชคอนันต์ 91 วันนับจากเริ่มติดผลแล้วทำการนับถอยหลังจาก 99 วันช่วงละ 2 วันเป็นจำนวน 12 ช่วงและนับเดินหน้าช่วงละ 2 วันเป็นจำนวน 7 ช่วงหรือมะม่วงน้ำดอกไม้เริ่มนับอายุที่ 75, 77, 79, …, 113 วัน มะม่วงโชคอนันต์นับถอยหลัง 12 ช่วงและเดินหน้า 7 ช่วงเช่นเดียวกันหรือเริ่มนับอายุที่ 67, 69, 71, …, 105 วัน



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสยังกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้

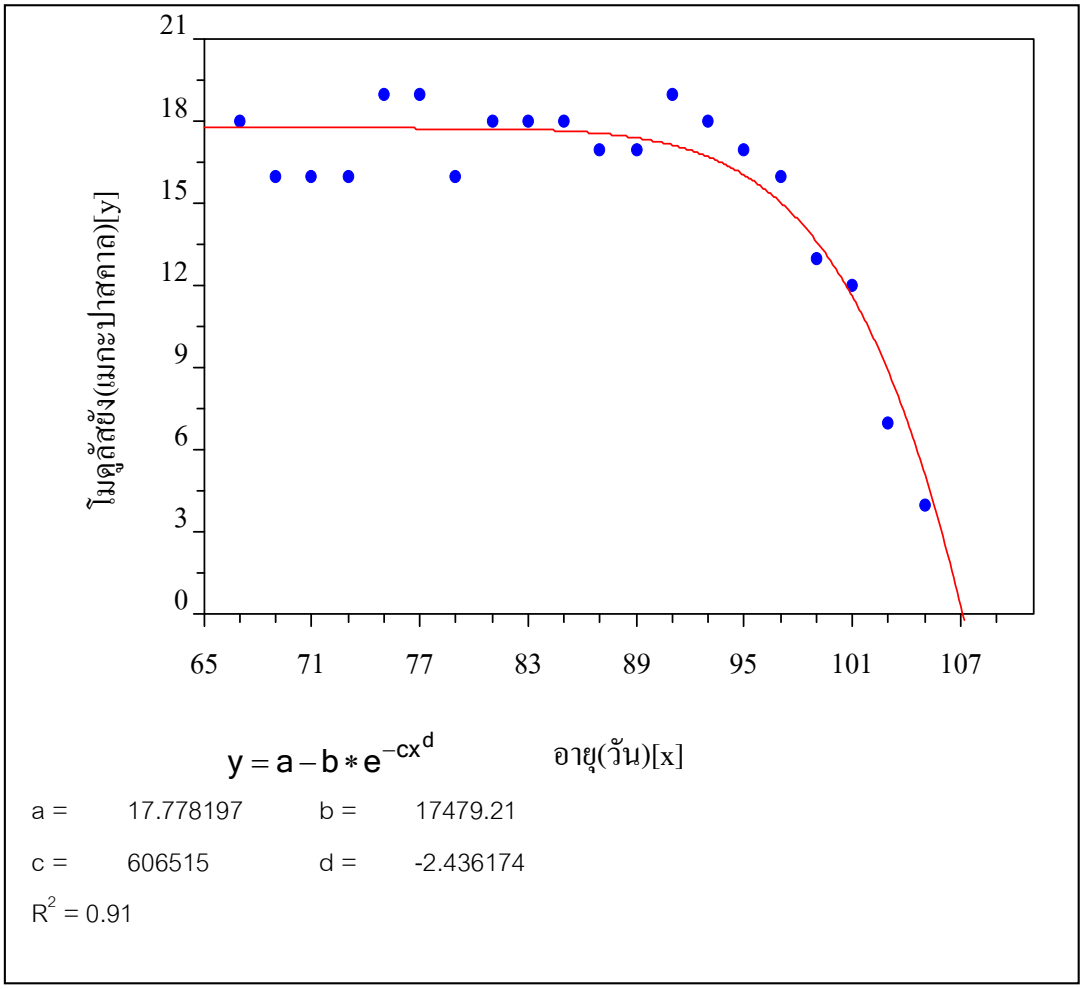
หาค่าแนวโน้มของผลการทดลองของควาสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยังกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้รูปแบบของ Weibull ซึ่งมีสมการคือ $y = a - b * e^{-cx^d}$ (ภาพที่ 26) ปรากฏว่าความสัมพันธ์ดีมาก(R^2=0.95) โดยสัมประสิทธิ์ของสมการมีค่าเป็น

a =15.084275 b = 4924.044

c =24890664 d = -3.2254179

สมการที่ได้แสดงว่าโมดูลัสยังของมะม่วงน้ำดอกไม้ตั้งแต่อายุ 75 วันมีค่าค่อนข้างคงที่เรื่อยมาจนอายุประมาณ 99 วันจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของดวงตรา (2526) คือ

งานวิจัยดวงตราความแน่นเนื้อลดลงอย่างต่อเนื่องกับอายุความบริบูรณ์ ดวงตราไม่ได้ fit graph ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับอายุความบริบูรณ์ของผลมะม่วง



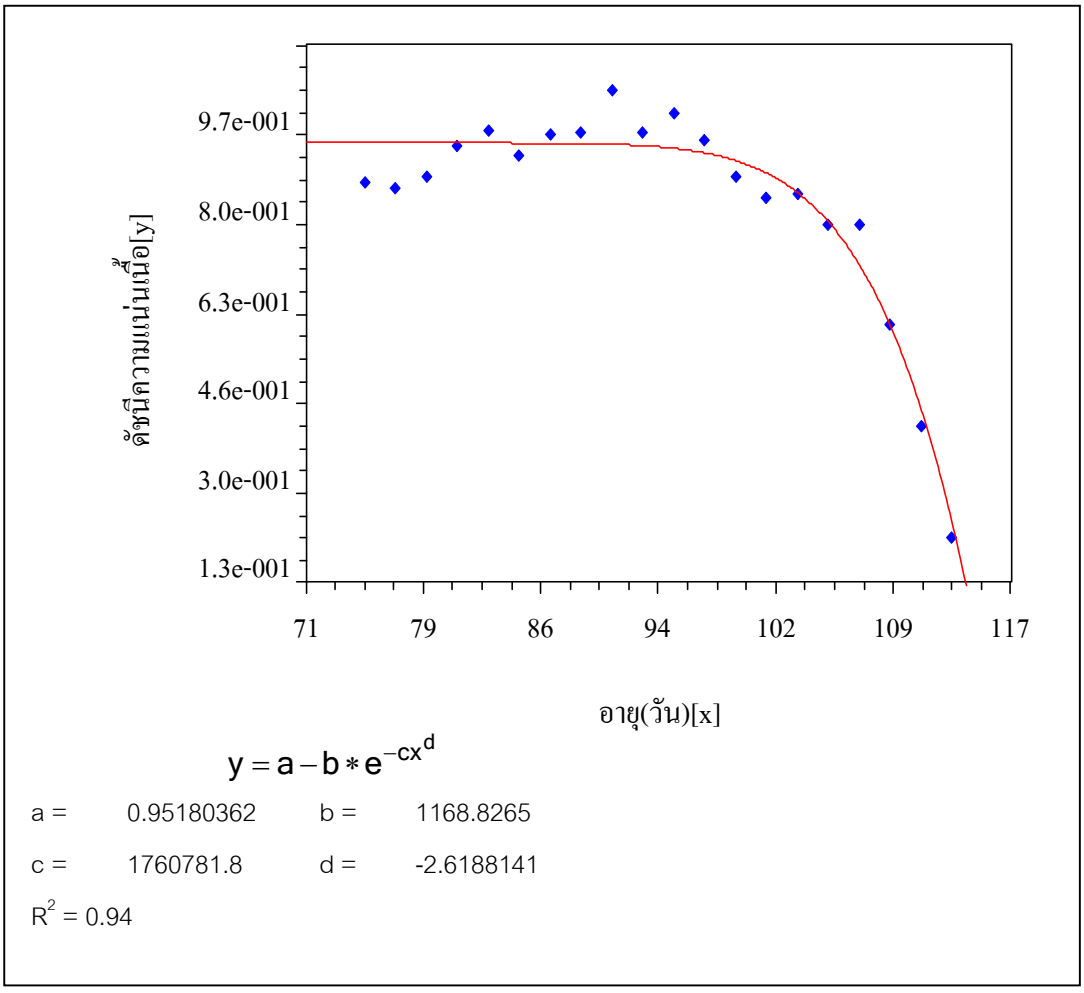
ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสยังกับอายุผลของมะม่วงโชคอนันต์

ทำนองเดียวกันสมการของ Weibull สามารถหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับโมดูลัสยังของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ได้ดีมาก (R^2=0.91) (ภาพที่ 27) โดยมีสัมประสิทธิ์ดังนี้

a =17.778197 b = 17479.21

c =606515 d = -2.436174

สมการที่ได้แสดงว่าโมดูลัสยังของมะม่วงโชคอนันต์ตั้งแต่อายุ 67 วันมีค่าค่อนข้างคงที่เรื่อยมาจนอายุประมาณ 91 วันจึงลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งโมดูลัสของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีแนวโน้มเช่นเดียวกับน้ำดอกไม้และการทดลองที่ 2 ยืนยังผลการทดลองที่ 1 อีกด้วย

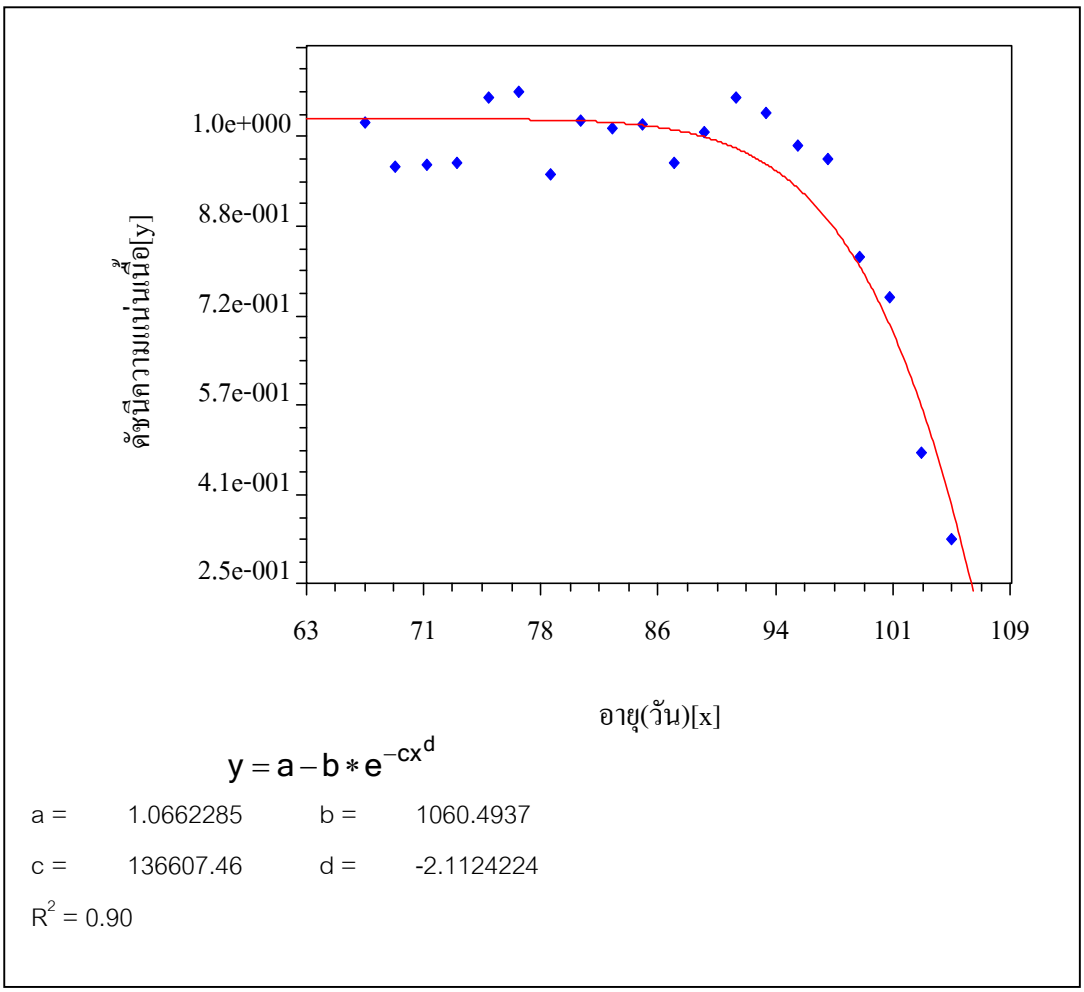


ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแน่นเนื้อกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้

ภาพที่ 28 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแน่นเนื้อซึ่งวัดได้จากหัวกระแทกกับอายุผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ ให้ค่าแนวโน้มของดัชนีความแน่นเนื้อในลักษณะเดียวกับค่าโมดูลัสยัง หาค่าแนวโน้มของผลการทดลองโดยใช้รูปแบบของ Weibull ปรากฏว่าความสัมพันธ์ดีมาก(R^2=0.94) โดยสัมประสิทธิ์ของสมการมีค่าเป็น

a =0.95180362 b = 1168.8265

c =1760781.8 d = -2.6188141



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแน่นเนื้อกับอายุผลของมะม่วงโชคอนันต์

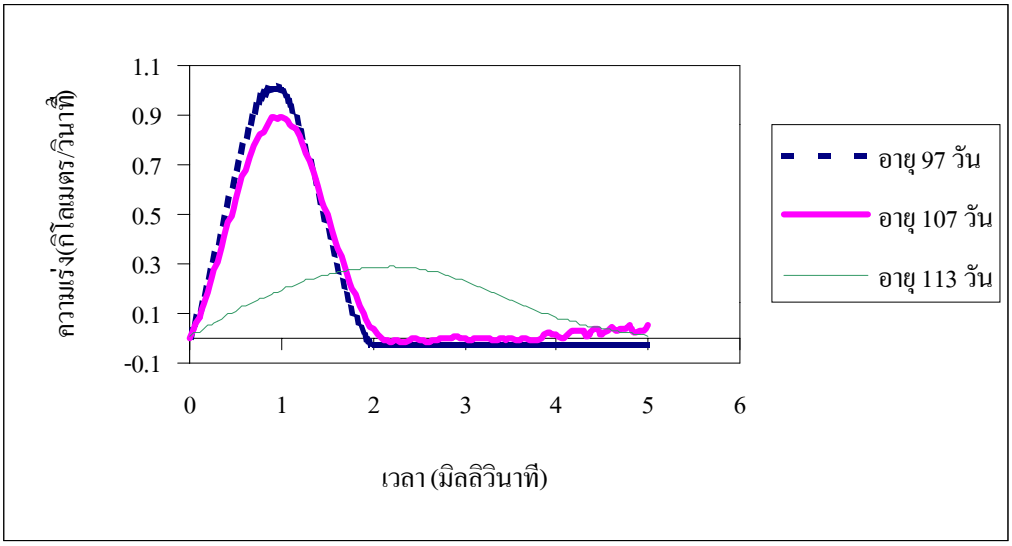
ค่าแนวโน้มของผลการทดลองโดยใช้รูปแบบของ Weibull ปรากฏว่าความสัมพันธ์ดี (R^2=0.90)โดยสัมประสิทธิ์ของสมการมีค่าเป็น

a =1.0662285 b = 1060.4937

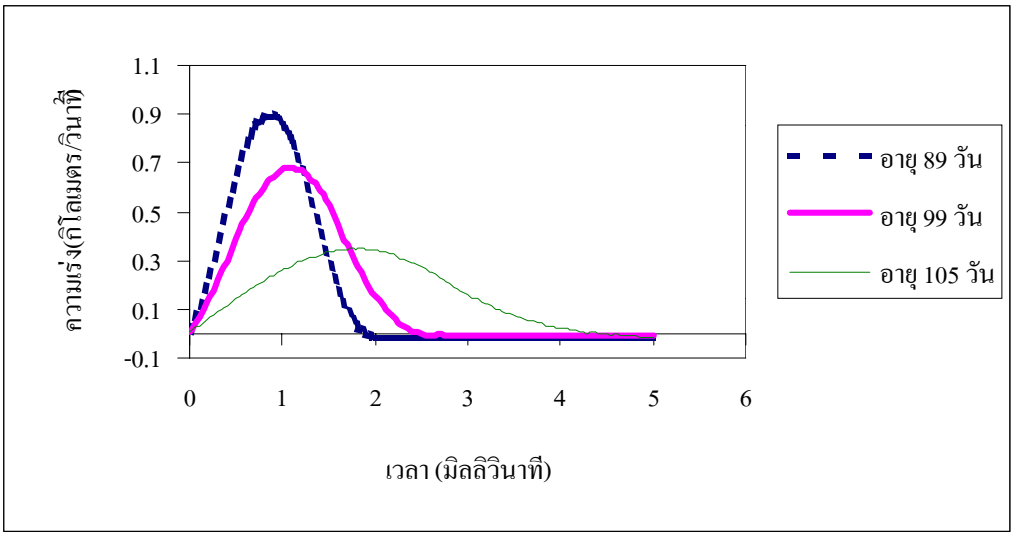
c =136607.46 d = -2.1124224

เมื่อทำการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD, ภาคผนวก จ) ปรากฏว่ามะม่วงทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ามะม่วงทั้งสองมีค่าโมดูลัสยังแตกต่างกันโดยมะม่วงโชคอนันต์มีค่าโมดูลัสยังสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้และในช่วงอายุทั้ง 20 ช่วงมีความแตกต่างของโมดูลัสยังอย่างน้อย 1 ช่วง และในซ้ำ

ทั้ง 20 ซ้ำไม่มีความแตกต่างกันของโมดูลัสยังที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test แล้วปรากฏว่าใน 20 ช่วงอายุมีความแตกต่างกัน 8 ระดับ โดยช่วงอายุ 16 ช่วงแรกมีการคาบเกี่ยวของสัญลักษณ์มากแสดงว่าดัชนีความแน่นเนื้อมีความแตกต่างแบบเกาะกลุ่มและดัชนีความแน่นเนื้อยังมิได้เรียงช่วงอายุจากน้อยไปมากด้วยแสดงว่ามีความแปรปรวนค่อนข้างมาก แต่ใน 4 ช่วงสุดท้ายมีการเรียงลำดับสัญลักษณ์และอายุชัดเจนแสดงว่าในช่วงปลายค่าดัชนีความแน่นเนื้อแปรผันตามอายุของมะม่วง

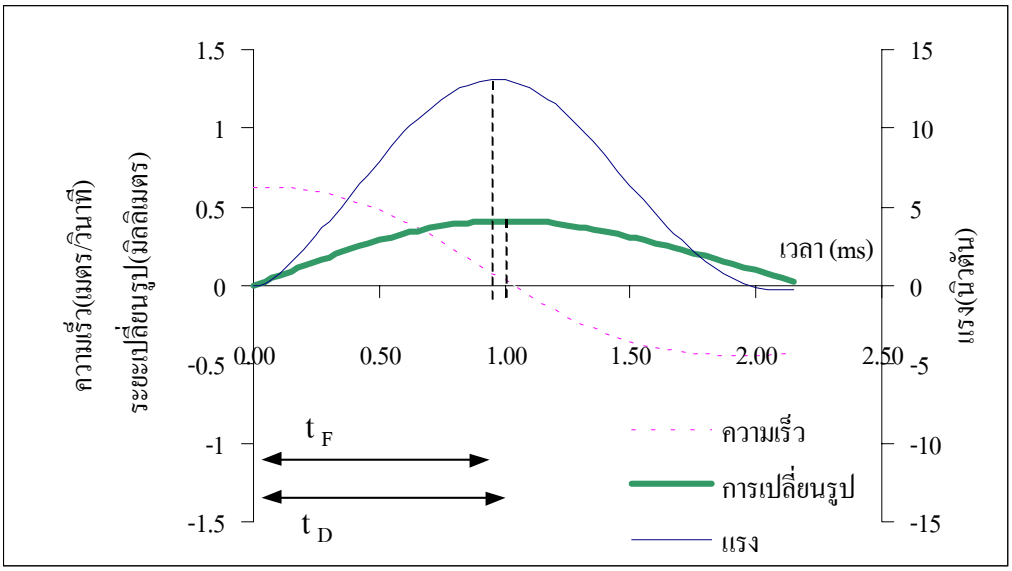


ภาพที่ 30 การกระจายความเร่งของมะม่วงน้ำดอกไม้กับเวลา



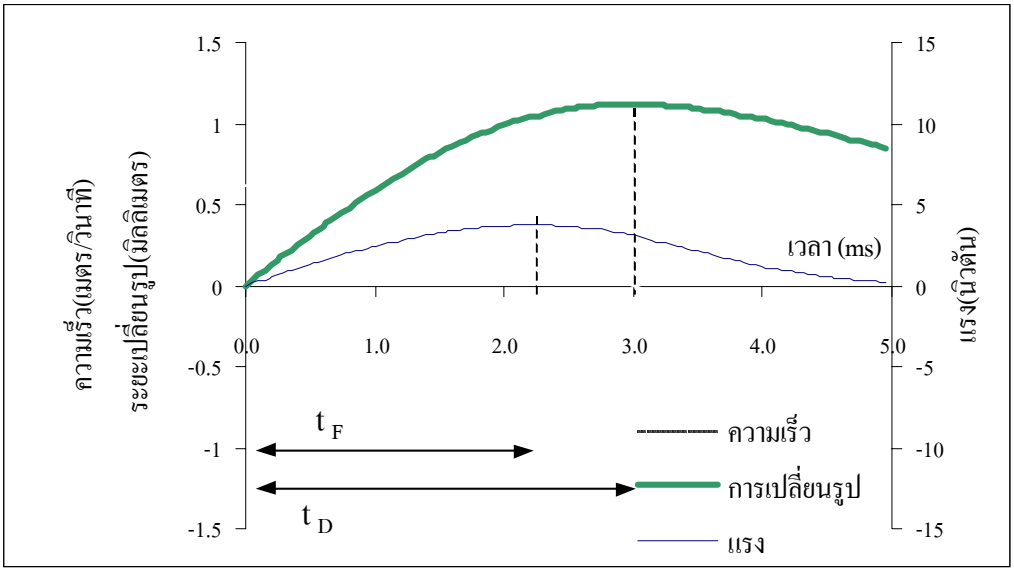
ภาพที่ 31 การกระจายความเร่งของมะม่วงโชคอนันต์กับเวลา

ภาพที่ 30 และ 31 แสดงการกระจายของความเร่งกับระยะเวลากระแทกซึ่งได้จากหัววัดความเร่งเมื่อกระทบกับมะม่วงอายุการเก็บเกี่ยวต่างๆปรากฏว่า เมื่อผลมะม่วงดิบลักษณะของกราฟจะชัน เมื่อผลมะม่วงอายุมากขึ้นความเร่งสูงสุดลดลง ความชันของกราฟลดลง ในขณะที่ช่วงระยะเวลากระแทกมากขึ้นส่งผลให้ดัชนีความแน่นเนื้อลดลงซึ่งลักษณะเช่นนี้เกิดกับทั้งมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงโชคอนันต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Delwiche (1987)



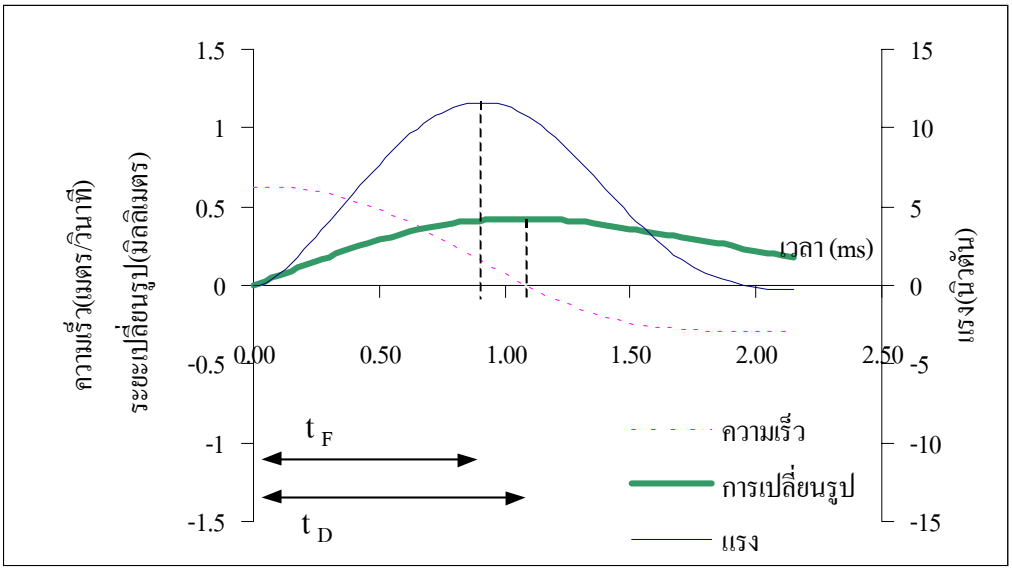
ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 97 วัน กับเวลาระหว่างกระแทก

ภาพที่ 32 แสดงการกระจายของความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 97 วัน กับเวลาระหว่างการกระแทกซึ่งได้จากการคำนวณความเร่งที่วัดได้ ความเร็วและการเปลี่ยนรูปหาได้จากการอินทิเกรตความเร่ง ภาพที่ 32 แสดงผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อ่อนยังคงสมบัติความยืดหยุ่นได้สังเกตจากเวลาที่สมนัยกับยอดของกราฟการเปลี่ยนรูป (t_D) และแรง (t_F) เบี่ยงเบนจากกันเล็กน้อย (t_F = 0.95 มิลลิวินาที, t_D = 1.00 มิลลิวินาที) กับวัสดุยืดหยุ่นสมบูรณ์ $t_F = t_D$ ขณะเดียวกันนี้ความเร็วเท่ากับศูนย์เมื่อเกิดการเปลี่ยนรูปสูงสุดของผลมะม่วงและเป็นขณะเดียวกับที่ผลมะม่วงเริ่มกลับคืนสู่สภาพเดิม

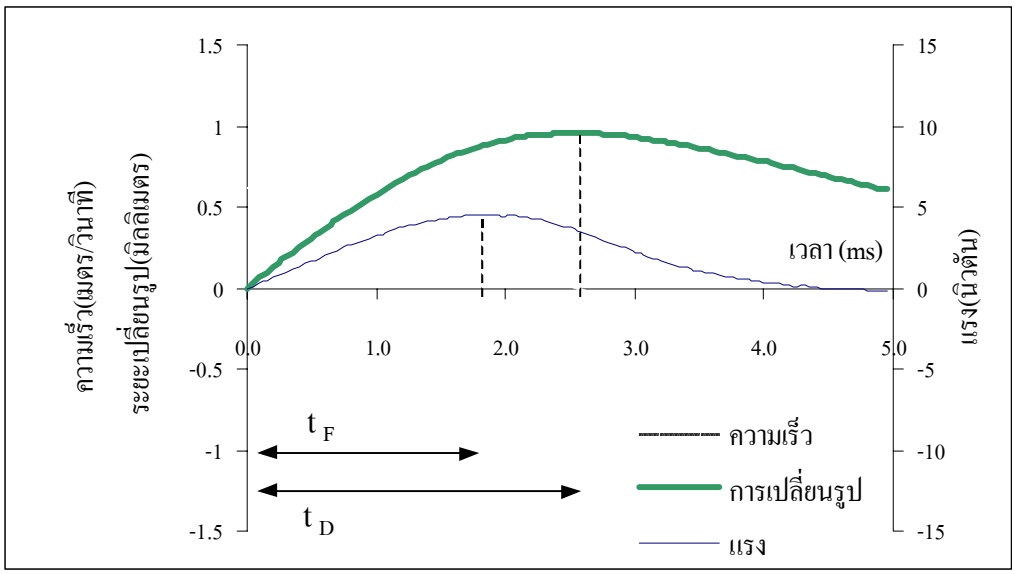


ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 113 วัน กับเวลาระหว่างกระแทก

ภาพที่ 33 แสดงการกระจายของความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 113 วัน(ซึ่งเป็นมะม่วงสุกแล้ว)กับเวลาระหว่างเกิดการกระแทกกราฟมีลักษณะแตกต่างออกไปจากภาพที่ 32 คือแรงมีค่าต่ำกว่าแรงที่ได้จากมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 97 วัน มีการเปลี่ยนรูปที่มากขึ้น และมะม่วงอายุ 113 วันสูญเสียสมบัติยืดหยุ่นชัดเจน คือ t_F และ t_D แตกต่างกัน(t_F = 2.25 มิลลิวินาที, t_D = 3.00 มิลลิวินาที) นี้น่าจะอนุมานได้ว่าระยะการเจริญเติบโตของผลมะม่วงมีอิทธิพลต่อสมบัติยืดหยุ่นของผลมะม่วงนั้น t_D ที่ต่างจาก t_F ออกไปมากเป็นเพราะในผลมะม่วงที่แก่มีความแข็งแรงของเซลและเนื้อเยื่อลดลง(ค่าโมดูลัสยังลดลง)แต่ในผลมะม่วงมีน้ำเป็นส่วนของของเหลว ถ้ามองว่าผลมะม่วงเป็นวัสดุยืดหยุ่นหนืด การลดลงของค่าโมดูลัสยังจะทำให้ Time of retardation เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ผลมะม่วงจะถึงการเปลี่ยนรูปสูงสุดนานขึ้น ดัชนีความแน่นเนื้อสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของผลมะม่วง เมื่อผลมะม่วงสูญเสียความแข็งแรง(ค่าโมดูลัสยังและแรงกระแทกสูงสุดลดลง) ดัชนีความแน่นเนื้อก็ลดลง ลักษณะเช่นนี้ปรากฏเช่นเดียวกับมะม่วงโชคอนันต์ด้วย (ภาพที่ 34-35)

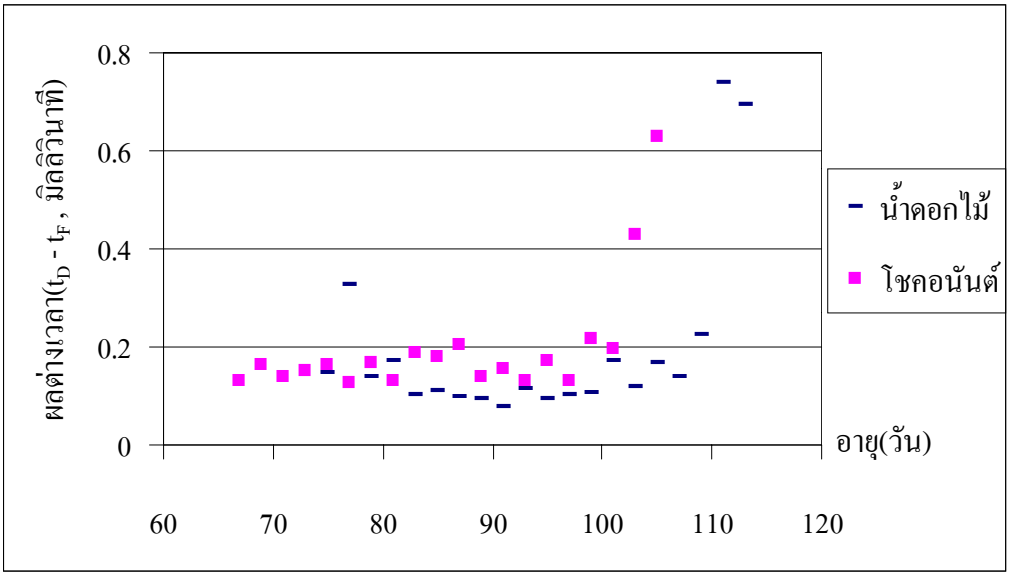


ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงโชคอนันต์อายุ 89 วัน กับเวลาระหว่างกระแทก



ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงโชคอนันต์อายุ 105 วัน กับเวลาระหว่างกระแทก

จากค่าแนวโน้มของผลต่างของเวลาที่สมนัยกับยอดของกราฟการเปลี่ยนรูป (t_D) และแรง (t_F) ที่มีแนวโน้มมากขึ้นเมื่ออายุผลมากขึ้น จึงทำการหาความสัมพันธ์ของผลต่างของเวลา ($t_D - t_F$) กับอายุผลดังภาพที่ 36 ของมะม่วงทั้งสองพันธุ์ ผลปรากฏว่าผลต่างเวลาค่อนข้างคงที่เรื่อยมาจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลาย ๆ



ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์ของค่าผลต่างเวลา(t_D- t_F)กับอายุผลของมะม่วงทั้งสองพันธุ์

จากการทดลองได้กำหนดในมะม่วงน้ำดอกไม้มีความบริบูรณ์เมื่ออายุ 99 วันนับจากติดผล ถ้ามะม่วงน้ำดอกไม้อายุน้อยกว่า 99 วันจัดว่าเป็นมะม่วงอ่อนและมะม่วงที่อายุตั้งแต่ 99 วันจัดว่าเป็นมะม่วงแก่ หรือสุกเมื่ออายุมากกว่า 99 วันไปมาก ๆ จากผลการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 แสดงว่าดัชนีความแน่นเนื้อไม่สามารถแยกมะม่วงอ่อนออกจากมะม่วงแก่ได้ ในทำนองเดียวกันกับมะม่วงโชคอนันต์เมื่อให้ความบริบูรณ์ที่อายุ 91 วันดัชนีความแน่นเนื้อไม่สามารถแยกความอ่อนแก่ของมะม่วงโชคอนันต์ได้เช่นกันหรือให้ความหมายว่าค่าโมดูลัสยังของมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์มิได้ลดลงเรื่อยจนถึงความบริบูรณ์และลดลงต่อไปจนแก่ แต่โมดูลัสยังจะประมาณคงที่อยู่ในช่วงหนึ่งจนเลยวันบริบรูณ์ออกไปอีกจนถึงช่วงอายุหนึ่งแล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็ว

ในพฤติกรรมมะม่วงโชคอนันต์เมื่อมีอายุ 91 วันซึ่งถือว่ามีความบริบูรณ์แล้วแต่ยังไม่เหมาะสมที่จะบริโภคทันที่ต้องนำมาบ่ม 2 คืนและทิ้งไว้ข้างนอกอีก 1 วันความแน่นเนื้อจะเริ่มลดลงรวมเป็นเวลา 3 วันก่อนจะเป็นวันบริโภคซึ่งเกษตรกรต้องการเก็บประมาณ 91 วันซึ่งเขาไม่สามารถจะใช้คุณสมบัติจากดัชนีความแน่นเนื้อนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อบอกวันบริบูรณ์ดังกล่าวได้

เนื่องจากก่อนถึงวันบริบูรณ์ดัชนีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่หรือสามารถเข้าใจได้ว่ามะม่วงอายุน้อยหรือมะม่วงอ่อนและมะม่วงแก่เต็มที่นั้นมีดัชนีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกันมาก วิธีกระแทกสามารถระบุความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ภายในกรอบทฤษฎียืดหยุ่น มีความรวดเร็ว ไม่ทำลายผลไม้ มีความถูกต้องโดยมีข้อแม้ว่าต้องทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใส่ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว อย่างไรก็ตามระบบนี้ต้องใช้ตัวอุปกรณ์เป็นอิเล็กทรอนิกส์จึงสามารถต่อผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าคอมพิวเตอร์ได้ วิธี UTM มีความถูกต้องดีกว่าแต่ช้ากว่าวิธี Effegi ซึ่งสามารถได้ผลลัพธ์โดยตรง พฤติกรรมของมะม่วงไม่เอื้อต่อการใช้วิธีกระแทก

สรุป

ในการหาค่าตัวแปรความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 60, 80, 100 และมากกว่า 110 วันนับจากติดผล ได้ใช้วิธีกระแทกเปรียบเทียบกับวิธี Effegi และวิธี UTM วิธีกระแทกใช้คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม, Data Acquisition Unit, สวิตช์, ขาตั้ง, แม่เหล็กไฟฟ้า, หัวกระแทก (ประกอบด้วยลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรและด้ามซึ่งเปลี่ยนน้ำหนักได้โดยมี 3 ระดับ คือ 10, 30 และ 50 กรัม)และดินน้ำมัน วิธี Effegi ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร (มะม่วงอายุ 60, 80 และ 100 วัน) และ 11.1 มิลลิเมตร (มะม่วงอายุมากกว่า 110 วัน) วิธี UTM ใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรกดด้วยอัตราเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที โดยเปรียบเทียบในรูปของแรงต่อการเปลี่ยนรูป $\frac{F}{D}$, โมดูลัสยังE และดัชนีความแน่นเนื้อ $\frac{A}{t}$

ค่าแรงต่อการเปลี่ยนรูปทั้ง 3 วิธี ค่าโมดูลัสยังทั้ง 2 วิธีและค่าดัชนีความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ที่ดีหรือบอกเป็นนัยว่าทั้ง 3 ค่า 3 วิธีนั้นสามารถทำนายความแน่นเนื้อของมะม่วงได้และมีแนวโน้มทางการทำนายเดียวกันคือแยกมะม่วงได้ออกเป็น 2 กลุ่มคือมะม่วงกลุ่มผลดิบ (ผลมะม่วงอายุ 60, 80 และ 100วัน) และผลมะม่วงสุก (มะม่วงอายุมากกว่า 110 วัน) ซึ่งตัวแปรวัดความแน่นเนื้อจะมีค่าเฉลี่ยค่าหนึ่งมีการแกว่งตัวแคบ ๆ (CV=9.44-12.84%) เมื่ออายุมะม่วงมากกว่า110วัน ค่าตัวแปรความแน่นเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็ว (≅400-760%) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ค่อนข้างดีมากและดีระหว่าง $\frac{F}{D}$ โดยวิธี UTM กับ $\frac{F}{D}$ โดยวิธีกระแทก (R^2>0.87)และ E โดยวิธี UTM กับ $\frac{A}{t}$ โดยวิธีกระแทก (R^2=0.8) โดยวิธีกระแทก $\frac{A}{t}$ แปรเป็นสัดส่วนตรงกับ E อย่างดีเยี่ยม (R^2>0.99)

ใช้วิธีกระแทกโดยใช้เงื่อนไขความสูง 2 เซนติเมตรและน้ำหนักหัวกระแทก 10 กรัมกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 75, 77, 79,…,113 วันและมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 67, 69, 81,…,105 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์ให้อายุ 99 และ 91 วันตามลำดับเป็นเกณฑ์ในการวัดความบริบูรณ์ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และโชคอนันต์มีรัศมีเฉลี่ยเป็น 52.06 และ 47.64 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่าค่าโมดูลัสยังของมะม่วงทั้งสองพันธุ์มิได้ลดลงเรื่อยจนถึงความบริบูรณ์และลดลงต่อไปจนแก่แต่โมดูลัสยังจะประมาณคงที่อยู่ในช่วงหนึ่งจนเลยวันบริบูรณ์ออกไปอีกจนถึงช่วงอายุหนึ่งแล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็ว สามารถหาสมการหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับโมดูลัสยังได้โดยใช้สมการ Weibull ดังนี้ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ $E = 15.1 - 4924.0e^{-2.5E7x^{-3.2}}$ มีค่า R^2=0.95 และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ $E = 17.8 - 17479.2e^{-6.1E5x^{-2.4}}$ มีค่า R^2=0.91เมื่อ x คืออายุผล(วัน) เช่นเดียวกับค่าดัชนี

ความแน่นเนื้อเมื่อหาสมการหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับดัชนีความแน่นเนื้อโดยใช้สมการ Weibull ดังนี้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ $\frac{A}{t} = 0.95 - 1168.8e^{-1.8E6x^{-2.6}}$ มีค่า R^2=0.94 และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ $\frac{A}{t} = 1.07 - 1060.5e^{-1.4E5x^{-2.1}}$ มีค่า R^2=0.90 ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับโมดูลัสยัง หรือมีความหมายว่ามะม่วงอ่อนและมะม่วงแก่มีค่าโมดูลัสยังใกล้เคียงกัน

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว การเปลี่ยนรูปและแรงของมะม่วงทั้งสองพันธุ์อนุมานได้ว่าระยะการเจริญเติบโตของผลมะม่วงมีอิทธิพลต่อสมบัติยืดหยุ่นหนืดของผลมะม่วงนั้น t_D ที่ต่างจาก t_F ออกไปมากเป็นเพราะในผลมะม่วงที่แก่มีความแข็งแรงของเซลและเนื้อเยื่อลดลง (ค่าโมดูลัสยังลดลง) แต่ในผลมะม่วงมีน้ำเป็นส่วนของของเหลว ถ้ามองว่าผลมะม่วงเป็นวัสดุยืดหยุ่นหนืด การลดลงของค่าโมดูลัสยังจะทำให้ Time of retardation เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ผลมะม่วงจะถึงการเปลี่ยนรูปสูงสุดนานขึ้น ดัชนีความแน่นเนื้อสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของผลมะม่วง เมื่อผลมะม่วงสูญเสียความแข็งแรง (ค่าโมดูลัสยังและแรงกระแทกสูงสุดลดลง) ดัชนีความแน่นเนื้อก็ลดลง ลักษณะเช่นนี้ปรากฏเช่นเดียวกับมะม่วงโชคอนันต์ด้วย

วิธี UTM สามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรงจากกระดาษกราฟแต่ใช้เวลามากและอาจเกิดความผิดพลาดจากการอ่านกราฟได้ วิธี Effegi สามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรงแต่ไม่สามารถควบคุมอัตราการกดให้สม่ำเสมอได้ หัวกดซึ่งไม่เหมือนกันตลอดการทดลองและความเสียหายซึ่งเกิดกับผลไม้ วิธีกระแทกสามารถระบุความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ มีความรวดเร็วไม่ทำลายผลไม้ มีความถูกต้อง อยู่ภายใต้กรอบทฤษฎียืดหยุ่นและเนื่องจากตัวอุปกรณ์เป็นอิเล็กทรอนิกส์จึงสามารถต่อผ่านอุปกรณ์ต่างๆเข้าคอมพิวเตอร์ได้ แต่วิธีนี้มีความซับซ้อนในการดึงข้อมูลและไม่สามารถอ่านค่าแรงและการเปลี่ยนรูปได้โดยตรง พฤติกรรมของมะม่วงไม่เอื้อต่อการใช้วิธีกระแทกจึงไม่สามารถแยกมะม่วงอ่อนออกจากมะม่วงแก่หรือมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

ดวงตรา กสานติกุล. 2526. **การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์น้ำดอกไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ สายชล เกตุษา และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2527. ดัชนีการเก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)**. 18: 55-60.

คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530. **การทำสวนมะม่วง**. โครงการคู่มือประกอบอาชีพสำหรับประชาชน ศูนย์อบรมและส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ สำนักสิ่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จักรพันธุ์ กินร. 2542. **การศึกษาการเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของผลไม้ไทยโดยวิธี Magness Taylor Pressure Tester เปรียบเทียบกับวิธี HIT**. โครงงานวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บัณฑิต จริโมภาส. 2545. **สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร: ภาค 1 ทฤษฎี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546. **ตารางที่ 8 ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2544 – 2545.** นำเข้าส่งออก ปริมาณและมูลค่าสินค้าขาออกเกษตรกรรม. แหล่งที่มา:http://www.oae.go.th/statistic/export/QVExp.xls, 7 กันยายน 2546.

Abbott, J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. 15: 207-225.

Bajema, R.W., A.L. Baritelle, GmM, Hyde and M.J. Pitts. 2000. Factors influencing dynamic mechanical properties of red 'delicious' apple tissue. **Transactions of the ASAE.** 43(6): 1725-1731.

_____ G.M. Hyde and A.L. Baritelle. 1998. Temperature and strain rate effect on the dynamic fuilure properties of potato tuber tissue. **Transactions of the ASAE**. 41: 733-740.

Bollen, A.F. 1993. Apple-apple impact evaluation using an instrumented sphere. **Agricultural Engineering Journal**. 2 (1&2): 1-14.

Bourne, M.C. 1967. Deformation testing of foods. I. a precise technique for performing the deformation test. **J. Food. Sci**. 32: 601-605.

_____. 1982. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. Academic Press, San Diego.

Chen, P., M. Ruiz-Altisent, and P. Barreiro. 1996. Effects of impaction mass on firmness sensing of fruits. **Transactions of the ASAE**. 39(3): 1019-1023.

_____. 1996. Quality evaluation technology for agricultural products. **Proc. Int. Conf. on Agric. Machinery Engineering**. Nov. 12-15, 1996. Seoul, Korea. Vol. I: 171-204.

_____. 2001. Application of elastic theory to high-speed impact sensing of fruits. **Proceeding of the IFAC/CIGR Workshop on Control Applications in Post-harvest and Processing Technology**. October 3-5, 2001. Tokyo, Japan. 21-26.

Chavapradit, C. 1996. **Design and Development of A Grading Machine for the Post-harvest Handling of Mangoes**. Doctor of Engineering, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Delwiche, M.J. 1987. Theory of fruit firmness forting by impact forces. **Transactions of the ASAE**. 30(4): 1160-1166.

_____Tim, McDonald and S.V. Bowers. 1987. Determination of Peach Firmness by Analysis of Impact Forces. **Transactions of the ASAE**. 30(1): 249-254.

_____ T, Shaoqi and J.J. Mehlschau. 1989. An impact force response fruit firmness sorter. **Transactions of the ASAE**. 32(1): 321-326.

_____ H. Arevalo and J. Mehlschau. 1996. Second generation impact force response fruit firmness sorter. **Transactions of the ASAE**. 39(3): 1025-1033.

Finney, E.E. Jr. 1969. Defining and measuring attributes of texture in fruits and vegetables. **Agricultural Engineering**. 50(8): 462-465.

Harker, F.R., J.H. Maindonald, and P.J. Jackson. 1996. Penetrometer measurement of apple and kiwifruit firmness: operator and instrument differences. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 121(5): 927-936

McGlone, V.A., R.B. Joran and P.N. Schaare. 1997. Mass and drop-height influence on kiwifruit firmness by impact force. **Transactions of the ASAE**. 40(5):1421-1428.

Meredith, F.I., R.G. Leffler and C.E. Lyon. 1990. Detection of firmness in peaches by impact force response. **Transactions of the ASAE**. 33(1):186-188.

Manogo, M. 1991. Ripening of kiwifruit, storage quality of fruit ripened after harvest and nondestructive firmness measurement of fruit. **Proceedings of Japan Soc. Hort. Sci. (Autumn Annual Meeting)**. 606-607 (in Japanese).

Min-Hsyan Yen and Ye-Nu Wan. 2002. Digital signal analysis of guava impact inspection. **An ASAE Meeting Presentation Paper No. 026070**. Chicago, Illinois.

Mohsenin, N.N. 1986. **Physical Properties of Plant and Animal Materials**. Gordon and Breach Science Publishers, New York.

Nahir, D.,Z. Schmilovitch and B. Ronen. 1986. Tomato grading by impact force response. **ASAE Paper No. 86-3028**. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Peleg, K. 1985. **Produce Handling, Packaging and Distribution**. The AVI Publishing Company Inc., Westport Conneaticnt.

Reyes. M.U., R.E. Paull, M.R. Williamson and L.D. Gautz. 1996. Ripeness determination of solo' papaya (Carica papaya L.) by impact force. **Applied Engineering in Agriculture**. 12(6): 703-708.

Ruiz-Altisent, M. C. Jaren and P. Correa. 1993. Fruit quality sensing : Post-harvest ripeness. Paper No. 935-25. 4th Int. symp. **On Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering.** Valencia-Zaragoza, Spain.

Steinmetz, V., M. Crochon, V.B. Maurel, J.L.G. Fernandez, P.B. Elorza and L. Verstreken. 1996. Sensors for fruit firmness assessment: comparison and fusion. **J. Agric. Engng. Res**. 64: 15-28.

Timoshenko, S.P. and J.N. Goodier. 1970. **Theory of elasticity. 3rd Edition**. McGraw-Hill Book Co, New York.

Zapp, H.R., S.H. Ehlert, G.K. Brown, P.R. Armstrong and S.S. Sober. 1990. Advanced instrumented sphere(IS) for impact measurements. **Transactions of the ASAE**. 33(3): 995-960.

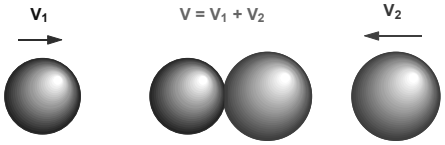
Zhang, X., M.L. Stone, D. Chen, N.O. Maness and G.H. Brusewitz. 1994. Peach firmness determination by puncture resistance, drop impact and sonic impulse. **Transactions of the ASAE**. 37(2): 495-500.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรคณิตศาสตร์

สูตรคณิตศาสตร์ (Chen et al.,1996)



เมื่อทรงกลมทั้งสองกระแทกกัน (Timosheko and Goodier, 1970) แรงกระแทกสูงสุดที่กระทำต่อแต่ละทรงกลมสามารถหาได้จากสมการ

$$F = \left(\frac{5}{4}V^2\right)^{\frac{3}{5}}\left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\right)^{\frac{3}{5}}\left[\frac{\frac{4}{3}E_1E_2}{E_2\left(1-\mu_1{}^2\right)+E_1\left(1-\mu_2{}^2\right)}\right]^{\frac{2}{5}}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)^{\frac{1}{5}} \qquad (ก1)$$

หรือ $$F = \left(\frac{5}{4}\frac{V^2}{n_1}\right)^{\frac{3}{5}} n^{\frac{2}{5}} \qquad (ก2)$$

ซึ่ง $$n = \frac{4}{3\pi}\frac{1}{(k_1+k_2)}\left[\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$n_1 = \frac{m_1+m_2}{m_1m_2}$$

$$k_1 = \frac{1-\mu_1^2}{\pi E_1}$$

$$k_2 = \frac{1-\mu_2^2}{\pi E_2}$$

V = ความเร็วสัมพันธ์ของวัตถุทั้งสอง

m_1= มวลของทรงกลมที่ 1

m_2= มวลของทรงกลมที่ 2

μ_1= อัตราส่วนปัวซองของทรงกลมที่ 1

μ_2= อัตราส่วนปัวซองของทรงกลมที่ 2

E_1 = โมดูลัสความยืดหยุ่นของทรงกลมที่ 1

E_2 = โมดูลัสความยืดหยุ่นของทรงกลมที่ 2

R_1 = รัศมีของทรงกลมที่ 1

R_2 = รัศมีของทรงกลมที่ 2

และ

$$A = \left(\frac{5}{4}V^2\right)^{\frac{3}{5}} \frac{1}{m_1}\left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\right)^{\frac{3}{5}}\left[\frac{\frac{4}{3}E_1E_2}{E_2\left(1-\mu_1{}^2\right)+E_1\left(1-\mu_2{}^2\right)}\right]^{\frac{2}{5}}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)^{\frac{1}{5}} \qquad (ก3)$$

ซึ่ง A = ความเร่ง

การเปลี่ยนรูปมากที่สุด D เมื่อถูกกระแทกหาได้จาก (ภาคผนวก ข)

$$D = \left(\frac{5}{4}\frac{V^2}{nn_1}\right)^{\frac{2}{5}} \qquad (ก4)$$

เวลาที่ต้องการได้แรงกระแทกสูงสุดหาได้จาก (ภาคผนวก ข)

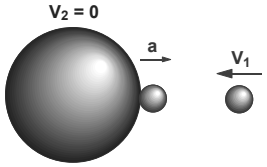
$$t = 1.47\frac{D}{V} \qquad (ก5)$$

ถ้าให้อัตราส่วน $\frac{A}{t}$ เป็นดัชนีความแน่นเนื้อ (firmness index) ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$\frac{A}{t} = 0.68\frac{FV}{Dm_1} \qquad (ก6)$$

$$= 0.8954V^{\frac{7}{5}}\frac{1}{m_1}\left[\frac{m_1m_2}{(m_1+m_2)}\right]^{\frac{1}{5}}\left[\frac{\frac{4}{3}E_1E_2}{E_2\left(1-\mu_1{}^2\right)+E_1\left(1-\mu_2{}^2\right)}\right]^{\frac{4}{5}}\left[\frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)}\right]^{\frac{2}{5}}$$

กรณีทรงกลมเล็กชนทรงกลมใหญ่เมื่อทรงกลมเล็กเป็นเซนเซอร์และทรงกลมใหญ่เป็นผลไม้



ถ้า $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \approx m_1$ เมื่อ $m_1 << m_2$ และ $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \approx R_1$ เมื่อ $R_1 << R_2$ และ $E_1 = \infty$

แรงกระทำสูงสุดคือ

$$F = \left(\frac{5}{4} V_1^2\right)^{\frac{3}{5}} (m_1)^{\frac{3}{5}} \left[\frac{\frac{4}{3} E_2}{1-\mu_2^2}\right]^{\frac{2}{5}} (R_1)^{\frac{1}{5}} \qquad (ก7)$$

ความเร่งสูงสุดคือ

$$A = \frac{F}{m_1} = \left(\frac{5}{4} V_1^2\right)^{\frac{3}{5}} \left(\frac{1}{m_1}\right)^{\frac{2}{5}} \left[\frac{\frac{4}{3} E_2}{1-\mu_2^2}\right]^{\frac{2}{5}} (R_1)^{\frac{1}{5}} \qquad (ก8)$$

ซึ่ง m_1 = มวลของsensor μ_2 = อัตราส่วนปัวซองของผลไม้

E_2 = โมดูลัสความยืดหยุ่นของผลไม้ R_1 = รัศมีของsensor

เวลาที่สมนัยกับแรงกระแทกสูงสุดที่หาได้

$$t = 1.47 \frac{D}{V}$$

$$t = 1.4325 \left(\frac{1}{V_1}\right)^{\frac{1}{5}} (m_1)^{\frac{2}{5}} \left[\frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right]^{\frac{2}{5}} \left(\frac{1}{R_1}\right)^{\frac{1}{5}} \qquad (ก9)$$

ดัชนีความแน่นเนื้อ $\frac{A}{t}$ (firmness index)

$$\frac{A}{t} = 0.68\frac{FV}{Dm_1}$$

$$= 0.8954V_1^{\frac{7}{5}}\frac{1}{m^{\frac{4}{5}}}\left[\frac{E_2}{1-\mu_2{}^2}\right]^{\frac{4}{5}}R_1^{\frac{4}{5}} \qquad \text{(ก10)}$$

ค่า E สามารถได้จาก (Timoshenko and Goodier, 1951)

$$E = \frac{3}{4}\frac{F(1-\mu^2)}{D^{1.5}}\left(\frac{1}{R_1}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(ก11)}$$

ภาคผนวก ข

การคำนวณหาสมการ

การคำนวณหาสมการ (บัณฑิต, 2545)

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันที่กล่าวว่าแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุนั้น เราจะได้ว่า(พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มวลไม่เปลี่ยนแปลง)

$$m_1 \frac{dV_1}{dt} = -P$$

$$m_2 \frac{dV_2}{dt} = -P$$

(เครื่องหมายลบแสดงการกดซึ่งตรงกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ) ให้ D เป็นระยะทางระหว่างทรงกลมทั้งสองเข้าใกล้กันเนื่องจากการกดที่จุดสัมผัสหรือการเปลี่ยนรูปทั้งหมดของทรงกลมสองที่บริเวณผิวสัมผัส (Timosheko andGoodier, 1970) ดังนั้นหลังจากการสัมผัสครั้งแรกจะได้ว่า

$$\frac{dD}{dt} = V_1 + V_2$$

ดีฟเฟอะเร็นซชิเอท

$$\frac{d^2D}{dt^2} = \frac{dV_1}{dt} + \frac{dV_2}{dt}$$

แทนค่า

$$\frac{d^2D}{dt^2} = \frac{-P}{m_1} + \frac{-P}{m_2}$$

หรือ

$$\ddot{D} = -\left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}\right)P$$

$$= -n_1 P$$

จากความเค้นสัมผัส $P = nD^{\frac{3}{2}}$

ที่ซึ่ง $n = \sqrt{\frac{16}{9\pi^2}\frac{R_1R_2}{(k_1+k_2)^2(R_1+R_2)}}$

$k_1 = \frac{1-\mu_1^2}{\pi E_1}$

$k_2 = \frac{1-\mu_2^2}{\pi E_2}$

เพราะฉะนั้นจะได้ว่า $\ddot{D} = -nn_1D^{\frac{3}{2}}$

เมื่อคูณด้วย $\dot{D}\left(=\frac{dD}{dt}\right)$ จะได้

$$\dot{D}\ddot{D} = -nn_1D^{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{1}{2}\frac{d(\dot{D})^2}{dt} = -nn_1D^{\frac{3}{2}}\frac{dD}{dt}$$

อินทีเกรดทั้งสองด้าน $\frac{1}{2}\int d\dot{D}^2 = -nn_1\int D^{\frac{3}{2}}dD$

ใช้กรอบเงื่อนไข

1. เมื่อเริ่มชนขีดจำกัดล่าง เมื่อเริ่มชนความเร็วเริ่มต้น $\dot{D}=V_0$ และการเปลี่ยนรูป $D = 0$

2. เมื่อชนไปจนถึงความเร็วของการชนเป็นศูนย์ขีดจำกัดบน $\dot{D}= 0$ และการเปลี่ยนรูป $D = D_{max}$

$$\frac{1}{2}\int_{V_0^2}^{\dot{D}^2}\dot{D}^2 = -nn_1\int_0^{D_{max}}D^{\frac{3}{2}}dD \qquad (ข1)$$

$$-\frac{1}{2}V_0^2 = \frac{2}{5}nn_1(D_{max})^{\frac{5}{2}}$$

$$D_{max} = \left(\frac{5}{4}\frac{1}{nn_1}V_0^2\right)^{\frac{2}{5}}$$

จากสมการผนวก (ข1)

$$\frac{1}{2}\int_{V_0^2}^{\dot{D}^2}\dot{D}^2 = -nn_1\int_0^D D^{\frac{3}{2}}dD$$

$$\frac{1}{2}\left(\dot{D}^2 - V_0^2\right) = -nn_1\left(\frac{2}{5}\left(D^{\frac{5}{2}} - 0\right)\right)$$

$$\dot{D}^2 = V_0^2 - nn_1\frac{4}{5}D^{\frac{5}{2}}$$

$$\dot{D} = \left(V_0^2 - nn_1\frac{4}{5}D^{\frac{5}{2}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$dt = \frac{dD}{\left(V_0^2 - nn_1\frac{4}{5}D^{\frac{5}{2}}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$dt = \frac{dD}{\left(V_0^2\left(1 - \frac{D^{\frac{5}{2}}}{nn_1\frac{5}{4}}\right)\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$dt = \frac{dD}{\left(V_0^2\left(1-\frac{D^{\frac{5}{2}}}{(D_{max})^{\frac{5}{2}}}\right)\right)^{\frac{1}{2}}}$$

ระยะเวลาของการกระแทกสมนัยกับการเปลี่ยนรูป

$$\int_0^{t_{Dmax}} dt = \frac{1}{V_0}\int_0^{D_{max}} \frac{dD}{\left(1-\frac{D^{\frac{5}{2}}}{(D_{max})^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

เมื่อ $\Gamma(n) = \int_0^\infty x^{n-1}e^{-x}dx$ เมื่อ $n > 0$

$$t_{Dmax} = \frac{1}{V_0}\left[D_{max}\frac{\sqrt{\pi}\,\Gamma\left[\frac{7}{5}\right]}{\Gamma\left[\frac{9}{10}\right]}\right]$$

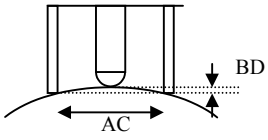
$$= 1.47164\frac{D_{max}}{V_0}$$

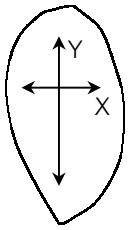
ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าต่าง ๆ

ตัวอย่างการคำนวณ

การหารัศมีความโค้งของผลไม้ (น้ำดอกไม้ 75 วันผลที่1)





ความเร่ง, A = $0.727539 \times 10^3 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}^2}$ เวลา, t = 0.95 มิลลิวินาที

ความสูง, h = 0.02 เมตร ความเร็ว, v = $0.63 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}}$

ความเร่งโน้นถ่วง, g = $9.807 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}^2}$ อัตราส่วนปัวซอง, μ = 0.45

น้ำหนักหัวกระแทก, m_1 = 12.97 กรัม AC = 1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร

BD_Y = 0.053 inch R_1 = 3 มิลลิเมตร

หมายเหตุ A และ t ได้จากทำการทดลอง

μ ของมะม่วงกำหนดขึ้น

$$r = \frac{(AC)^2}{8BD} + \frac{BD}{2} \qquad \text{(ค1)}$$

$$r = \frac{(25.4)^2}{8 \times 0.053 \times 25.4} + \frac{0.053 \times 25.4}{2}$$

$$r = \frac{645.16}{10.7696} + \frac{1.3462}{2}$$

$$r = 59.9057 + 0.6731$$

$$r = 60.5788 \text{ มิลลิเมตร}$$

<u>การหาแรงที่กระทำกับผลไม้ (น้ำดอกไม้ 75 วันผลที่ 1)</u>

$$F = mA$$

$$F = \frac{12.97}{1000} \times 0.727539 \times 10^{3}$$

$F = 9.436181$ นิวตัน

<u>การหาการเปลี่ยนรูปของผลไม้ (น้ำดอกไม้ 75 วันผลที่1)</u>

สมการ $t = 1.47\frac{D}{V}$ ถูกสร้างจากหลักวัสดุยืดหยุ่นสมบูรณ์ซึ่งการเปลี่ยนรูปจะสมนัยกับแรง และแรงแปรผันตรงกับความเร่งเพราะฉะนั้นจุดที่เกิดการเปลี่ยนรูปมากที่สุดคือจุดที่เกิดแรงกระทำมากที่สุด

$$t = 1.47\frac{D}{V}$$

$$D = \frac{0.63}{1.47} x \frac{0.95}{1000}$$

$D = 4.07 \times 10^{-4}$ เมตร

<u>การหาดัชนีความแน่นเนื้อของผลไม้ (น้ำดอกไม้ 75 วันผลที่1)</u>

$$\text{ดัชนีความแน่นเนื้อ} = \frac{A}{t}$$

$$\text{ดัชนีความแน่นเนื้อ} = \frac{0.727539}{0.95}$$

$$\text{ดัชนีความแน่นเนื้อ} = 0.765831 \times 10^{6} \ \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}^3}$$

<u>การหาโมดูลัสยังของผลไม้ (น้ำดอกไม้ 75 วันผลที่1)</u>

$$E = \frac{3}{4}\frac{F(1-\mu^2)}{D^{1.5}}\left(\frac{1}{R_1}\right)^{0.5}$$

$$E = \frac{3}{4}\frac{9.44\times(1-0.45^2)}{\left(4\times10^{-4}\right)^{1.5}}\left(\frac{1000}{3}\right)^{0.5}$$

$$E = \frac{3}{4}\frac{9.44\times(0.7975)}{8\times10^{-6}}(333.3333)^{0.5}$$

$$E = \frac{3}{4}\frac{9.44\times(0.7975)}{8\times10^{-6}}18.2574$$

E = 12,885,844.70 ปาสคาล

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดสอบ

<u>ตารางผนวกที่ ง1</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 75 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	223.52	130.00	64.35	60.58	30.26	45.42	0.727539	0.95	0.765831	0.40	9.44	1.3E+07
2	234.28	135.25	65.50	56.43	33.02	44.72	0.742187	1.00	0.742187	0.43	9.63	1.2E+07
3	214.60	131.50	63.85	79.88	34.63	57.26	0.823975	0.95	0.867342	0.40	10.69	1.4E+07
4	257.01	136.55	69.25	81.91	36.05	58.98	0.791016	1.05	0.753349	0.45	10.26	1.2E+07
5	224.45	136.75	65.10	71.13	33.02	52.07	0.744629	0.95	0.783820	0.40	9.66	1.3E+07
6	203.61	127.10	62.40	68.15	29.77	48.96	0.778809	0.90	0.865343	0.38	10.10	1.5E+07
7	324.67	147.10	76.45	79.88	41.70	60.79	0.880127	1.10	0.800115	0.47	11.42	1.2E+07
8	238.57	128.55	69.40	58.43	32.72	45.57	0.917969	1.00	0.917969	0.43	11.91	1.5E+07
9	204.67	128.20	61.60	96.63	30.26	63.45	0.871582	1.10	0.792347	0.47	11.30	1.2E+07
10	293.25	136.20	71.90	74.38	34.63	54.51	0.899658	0.95	0.947008	0.40	11.67	1.6E+07
11	182.72	115.40	61.85	72.72	30.77	51.74	0.869141	1.00	0.869141	0.43	11.27	1.4E+07
12	222.94	123.55	61.20	60.58	31.85	46.21	0.917969	0.95	0.966283	0.40	11.91	1.6E+07
13	192.23	120.30	60.90	60.58	27.18	43.88	0.916748	0.95	0.964998	0.40	11.89	1.6E+07
14	196.48	116.35	66.00	58.43	32.42	45.42	0.880127	1.00	0.880127	0.43	11.42	1.4E+07
15	205.78	121.65	65.90	64.14	33.02	48.58	0.932617	1.00	0.932617	0.43	12.10	1.5E+07
16	231.60	141.40	64.90	53.68	19.92	36.80	0.886230	1.00	0.886230	0.43	11.49	1.4E+07
17	210.01	130.90	65.60	62.90	32.42	47.66	0.886230	0.95	0.932874	0.40	11.49	1.5E+07
18	325.28	146.45	73.20	66.76	31.85	49.30	0.888672	0.95	0.935444	0.40	11.53	1.5E+07
19	264.75	122.00	72.90	71.13	42.74	56.93	0.927734	1.00	0.927734	0.43	12.03	1.5E+07
20	260.35	128.00	71.70	57.41	36.42	46.91	0.955811	0.95	1.006117	0.40	12.40	1.7E+07
Sum	4710.77	2603.20	1333.95	1355.70	654.65	1005.17	17.24	19.70	17.54	8.39	223.59	2.9E+08
Ave	235.54	130.16	66.70	67.79	32.73	50.26	0.86	0.99	0.88	0.42	11.18	1.4E+07
SD	40.94	8.99	4.57	10.81	4.78	6.64	0.07	0.05	0.08	0.02	0.90	1.5E+06
CV	17.38%	6.91%	6.85%	15.94%	14.60%	13.22%	8.03%	5.23%	9.03%	5.23%	8.03%	10.35%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง2 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 77 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	248.97	125.75	69.80	77.96	19.28	48.62	0.803223	0.95	0.845498	0.40	10.42	1.4E+07
2	202.86	129.55	62.50	52.82	30.26	41.54	0.799561	0.95	0.841643	0.40	10.37	1.4E+07
3	230.01	129.00	68.00	58.43	18.62	38.52	0.870361	0.80	1.087951	0.34	11.29	2.0E+07
4	270.97	136.30	68.80	68.15	30.26	49.21	0.793457	0.95	0.835218	0.40	10.29	1.4E+07
5	255.98	142.20	67.35	76.13	30.26	53.19	0.799561	1.00	0.799561	0.43	10.37	1.3E+07
6	282.09	145.00	69.40	81.91	34.63	58.27	0.854492	0.95	0.899465	0.40	11.08	1.5E+07
7	226.90	131.10	66.50	56.43	31.57	44.00	0.775146	1.00	0.775146	0.43	10.05	1.2E+07
8	233.24	130.50	65.10	55.48	31.30	43.39	0.782471	0.95	0.823654	0.40	10.15	1.4E+07
9	217.30	131.25	62.35	50.42	29.77	40.10	0.755615	0.95	0.795384	0.40	9.80	1.3E+07
10	287.69	136.90	72.95	81.91	33.64	57.77	0.834961	0.90	0.927734	0.38	10.83	1.6E+07
11	203.22	125.00	62.75	55.48	28.62	42.05	0.871582	1.00	0.871582	0.43	11.30	1.4E+07
12	230.30	132.15	64.60	61.72	30.51	46.12	0.906982	0.95	0.954718	0.40	11.76	1.6E+07
13	241.95	137.20	65.00	65.42	33.02	49.22	0.806885	1.00	0.806885	0.43	10.47	1.3E+07
14	221.64	131.80	64.40	62.90	32.72	47.81	0.797119	0.90	0.885688	0.38	10.34	1.5E+07
15	303.32	145.30	70.55	57.41	34.63	46.02	0.870361	1.00	0.870361	0.43	11.29	1.4E+07
16	218.21	127.65	65.85	64.14	31.57	47.85	0.926514	0.95	0.975278	0.40	12.02	1.6E+07
17	204.45	117.30	63.00	51.20	28.41	39.80	0.877686	0.90	0.975207	0.38	11.38	1.7E+07
18	246.00	131.60	61.80	65.42	32.42	48.92	0.838623	1.00	0.838623	0.43	10.88	1.4E+07
19	242.01	122.70	67.20	79.88	36.42	58.15	0.632324	0.90	0.702582	0.38	8.20	1.2E+07
20	202.13	126.20	62.20	61.72	30.01	45.87	0.776367	0.95	0.817228	0.40	10.07	1.4E+07
Sum	4769.24	2634.45	1320.10	1284.90	607.92	946.41	16.37	18.95	17.33	8.07	212.36	2.9E+08
Ave	238.46	131.72	66.01	64.25	30.40	47.32	0.82	0.95	0.87	0.40	10.62	1.4E+07
SD	29.48	7.18	3.19	10.30	4.43	5.95	0.06	0.05	0.09	0.02	0.84	1.7E+06
CV	12.36%	5.45%	4.84%	16.04%	14.57%	12.57%	7.87%	5.27%	9.95%	5.27%	7.87%	12.13%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง3</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 79 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	194.63	123.60	61.10	91.16	31.57	61.37	0.877686	0.95	0.923880	0.40	11.38	1.5E+07
2	191.46	121.40	60.85	60.58	27.38	43.98	0.871582	0.80	1.089478	0.34	11.30	2.0E+07
3	144.02	107.90	56.30	52.00	24.61	38.30	0.776367	0.95	0.817228	0.40	10.07	1.4E+07
4	188.62	122.25	61.80	77.96	32.72	55.34	0.877686	0.90	0.975207	0.38	11.38	1.7E+07
5	307.62	142.65	72.40	88.65	36.80	62.73	0.882568	1.00	0.882568	0.43	11.45	1.4E+07
6	150.46	101.85	58.85	88.65	31.30	59.98	0.878906	1.00	0.878906	0.43	11.40	1.4E+07
7	183.82	123.00	59.10	64.14	27.98	46.06	0.858154	1.05	0.817290	0.45	11.13	1.3E+07
8	319.88	132.70	75.40	91.16	41.19	66.18	0.864258	1.00	0.864258	0.43	11.21	1.4E+07
9	149.70	111.20	57.25	65.42	30.26	47.84	0.928955	1.00	0.928955	0.43	12.05	1.5E+07
10	245.16	133.95	66.85	69.61	32.13	50.87	0.935059	1.00	0.935059	0.43	12.13	1.5E+07
11	264.34	127.25	70.35	71.13	38.86	55.00	0.949707	0.95	0.999692	0.40	12.32	1.7E+07
12	216.18	126.00	63.30	66.76	32.72	49.74	0.917969	1.00	0.917969	0.43	11.91	1.5E+07
13	233.01	128.50	63.85	69.61	30.01	49.81	0.832520	1.00	0.832520	0.43	10.80	1.3E+07
14	217.75	134.10	64.15	68.15	34.63	51.39	0.860596	1.00	0.860596	0.43	11.16	1.4E+07
15	182.48	124.20	68.40	57.41	30.77	44.09	0.788574	1.00	0.788574	0.43	10.23	1.3E+07
16	206.21	133.95	68.40	72.72	33.02	52.87	0.850830	1.05	0.810314	0.45	11.04	1.3E+07
17	259.54	135.60	56.15	71.13	32.72	51.92	0.870361	1.00	0.870361	0.43	11.29	1.4E+07
18	189.98	122.35	61.10	66.76	31.85	49.30	0.874023	0.95	0.920024	0.40	11.34	1.5E+07
19	216.60	126.80	65.00	66.76	35.32	51.04	0.838623	1.00	0.838623	0.43	10.88	1.4E+07
20	201.52	124.80	61.35	54.56	26.99	40.78	0.832520	1.05	0.792876	0.45	10.80	1.2E+07
Sum	4262.98	2504.05	1271.95	1414.28	642.83	1028.56	17.37	19.65	17.74	8.37	225.25	2.9E+08
Ave	213.15	125.20	63.60	70.71	32.14	51.43	0.87	0.98	0.89	0.42	11.26	1.4E+07
SD	47.69	9.73	5.34	11.60	3.98	7.24	0.04	0.06	0.08	0.02	0.57	1.7E+06
CV	22.38%	7.77%	8.39%	16.40%	12.39%	14.07%	5.05%	5.78%	8.58%	5.78%	5.05%	11.63%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง4</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 81 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	247.45	122.00	71.45	71.13	42.74	56.93	0.777588	0.95	0.818514	0.40	10.09	1.4E+07
2	198.72	132.00	60.65	59.48	30.26	44.87	0.800781	0.80	1.000976	0.34	10.39	1.8E+07
3	199.85	124.40	63.00	71.13	19.92	45.53	0.898437	0.85	1.056985	0.36	11.65	1.8E+07
4	347.10	150.00	75.30	91.16	41.70	66.43	0.885010	1.00	0.885010	0.43	11.48	1.4E+07
5	298.41	138.45	71.10	71.13	34.97	53.05	0.870361	0.95	0.916169	0.40	11.29	1.5E+07
6	194.96	132.20	60.40	71.13	53.68	62.40	0.762939	0.95	0.803094	0.40	9.90	1.3E+07
7	246.50	130.50	68.00	122.45	36.42	79.43	0.908203	0.90	1.009114	0.38	11.78	1.7E+07
8	235.08	131.85	64.10	68.15	46.25	57.20	0.958252	0.90	1.064724	0.38	12.43	1.8E+07
9	283.49	133.30	70.00	76.13	38.86	57.50	0.981445	0.90	1.090494	0.38	12.73	1.9E+07
10	215.02	127.50	64.00	88.65	34.29	61.47	0.920410	1.00	0.920410	0.43	11.94	1.5E+07
11	244.38	134.00	67.00	60.58	64.14	62.36	0.936279	0.90	1.040310	0.38	12.14	1.8E+07
12	314.79	145.15	72.00	76.13	38.43	57.28	0.891130	0.95	0.938032	0.40	11.56	1.5E+07
13	257.09	132.00	66.10	66.76	79.88	73.32	0.826416	0.95	0.869912	0.40	10.72	1.4E+07
14	202.34	118.30	64.40	57.41	33.64	45.53	0.747070	0.85	0.878906	0.36	9.69	1.5E+07
15	281.02	141.40	70.15	81.91	38.43	60.17	0.985107	0.95	1.036955	0.40	12.78	1.7E+07
16	270.85	127.85	70.60	61.72	34.63	48.17	0.906982	1.00	0.906982	0.43	11.76	1.5E+07
17	202.28	118.00	62.45	69.61	53.68	61.64	0.872803	0.95	0.918740	0.40	11.32	1.5E+07
18	175.31	110.00	60.30	66.76	19.12	42.94	0.906982	0.95	0.954718	0.40	11.76	1.6E+07
19	229.10	130.65	64.90	66.76	33.02	49.89	0.882568	0.95	0.929019	0.40	11.45	1.5E+07
20	250.25	135.75	66.10	71.13	79.88	75.51	0.911865	1.00	0.911865	0.43	11.83	1.5E+07
Sum	4893.99	2615.30	1332.00	1469.26	853.95	1161.61	17.63	18.65	18.95	7.95	228.67	3.2E+08
Ave	244.70	130.77	66.60	73.46	42.70	58.08	0.88	0.93	0.95	0.40	11.43	1.6E+07
SD	44.85	9.41	4.33	14.49	16.50	10.36	0.07	0.05	0.08	0.02	0.88	1.7E+06
CV	18.33%	7.20%	6.50%	19.73%	38.64%	17.84%	7.68%	5.84%	8.65%	5.84%	7.68%	10.49%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง5</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 83 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	291.05	143.20	68.75	81.91	34.97	58.44	0.909424	0.95	0.957288	0.40	11.80	1.6E+07
2	203.17	140.00	60.85	69.61	32.13	50.87	0.906982	1.00	0.906982	0.43	11.76	1.5E+07
3	224.02	131.75	61.60	106.21	34.29	70.25	0.919189	0.95	0.967567	0.40	11.92	1.6E+07
4	195.82	117.70	62.50	74.38	34.63	54.51	0.936279	0.95	0.985557	0.40	12.14	1.6E+07
5	199.34	119.60	61.60	72.72	29.30	51.01	0.941162	0.95	0.990697	0.40	12.21	1.6E+07
6	197.66	115.85	63.20	86.28	40.23	63.25	1.140284	0.85	1.341511	0.36	14.79	2.3E+07
7	211.55	125.85	63.70	79.88	33.02	56.45	0.908203	0.95	0.956003	0.40	11.78	1.6E+07
8	277.63	136.10	71.40	56.43	32.42	44.42	0.922852	0.90	1.025391	0.38	11.97	1.7E+07
9	273.86	127.60	73.35	76.13	40.23	58.18	0.946045	1.00	0.946045	0.43	12.27	1.5E+07
10	244.43	134.75	66.10	60.58	32.72	46.65	0.948486	0.95	0.998406	0.40	12.30	1.6E+07
11	221.20	129.25	62.70	68.15	31.85	50.00	0.943604	0.95	0.993267	0.40	12.24	1.6E+07
12	212.33	129.20	62.30	71.13	31.57	51.35	0.903320	0.95	0.950863	0.40	11.72	1.6E+07
13	187.89	127.00	60.10	71.13	30.51	50.82	0.874023	1.05	0.832403	0.45	11.34	1.3E+07
14	196.75	123.10	62.85	64.14	31.57	47.85	0.910645	1.00	0.910645	0.43	11.81	1.5E+07
15	225.23	126.20	64.80	51.20	28.19	39.69	0.927734	0.95	0.976562	0.40	12.03	1.6E+07
16	253.09	136.40	65.25	62.90	35.68	49.29	0.942383	0.95	0.991982	0.40	12.22	1.6E+07
17	204.15	124.50	60.70	52.82	30.51	41.67	0.876465	1.00	0.876465	0.43	11.37	1.4E+07
18	222.71	118.30	67.20	60.58	34.97	47.77	0.933838	0.95	0.982987	0.40	12.11	1.6E+07
19	224.11	135.40	62.30	71.13	30.26	50.69	0.897217	1.00	0.897217	0.43	11.64	1.4E+07
20	175.54	119.30	59.00	71.13	30.77	50.95	0.943604	0.95	0.993267	0.40	12.24	1.6E+07
Sum	4441.53	2561.05	1280.25	1408.42	659.83	1034.12	18.63	19.20	19.48	8.18	241.65	3.2E+08
Ave	222.08	128.05	64.01	70.42	32.99	51.71	0.93	0.96	0.97	0.41	12.08	1.6E+07
SD	31.35	7.84	3.74	12.52	3.18	7.11	0.05	0.04	0.10	0.02	0.70	2.0E+06
CV	14.11%	6.12%	5.84%	17.79%	9.63%	13.76%	5.79%	4.34%	10.15%	4.34%	5.79%	12.55%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง6 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 85 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	252.45	137.80	67.75	64.14	30.51	47.32	0.904541	1	0.904541	0.43	11.73	1.5E+07
2	288.44	141.40	68.50	88.65	32.72	60.68	1.013184	0.90	1.125760	0.38	13.14	1.9E+07
3	259.49	131.50	68.80	65.42	33.96	49.69	0.942383	0.95	0.991982	0.40	12.22	1.6E+07
4	255.93	138.85	64.40	66.76	31.03	48.89	0.922852	0.95	0.971423	0.40	11.97	1.6E+07
5	224.05	135.75	64.80	51.20	25.23	38.21	0.822754	1.05	0.783575	0.45	10.67	1.2E+07
6	211.51	132.05	61.70	79.88	29.07	54.48	0.902100	1.00	0.902100	0.43	11.70	1.5E+07
7	245.84	138.40	65.10	58.43	31.85	45.14	0.895996	1.00	0.895996	0.43	11.62	1.4E+07
8	270.98	134.40	70.00	76.13	33.64	54.89	0.966797	0.95	1.017681	0.40	12.54	1.7E+07
9	245.92	144.00	64.80	77.96	33.64	55.80	0.920410	1.00	0.920410	0.43	11.94	1.5E+07
10	186.33	120.90	60.20	61.72	27.98	44.85	0.852051	1.05	0.811477	0.45	11.05	1.3E+07
11	302.03	132.40	72.70	72.72	38.43	55.58	0.911865	0.95	0.959858	0.40	11.83	1.6E+07
12	243.81	126.75	65.85	66.76	32.42	49.59	0.900879	0.95	0.948294	0.40	11.68	1.6E+07
13	195.92	122.80	60.80	66.76	31.03	48.89	0.909424	1.00	0.909424	0.43	11.80	1.5E+07
14	217.48	129.30	62.90	72.72	30.77	51.74	0.909424	0.90	1.010471	0.38	11.80	1.7E+07
15	195.03	126.30	62.00	81.91	30.51	56.21	0.821533	1.05	0.782412	0.45	10.66	1.2E+07
16	229.75	122.50	66.10	79.88	31.03	55.46	0.950928	0.90	1.056587	0.38	12.33	1.8E+07
17	265.52	129.85	69.50	81.91	34.63	58.27	0.936279	0.95	0.985557	0.40	12.14	1.6E+07
18	255.29	133.30	66.20	76.13	33.33	54.73	0.816650	1.15	0.710130	0.49	10.59	1.1E+07
19	236.17	130.40	63.40	65.42	30.26	47.84	0.914307	1.00	0.914307	0.43	11.86	1.5E+07
20	194.01	122.90	59.50	61.72	29.77	45.74	0.925293	0.95	0.973993	0.40	12.00	1.6E+07
Sum	4775.95	2631.55	1305.00	1416.18	631.83	1024.01	18.14	19.65	18.58	8.37	235.27	3.0E+08
Ave	238.80	131.58	65.25	70.81	31.59	51.20	0.91	0.98	0.93	0.42	11.76	1.5E+07
SD	32.07	6.60	3.55	9.46	2.75	5.51	0.05	0.06	0.10	0.03	0.63	2.0E+06
CV	13.43%	5.02%	5.44%	13.36%	8.71%	10.77%	5.40%	6.24%	10.75%	6.24%	5.40%	13.49%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง7 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 87 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	235.50	132.20	65.40	66.76	31.85	49.30	0.935059	0.95	0.984273	0.40	12.13	1.6E+07
2	246.30	126.00	66.85	55.48	30.26	42.87	0.927734	0.95	0.976562	0.40	12.03	1.6E+07
3	276.94	133.90	69.10	60.58	34.63	47.60	0.976562	0.95	1.027960	0.40	12.67	1.7E+07
4	304.35	145.40	71.40	65.42	30.01	47.72	0.935059	1.00	0.935059	0.43	12.13	1.5E+07
5	200.34	126.10	62.50	57.41	27.98	42.69	0.970459	0.95	1.021536	0.40	12.59	1.7E+07
6	232.34	137.40	74.40	74.38	33.02	53.70	0.927734	1.00	0.927734	0.43	12.03	1.5E+07
7	223.50	122.30	64.40	55.48	30.26	42.87	0.908203	1.00	0.908203	0.43	11.78	1.5E+07
8	251.62	132.70	66.20	52.82	27.78	40.30	0.991211	0.90	1.101346	0.38	12.86	1.9E+07
9	222.48	126.10	63.00	52.82	30.51	41.67	0.919189	1.00	0.919189	0.43	11.92	1.5E+07
10	130.73	105.50	51.80	64.14	25.23	44.68	0.986328	0.90	1.095920	0.38	12.79	1.9E+07
11	238.02	134.40	63.70	47.55	27.78	37.67	0.938721	0.95	0.988127	0.40	12.18	1.6E+07
12	247.43	127.70	67.40	54.56	32.42	43.49	0.958252	0.95	1.008686	0.40	12.43	1.7E+07
13	159.63	119.20	56.80	46.25	26.99	36.62	0.798340	1.05	0.760324	0.45	10.35	1.2E+07
14	234.07	122.10	64.50	57.41	31.30	44.35	0.922852	0.95	0.971423	0.40	11.97	1.6E+07
15	250.77	133.20	67.00	57.41	31.57	44.49	0.913086	1.00	0.913086	0.43	11.84	1.5E+07
16	270.96	132.90	68.20	55.48	29.07	42.27	0.899658	0.95	0.947008	0.40	11.67	1.6E+07
17	160.08	115.50	59.00	53.68	28.84	41.26	0.834961	1.00	0.834961	0.43	10.83	1.3E+07
18	195.82	117.60	61.60	54.56	28.41	41.48	0.913086	0.95	0.961143	0.40	11.84	1.6E+07
19	182.71	115.10	59.95	48.94	27.18	38.06	0.926514	0.95	0.975278	0.40	12.02	1.6E+07
20	189.20	123.30	59.95	49.67	29.07	39.37	0.987549	0.90	1.097277	0.38	12.81	1.9E+07
Sum	4452.79	2528.60	1283.15	1130.80	594.16	862.48	18.57	19.25	19.36	8.20	240.86	3.2E+08
Ave	222.64	126.43	64.16	56.54	29.71	43.12	0.93	0.96	0.97	0.41	12.04	1.6E+07
SD	43.32	9.24	5.18	6.94	2.32	4.14	0.05	0.04	0.08	0.02	0.62	1.7E+06
CV	19.46%	7.31%	8.07%	12.28%	7.80%	9.61%	5.15%	4.09%	8.64%	4.09%	5.15%	10.52%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง8 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 89 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	306.36	137.85	75.60	81.91	36.05	58.98	0.957031	0.95	1.007401	0.40	12.41	1.7E+07
2	244.04	132.00	64.25	79.88	39.31	59.60	0.937500	0.95	0.986842	0.40	12.16	1.6E+07
3	212.72	117.35	63.60	91.16	34.63	62.89	0.952148	0.95	1.002261	0.40	12.35	1.7E+07
4	299.15	137.70	72.20	93.81	38.86	66.34	0.927734	0.95	0.976562	0.40	12.03	1.6E+07
5	147.35	106.30	58.40	81.91	33.64	57.77	0.781250	1.15	0.679348	0.49	10.13	1.0E+07
6	239.33	130.40	64.80	66.76	33.64	50.20	0.928955	0.95	0.977847	0.40	12.05	1.6E+07
7	243.23	131.00	66.20	84.04	36.42	60.23	0.911865	1.00	0.911865	0.43	11.83	1.5E+07
8	224.22	125.50	64.85	113.75	37.60	75.67	0.930176	1.00	0.930176	0.43	12.06	1.5E+07
9	277.29	125.85	72.00	81.91	41.19	61.55	0.979604	0.90	1.088449	0.38	12.71	1.8E+07
10	359.54	143.00	76.20	113.75	41.70	77.72	0.998535	0.95	1.051089	0.40	12.95	1.7E+07
11	295.84	134.60	70.30	91.16	38.01	64.58	0.955811	0.95	1.006117	0.40	12.40	1.7E+07
12	262.42	134.50	68.50	109.85	43.85	76.85	0.921631	0.95	0.970138	0.40	11.95	1.6E+07
13	244.67	130.30	66.20	77.96	36.05	57.00	0.882568	1.05	0.840541	0.45	11.45	1.3E+07
14	330.73	135.85	75.75	102.81	43.85	73.33	0.932617	1.00	0.932617	0.43	12.10	1.5E+07
15	261.13	130.40	67.20	93.81	33.64	63.73	0.972900	0.95	1.024105	0.40	12.62	1.7E+07
16	211.87	118.00	67.00	102.81	41.70	72.25	0.987549	0.95	1.039525	0.40	12.81	1.7E+07
17	203.99	117.00	67.90	88.65	39.31	63.98	0.968018	0.95	1.018966	0.40	12.56	1.7E+07
18	264.86	139.60	68.30	109.85	43.85	76.85	0.947266	1.00	0.947266	0.43	12.29	1.5E+07
19	233.96	128.50	65.70	96.63	36.80	66.72	0.963135	0.95	1.013826	0.40	12.49	1.7E+07
20	213.23	126.30	65.00	91.16	36.05	63.60	0.942383	0.95	0.991982	0.40	12.22	1.6E+07
Sum	5075.93	2582.00	1359.95	1853.56	766.13	1309.84	18.78	19.45	19.40	8.29	243.56	3.2E+08
Ave	253.80	129.10	68.00	92.68	38.31	65.49	0.94	0.97	0.97	0.41	12.18	1.6E+07
SD	48.75	8.99	4.55	12.98	3.45	7.69	0.05	0.05	0.09	0.02	0.60	1.8E+06
CV	19.21%	6.96%	6.68%	14.00%	9.01%	11.74%	4.91%	5.40%	9.02%	5.40%	4.91%	11.03%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง9</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 91 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	218.37	122.40	63.50	61.72	29.07	45.39	1.036377	0.9	1.151530	0.38	13.44	2.0E+07
2	345.83	154.55	72.70	62.90	31.57	47.24	0.979004	0.95	1.030531	0.40	12.70	1.7E+07
3	295.66	128.50	69.30	60.58	31.30	45.94	1.003418	0.95	1.056229	0.40	13.01	1.7E+07
4	328.40	147.60	71.30	81.91	31.85	56.88	0.917969	1.00	0.917969	0.43	11.91	1.5E+07
5	300.16	135.20	70.40	65.42	34.97	50.19	1.046143	0.95	1.101203	0.40	13.57	1.8E+07
6	258.42	129.00	68.85	60.58	36.05	48.31	0.963135	0.95	1.013826	0.40	12.49	1.7E+07
7	246.65	130.40	67.60	60.58	34.97	47.77	0.946045	0.95	0.995837	0.40	12.27	1.6E+07
8	238.39	126.70	65.80	59.48	31.85	45.67	0.971680	0.90	1.079644	0.38	12.60	1.8E+07
9	263.90	133.40	66.60	58.43	36.42	47.42	0.963135	0.90	1.070150	0.38	12.49	1.8E+07
10	217.50	125.00	62.50	56.43	29.07	42.75	1.053467	0.90	1.170519	0.38	13.66	2.0E+07
11	246.02	126.70	68.00	54.56	29.77	42.17	0.996094	0.85	1.171875	0.36	12.92	2.0E+07
12	254.84	126.10	66.20	52.00	31.57	41.78	1.005859	0.95	1.058799	0.40	13.05	1.7E+07
13	333.85	140.30	76.10	60.58	34.63	47.60	1.031494	0.90	1.146104	0.38	13.38	1.9E+07
14	248.66	132.60	65.95	60.58	31.85	46.21	0.942383	1.00	0.942383	0.43	12.22	1.5E+07
15	200.86	114.70	61.80	62.90	27.18	45.04	0.980225	0.90	1.089139	0.38	12.71	1.8E+07
16	217.52	118.00	62.95	65.42	29.07	47.24	0.981445	0.90	1.090494	0.38	12.73	1.9E+07
17	213.68	129.50	61.40	57.41	27.98	42.69	0.881348	1.05	0.839379	0.45	11.43	1.3E+07
18	220.27	129.80	64.00	57.41	27.78	42.59	1.002197	0.95	1.054944	0.40	13.00	1.7E+07
19	236.55	124.30	65.30	58.43	28.19	43.31	0.966792	0.95	1.017676	0.40	12.54	1.7E+07
20	175.17	113.45	58.80	47.55	29.77	38.66	0.970459	0.95	1.021536	0.40	12.59	1.7E+07
Sum	5060.70	2588.20	1329.05	1204.85	624.91	914.88	19.64	18.75	21.02	7.99	254.71	3.5E+08
Ave	253.04	129.41	66.45	60.24	31.25	45.74	0.98	0.94	1.05	0.40	12.74	1.8E+07
SD	46.30	9.91	4.23	6.64	2.88	3.83	0.04	0.05	0.08	0.02	0.55	1.8E+06
CV	18.30%	7.66%	6.36%	11.03%	9.21%	8.38%	4.34%	4.86%	8.05%	4.86%	4.34%	10.15%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง10 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 93 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	383.08	147.10	77.95	71.13	35.68	53.40	0.983887	0.9	1.093208	0.38	12.76	1.9E+07
2	216.26	123.10	63.50	54.56	29.53	42.05	0.882568	0.95	0.929019	0.40	11.45	1.5E+07
3	275.61	134.50	68.80	76.13	32.72	54.42	0.998535	0.90	1.109483	0.38	12.95	1.9E+07
4	322.39	136.40	73.00	91.16	34.63	62.89	0.966797	0.95	1.017681	0.40	12.54	1.7E+07
5	236.79	131.00	65.10	61.72	31.03	46.37	0.885010	1.00	0.885010	0.43	11.48	1.4E+07
6	269.73	135.00	70.40	56.43	33.33	44.88	0.893555	0.95	0.940584	0.40	11.59	1.6E+07
7	228.25	128.90	62.75	60.58	29.30	44.94	0.935059	1.00	0.935059	0.43	12.13	1.5E+07
8	190.98	128.50	59.10	76.13	31.30	53.71	0.926514	1.00	0.926514	0.43	12.02	1.5E+07
9	237.46	125.85	63.70	64.14	30.77	47.45	0.865479	1.00	0.865479	0.43	11.23	1.4E+07
10	230.32	130.20	65.75	49.67	27.18	38.43	0.859375	1.00	0.859375	0.43	11.15	1.4E+07
11	316.31	135.65	72.20	61.72	35.68	48.70	0.942383	0.95	0.991982	0.40	12.22	1.6E+07
12	305.98	142.25	72.15	74.38	34.63	54.51	0.948486	1.00	0.948486	0.43	12.30	1.5E+07
13	249.80	134.10	66.85	77.96	32.13	55.05	0.947266	0.90	1.052518	0.38	12.29	1.8E+07
14	367.94	151.15	76.20	62.90	32.42	47.66	0.926514	0.95	0.975278	0.40	12.02	1.6E+07
15	312.49	136.30	73.40	65.42	33.96	49.69	0.993652	0.90	1.104058	0.38	12.89	1.9E+07
16	266.87	131.70	69.65	62.90	30.51	46.71	0.891113	0.95	0.938014	0.40	11.56	1.5E+07
17	202.68	121.70	61.70	52.82	27.98	40.40	0.915527	0.95	0.963713	0.40	11.87	1.6E+07
18	226.62	128.50	63.00	68.15	27.78	47.96	0.933838	0.95	0.982987	0.40	12.11	1.6E+07
19	174.68	120.10	63.10	59.48	27.38	43.43	0.917969	0.95	0.966283	0.40	11.91	1.6E+07
20	196.38	116.70	60.20	59.48	28.62	44.05	0.886230	0.95	0.932874	0.40	11.49	1.5E+07
Sum	5210.62	2638.70	1348.50	1306.86	626.56	966.71	18.50	19.10	19.42	8.14	239.94	3.2E+08
Ave	260.53	131.94	67.43	65.34	31.33	48.34	0.92	0.96	0.97	0.41	12.00	1.6E+07
SD	58.29	8.61	5.47	10.03	2.78	5.91	0.04	0.04	0.07	0.02	0.53	1.5E+06
CV	22.37%	6.52%	8.11%	15.35%	8.87%	12.22%	4.43%	3.76%	7.52%	3.76%	4.43%	9.30%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง11 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 95 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	242.54	130.50	64.30	72.72	30.26	51.49	0.961914	0.95	1.012541	0.40	12.48	1.7E+07
2	296.19	132.85	70.70	69.61	33.02	51.31	0.931396	0.95	0.980417	0.40	12.08	1.6E+07
3	277.88	139.00	67.10	62.90	30.01	46.46	1.009521	0.90	1.121690	0.38	13.09	1.9E+07
4	237.83	123.85	67.00	79.88	32.42	56.15	0.900879	0.95	0.948294	0.40	11.68	1.6E+07
5	280.83	138.10	69.15	65.42	35.32	50.37	0.914307	1.00	0.914307	0.43	11.86	1.5E+07
6	242.66	134.80	63.65	64.14	29.30	46.72	0.902100	1.00	0.902100	0.43	11.70	1.5E+07
7	297.57	131.95	70.20	72.72	33.33	53.02	0.753174	1.15	0.654934	0.49	9.77	9.8E+06
8	153.36	105.95	58.00	56.43	27.18	41.80	0.952148	0.90	1.057942	0.38	12.35	1.8E+07
9	177.32	113.30	59.80	43.29	26.80	35.04	0.927734	0.90	1.030816	0.38	12.03	1.7E+07
10	165.72	106.50	58.00	43.29	26.07	34.68	0.948486	0.90	1.053873	0.38	12.30	1.8E+07
11	291.95	135.60	70.50	69.61	31.30	50.45	0.975342	0.95	1.026676	0.40	12.65	1.7E+07
12	281.07	132.20	74.90	54.56	31.03	42.80	1.020508	0.95	1.074219	0.40	13.24	1.8E+07
13	367.89	145.60	76.70	91.16	34.97	63.06	0.985107	0.95	1.036955	0.40	12.78	1.7E+07
14	365.20	144.00	75.50	77.96	34.97	56.47	0.993652	0.95	1.045949	0.40	12.89	1.7E+07
15	285.21	125.00	69.30	57.41	30.26	43.83	0.989990	0.90	1.099989	0.38	12.84	1.9E+07
16	235.62	128.75	64.50	53.68	29.07	41.37	0.977783	0.95	1.029245	0.40	12.68	1.7E+07
17	231.74	128.85	63.65	58.43	31.03	44.73	1.065674	0.90	1.184082	0.38	13.82	2.0E+07
18	222.88	127.75	62.30	57.41	29.07	43.24	0.946045	0.95	0.995837	0.40	12.27	1.6E+07
19	317.95	141.30	73.00	72.72	32.72	52.72	0.908203	1.05	0.864955	0.45	11.78	1.4E+07
20	353.58	172.85	74.85	52.82	33.64	43.23	1.010742	0.90	1.123047	0.38	13.11	1.9E+07
Sum	5324.99	2638.70	1353.10	1276.13	621.78	948.95	19.07	19.05	20.16	8.12	247.40	3.3E+08
Ave	266.25	131.94	67.66	63.81	31.09	47.45	0.95	0.95	1.01	0.41	12.37	1.7E+07
SD	60.95	14.56	5.78	12.21	2.72	7.16	0.06	0.06	0.11	0.03	0.84	2.3E+06
CV	22.89%	11.03%	8.55%	19.13%	8.75%	15.09%	6.76%	6.48%	11.33%	6.48%	6.76%	13.65%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง12 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 97 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	349.89	137.30	76.40	68.15	36.80	52.48	1.018066	0.95	1.071648	0.40	13.20	1.8E+07
2	302.77	144.20	72.50	60.58	38.01	49.29	0.959473	0.90	1.066081	0.38	12.44	1.8E+07
3	207.04	129.10	63.00	65.42	27.78	46.60	0.905762	0.90	1.006402	0.38	11.75	1.7E+07
4	214.29	120.00	65.00	66.76	37.20	51.98	0.747070	1.15	0.649626	0.49	9.69	9.8E+06
5	322.39	139.55	73.70	68.15	33.33	50.74	0.885010	0.95	0.931589	0.40	11.48	1.5E+07
6	260.25	136.60	66.30	86.28	31.85	59.07	0.957031	0.95	1.007401	0.40	12.41	1.7E+07
7	273.39	137.80	70.85	60.58	33.96	47.27	0.900879	1.00	0.900879	0.43	11.68	1.5E+07
8	291.46	140.60	70.20	64.14	33.96	49.05	0.864258	1.05	0.823103	0.45	11.21	1.3E+07
9	311.34	134.60	73.50	61.72	38.86	50.29	0.931396	0.95	0.980417	0.40	12.08	1.6E+07
10	246.48	133.50	65.70	64.14	31.57	47.85	0.904541	1.00	0.904541	0.43	11.73	1.5E+07
11	180.75	116.60	59.50	81.91	26.43	54.17	0.968018	0.90	1.075576	0.38	12.56	1.8E+07
12	180.68	113.40	59.75	61.72	26.99	44.35	1.018066	0.90	1.131184	0.38	13.20	1.9E+07
13	275.96	132.50	71.40	77.96	36.42	57.19	0.960693	0.95	1.011256	0.40	12.46	1.7E+07
14	223.65	126.60	63.00	65.42	31.03	48.23	0.775146	1.05	0.738234	0.45	10.05	1.2E+07
15	294.08	132.30	73.00	74.38	37.60	55.99	0.943604	0.95	0.993267	0.40	12.24	1.6E+07
16	255.57	127.00	67.30	57.41	27.98	42.69	0.955811	0.95	1.006117	0.40	12.40	1.7E+07
17	332.36	138.30	75.80	76.13	32.42	54.28	0.979004	0.95	1.030531	0.40	12.70	1.7E+07
18	282.34	131.20	69.40	66.76	33.96	50.36	0.893555	0.95	0.940584	0.40	11.59	1.6E+07
19	228.80	120.00	67.45	54.56	30.77	42.67	0.895996	0.95	0.943154	0.40	11.62	1.6E+07
20	184.76	101.85	61.35	58.43	26.99	42.71	0.975342	1.05	0.928897	0.45	12.65	1.5E+07
Sum	5311.00	2618.35	1372.35	1336.70	661.91	999.31	18.37	19.35	19.11	8.24	238.22	3.1E+08
Ave	265.55	130.92	68.62	66.84	33.10	49.97	0.92	0.97	0.96	0.41	11.91	1.6E+07
SD	48.35	8.42	4.96	8.63	3.81	4.65	0.07	0.06	0.12	0.03	0.89	2.3E+06
CV	18.21%	6.43%	7.22%	12.91%	11.50%	9.31%	7.46%	6.33%	12.17%	6.33%	7.46%	14.57%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง13 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 99 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	362.48	136.30	76.70	55.48	31.03	43.25	0.904541	1	0.904541	0.43	11.73	1.5E+07
2	350.29	138.70	74.70	76.13	33.02	54.57	0.909424	1.00	0.909424	0.43	11.80	1.5E+07
3	260.04	133.50	64.60	59.48	30.26	44.87	0.927734	1.00	0.927734	0.43	12.03	1.5E+07
4	294.14	125.70	71.00	57.41	32.13	44.77	0.908203	0.95	0.956003	0.40	11.78	1.6E+07
5	298.94	128.70	71.40	58.43	33.02	45.72	0.893555	1.00	0.893555	0.43	11.59	1.4E+07
6	296.69	125.30	71.00	62.90	33.64	48.27	0.853271	1.00	0.853271	0.43	11.07	1.4E+07
7	315.27	137.60	70.30	68.15	31.57	49.86	0.874023	1.00	0.874023	0.43	11.34	1.4E+07
8	313.00	137.00	69.60	109.85	32.42	71.14	0.928520	1.00	0.928520	0.43	12.04	1.5E+07
9	297.74	127.70	70.50	79.88	43.29	61.58	0.915527	1.00	0.915527	0.43	11.87	1.5E+07
10	443.99	147.00	79.30	84.04	37.20	60.62	0.870361	1.05	0.828915	0.45	11.29	1.3E+07
11	294.42	129.60	69.00	102.81	41.70	72.25	0.909424	0.95	0.957288	0.40	11.80	1.6E+07
12	277.55	132.00	68.50	88.65	39.31	63.98	0.888672	1.00	0.888672	0.43	11.53	1.4E+07
13	376.92	146.00	74.60	109.85	43.85	76.85	0.876465	1.00	0.876465	0.43	11.37	1.4E+07
14	302.04	134.00	70.50	96.63	36.80	66.72	0.871582	1.00	0.871582	0.43	11.30	1.4E+07
15	352.46	143.00	70.30	91.16	36.05	63.60	0.925293	0.95	0.973993	0.40	12.00	1.6E+07
16	349.28	133.00	76.00	127.32	46.25	86.78	0.841064	1.25	0.672851	0.53	10.91	9.7E+06
17	348.70	142.40	73.00	96.63	43.85	70.24	0.870361	1.00	0.870361	0.43	11.29	1.4E+07
18	402.12	153.00	77.00	109.85	48.24	79.05	0.833740	1.05	0.794038	0.45	10.81	1.2E+07
19	292.68	115.00	73.00	84.04	42.74	63.39	0.914307	0.95	0.962428	0.40	11.86	1.6E+07
20	290.80	140.00	66.00	113.75	37.20	75.47	0.878906	0.95	0.925164	0.40	11.40	1.5E+07
Sum	6519.55	2705.50	1437.00	1732.43	753.55	1242.99	17.79	20.10	17.78	8.56	230.80	2.9E+08
Ave	325.98	135.28	71.85	86.62	37.68	62.15	0.89	1.01	0.89	0.43	11.54	1.4E+07
SD	46.05	8.81	3.72	21.67	5.60	12.96	0.03	0.06	0.07	0.03	0.37	1.4E+06
CV	14.13%	6.52%	5.17%	25.02%	14.86%	20.86%	3.19%	6.44%	7.70%	6.44%	3.19%	10.03%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง14 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 101 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	473.41	151.00	79.40	62.90	34.97	48.94	0.893555	1	0.893555	0.43	11.59	1.4E+07
2	331.54	136.00	72.60	69.61	38.86	54.24	0.681152	0.95	0.717002	0.40	8.83	1.2E+07
3	411.78	145.00	78.00	91.16	36.42	63.79	0.876465	1.05	0.834729	0.45	11.37	1.3E+07
4	366.68	148.70	73.20	69.61	38.86	54.24	0.908203	1.00	0.908203	0.43	11.78	1.5E+07
5	446.93	142.00	71.60	79.88	42.21	61.05	0.858154	1.05	0.817290	0.45	11.13	1.3E+07
6	369.57	154.00	73.00	86.28	41.19	63.74	0.981445	0.90	1.090494	0.38	12.73	1.9E+07
7	358.44	137.60	76.70	58.43	39.76	49.09	0.764160	0.95	0.804379	0.40	9.91	1.3E+07
8	366.32	146.50	73.00	79.88	34.63	57.26	0.858154	1.05	0.817290	0.45	11.13	1.3E+07
9	216.07	117.00	6229.00	62.90	29.30	46.10	0.810547	0.95	0.853207	0.40	10.51	1.4E+07
10	324.74	134.50	71.70	64.14	34.97	49.55	0.809326	1.05	0.770787	0.45	10.50	1.2E+07
11	337.20	142.70	71.00	65.42	34.63	50.02	0.908203	1.00	0.908203	0.43	11.78	1.5E+07
12	237.65	118.90	65.00	65.42	32.72	49.07	0.904541	0.95	0.952148	0.40	11.73	1.6E+07
13	302.24	145.70	68.40	66.76	33.02	49.89	0.808105	1.00	0.808105	0.43	10.48	1.3E+07
14	255.20	126.00	65.00	61.72	33.02	47.37	0.828857	1.00	0.828857	0.43	10.75	1.3E+07
15	416.54	154.60	77.80	71.13	34.97	53.05	0.828857	1.00	0.828857	0.43	10.75	1.3E+07
16	316.43	123.60	75.00	72.72	31.57	52.14	0.837402	1.05	0.797526	0.45	10.86	1.3E+07
17	355.65	143.00	74.00	74.38	34.97	54.68	0.834961	0.95	0.878906	0.40	10.83	1.5E+07
18	348.61	141.70	72.60	71.13	38.86	55.00	0.898437	0.95	0.945723	0.40	11.65	1.6E+07
19	254.83	127.00	65.00	74.38	34.97	54.68	0.859375	1.05	0.818452	0.45	11.15	1.3E+07
20	451.88	158.60	78.40	84.04	41.19	62.61	0.706787	1.00	0.706787	0.43	9.17	1.1E+07
Sum	6941.71	2794.10	7610.40	1431.87	721.11	1076.49	16.86	19.90	16.98	8.48	218.63	2.7E+08
Ave	347.09	139.71	380.52	71.59	36.06	53.82	0.84	1.00	0.85	0.42	10.93	1.4E+07
SD	71.55	11.99	1376.60	8.87	3.51	5.45	0.07	0.05	0.09	0.02	0.91	1.6E+06
CV	20.61%	8.59%	361.77%	12.38%	9.72%	10.12%	8.34%	4.58%	10.19%	4.58%	8.34%	11.82%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง15 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 103 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	334.80	143.60	70.00	76.13	38.01	57.07	0.928955	0.95	0.977847	0.40	12.05	1.6E+07
2	301.62	132.00	73.00	64.14	38.43	51.28	0.903320	1.35	0.669126	0.58	11.72	9.3E+06
3	352.26	139.00	74.80	76.13	35.32	55.72	0.881348	1.05	0.839379	0.45	11.43	1.3E+07
4	471.96	164.90	78.30	91.16	38.86	65.01	0.895996	0.95	0.943154	0.40	11.62	1.6E+07
5	294.50	129.00	68.00	74.38	34.63	54.51	0.893555	1.00	0.893555	0.43	11.59	1.4E+07
6	305.05	146.00	67.30	79.88	34.29	57.09	0.919189	1.00	0.919189	0.43	11.92	1.5E+07
7	415.71	155.60	76.00	71.13	38.86	55.00	0.902100	1.00	0.902100	0.43	11.70	1.5E+07
8	311.88	139.40	71.00	93.81	33.96	63.89	0.885010	1.00	0.885010	0.43	11.48	1.4E+07
9	300.27	133.00	71.80	65.42	35.68	50.55	0.876465	1.00	0.876465	0.43	11.37	1.4E+07
10	316.95	142.00	70.80	12.95	34.63	23.79	0.900879	1.95	0.461989	0.83	11.68	5.3E+06
11	292.05	135.00	66.60	88.65	33.02	60.84	0.836182	1.05	0.796364	0.45	10.85	1.3E+07
12	340.60	143.00	72.50	76.13	38.43	57.28	0.821533	1.00	0.821533	0.43	10.66	1.3E+07
13	388.64	153.00	75.00	84.04	37.20	60.62	0.802002	1.00	0.802002	0.43	10.40	1.3E+07
14	272.35	126.00	67.50	86.28	34.63	60.45	0.921631	1.05	0.877744	0.45	11.95	1.4E+07
15	322.12	137.70	70.00	109.85	39.31	74.58	0.860596	0.95	0.905891	0.40	11.16	1.5E+07
16	302.82	137.30	70.00	66.76	33.33	50.04	0.947266	1.00	0.947266	0.43	12.29	1.5E+07
17	396.62	136.00	70.00	60.58	34.29	47.44	0.871582	0.95	0.917455	0.40	11.30	1.5E+07
18	313.91	140.00	70.00	72.72	34.29	53.51	0.952148	0.95	1.002261	0.40	12.35	1.7E+07
19	395.05	130.50	70.60	60.58	34.29	47.44	0.866699	1.00	0.866699	0.43	11.24	1.4E+07
20	354.52	149.80	70.00	88.65	38.43	63.54	0.852051	1.00	0.852051	0.43	11.05	1.4E+07
Sum	6783.68	2812.80	1423.20	1499.36	719.90	1109.63	17.72	21.20	17.16	9.03	229.81	2.7E+08
Ave	339.18	140.64	71.16	74.97	36.00	55.48	0.89	1.06	0.86	0.45	11.49	1.4E+07
SD	50.81	9.62	3.04	19.20	2.16	9.97	0.04	0.23	0.12	0.10	0.51	2.5E+06
CV	14.98%	6.84%	4.27%	25.61%	6.00%	17.98%	4.45%	21.35%	13.79%	21.35%	4.45%	18.29%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง16 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 105 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	342.26	127.00	76.60	66.76	37.60	52.18	0.946045	1	0.946045	0.43	12.27	1.5E+07
2	345.54	133.30	73.00	91.16	37.60	64.38	0.925293	1.00	0.925293	0.43	12.00	1.5E+07
3	266.67	130.00	67.00	66.76	31.57	49.16	0.861816	1.00	0.861816	0.43	11.18	1.4E+07
4	302.35	136.30	68.50	81.91	32.13	57.02	0.853271	1.00	0.853271	0.43	11.07	1.4E+07
5	260.45	119.00	69.30	61.72	32.13	46.93	0.849609	1.05	0.809151	0.45	11.02	1.3E+07
6	328.47	124.30	75.50	65.42	36.42	50.92	0.909424	0.95	0.957288	0.40	11.80	1.6E+07
7	354.17	133.80	74.00	77.96	34.29	56.13	0.563965	1.50	0.375977	0.64	7.31	4.9E+06
8	388.61	143.80	76.90	77.96	43.85	60.90	0.814209	1.00	0.814209	0.43	10.56	1.3E+07
9	291.56	125.50	70.60	62.90	35.32	49.11	0.891113	1.00	0.891113	0.43	11.56	1.4E+07
10	363.74	136.60	74.40	74.38	32.42	53.40	0.560303	1.30	0.431002	0.55	7.27	6.1E+06
11	391.96	128.80	79.00	69.61	39.31	54.46	0.886230	1.05	0.844029	0.45	11.49	1.3E+07
12	360.76	138.30	73.30	65.42	34.97	50.19	0.584717	1.40	0.417655	0.60	7.58	5.7E+06
13	318.30	131.00	73.70	76.13	38.01	57.07	0.900879	1.00	0.900879	0.43	11.68	1.5E+07
14	403.03	141.60	79.00	71.13	38.86	55.00	0.906982	1.00	0.906982	0.43	11.76	1.5E+07
15	344.63	144.00	71.50	77.96	35.32	56.64	0.841064	1.05	0.801013	0.45	10.91	1.3E+07
16	337.23	129.70	71.00	62.90	35.68	49.29	0.897217	1.00	0.897217	0.43	11.64	1.4E+07
17	322.22	129.90	71.80	64.14	34.63	49.38	0.808105	1.10	0.734641	0.47	10.48	1.1E+07
18	323.17	131.00	73.60	62.90	35.32	49.11	0.880127	1.00	0.880127	0.43	11.42	1.4E+07
19	348.88	127.90	75.80	76.13	41.70	58.91	0.841067	1.05	0.801016	0.45	10.91	1.3E+07
20	290.53	126.00	71.40	59.48	32.42	45.95	0.899658	0.95	0.947008	0.40	11.67	1.6E+07
Sum	6684.53	2637.80	1465.90	1412.71	719.56	1066.13	16.62	21.40	16.00	9.12	215.58	2.5E+08
Ave	334.23	131.89	73.30	70.64	35.98	53.31	0.83	1.07	0.80	0.46	10.78	1.3E+07
SD	38.95	6.62	3.26	8.26	3.28	4.91	0.12	0.15	0.18	0.06	1.53	3.3E+06
CV	11.65%	5.02%	4.45%	11.69%	9.13%	9.21%	14.21%	14.01%	22.30%	14.01%	14.21%	25.76%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง17 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 107 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	343.62	139.85	75.00	71.13	35.32	53.22	0.900879	1.05	0.857980	0.45	11.68	1.3E+07
2	428.18	148.30	78.40	88.65	36.80	62.73	0.799561	1.05	0.761487	0.45	10.37	1.2E+07
3	277.16	137.00	71.00	76.13	31.03	53.58	0.845947	1.05	0.805664	0.45	10.97	1.3E+07
4	267.08	134.60	67.25	79.88	31.85	55.87	0.831299	1.05	0.791713	0.45	10.78	1.2E+07
5	248.61	120.90	76.90	69.61	30.26	49.93	0.827637	1.00	0.827637	0.43	10.73	1.3E+07
6	322.51	138.00	70.50	81.91	34.97	58.44	0.770264	1.10	0.700240	0.47	9.99	1.1E+07
7	299.74	134.86	70.30	68.15	33.64	50.90	0.894775	1.05	0.852167	0.45	11.61	1.3E+07
8	287.77	135.50	67.20	76.13	33.64	54.89	0.831299	1.00	0.831299	0.43	10.78	1.3E+07
9	302.92	140.50	71.60	66.76	38.86	52.81	0.866699	1.00	0.866699	0.43	11.24	1.4E+07
10	279.31	134.00	67.00	62.90	33.64	48.27	0.841064	1.05	0.801013	0.45	10.91	1.3E+07
11	313.16	139.70	70.20	71.13	31.57	51.35	0.889893	1.15	0.773820	0.49	11.54	1.2E+07
12	278.74	134.60	66.10	58.43	32.13	45.28	0.881348	0.95	0.927735	0.40	11.43	1.5E+07
13	276.98	130.00	68.35	76.13	33.64	54.89	0.883789	1.00	0.883789	0.43	11.46	1.4E+07
14	382.54	140.00	78.90	62.90	34.63	48.77	0.805664	1.15	0.700577	0.49	10.45	1.1E+07
15	367.97	145.85	74.80	56.43	33.33	44.88	0.822754	1.05	0.783575	0.45	10.67	1.2E+07
16	343.41	141.30	72.45	86.28	35.68	60.98	0.842285	1.05	0.802176	0.45	10.92	1.3E+07
17	294.34	146.70	67.00	69.61	33.02	51.31	0.759277	1.05	0.723121	0.45	9.85	1.1E+07
18	353.63	144.40	74.50	62.90	34.97	48.94	0.805664	1.10	0.732422	0.47	10.45	1.1E+07
19	293.03	123.80	68.80	79.88	31.30	55.59	0.812988	1.05	0.774274	0.45	10.54	1.2E+07
20	240.70	122.00	61.60	60.58	31.85	46.21	0.786133	1.05	0.748698	0.45	10.20	1.2E+07
Sum	6201.40	2731.86	1417.85	1425.50	672.15	1048.83	16.70	21.00	15.95	8.95	216.59	2.5E+08
Ave	310.07	136.59	70.89	71.27	33.61	52.44	0.83	1.05	0.80	0.45	10.83	1.3E+07
SD	47.35	7.75	4.49	9.19	2.13	4.88	0.04	0.05	0.06	0.02	0.54	1.2E+06
CV	15.27%	5.68%	6.33%	12.90%	6.33%	9.30%	4.97%	4.63%	7.70%	4.63%	4.97%	9.65%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง18 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 109 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	285.86	134.80	68.40	86.28	34.63	60.45	0.837402	1.05	0.797526	0.45	10.86	1.3E+07
2	253.76	125.20	67.95	52.00	28.19	40.09	0.515137	1.40	0.367955	0.60	6.68	5.0E+06
3	193.90	120.30	61.40	58.43	30.77	44.60	0.793457	3.50	0.226702	1.49	10.29	2.0E+06
4	291.35	138.35	68.80	60.58	34.63	47.60	0.577393	1.40	0.412424	0.60	7.49	5.6E+06
5	268.75	127.40	69.80	59.48	31.30	45.39	0.853271	0.95	0.898180	0.40	11.07	1.5E+07
6	297.55	136.70	69.60	69.61	33.02	51.31	0.810547	1.10	0.736861	0.47	10.51	1.1E+07
7	356.21	142.30	73.90	60.58	33.33	46.95	0.351562	1.15	0.305706	0.49	4.56	4.6E+06
8	323.27	143.30	73.70	77.96	36.05	57.00	0.670166	1.20	0.558472	0.51	8.69	8.2E+06
9	256.58	134.10	63.90	62.90	31.57	47.24	0.769043	1.15	0.668733	0.49	9.97	1.0E+07
10	293.31	137.10	69.60	64.14	32.42	48.28	0.787354	1.05	0.749861	0.45	10.21	1.2E+07
11	279.69	131.90	68.00	56.43	29.53	42.98	0.841064	1.00	0.841064	0.43	10.91	1.4E+07
12	205.83	122.90	64.60	62.90	29.53	46.22	0.781250	1.05	0.744048	0.45	10.13	1.2E+07
13	345.91	136.70	77.30	68.15	39.76	53.96	0.755615	1.20	0.629679	0.51	9.80	9.3E+06
14	212.71	119.90	63.10	66.76	30.77	48.76	0.858154	0.95	0.903320	0.40	11.13	1.5E+07
15	352.74	139.20	77.70	68.15	39.31	53.73	0.755615	1.10	0.686923	0.47	9.80	1.1E+07
16	240.75	135.10	63.20	64.14	33.02	48.58	0.318604	1.95	0.163387	0.83	4.13	1.9E+06
17	272.54	137.70	70.40	58.43	31.85	45.14	0.800781	1.10	0.727983	0.47	10.39	1.1E+07
18	319.64	134.30	71.30	72.72	37.20	54.96	0.449219	1.70	0.264246	0.72	5.83	3.3E+06
19	314.97	148.90	71.20	65.42	33.02	49.22	0.806885	1.05	0.768462	0.45	10.47	1.2E+07
20	263.61	134.70	64.70	68.15	26.61	47.38	0.802002	1.00	0.802002	0.43	10.40	1.3E+07
Sum	5628.93	2680.85	1378.55	1303.18	656.51	979.84	14.13	26.05	12.25	11.10	183.32	1.9E+08
Ave	281.45	134.04	68.93	65.16	32.83	48.99	0.71	1.30	0.61	0.55	9.17	9.4E+06
SD	46.67	7.60	4.57	7.76	3.42	4.95	0.17	0.58	0.24	0.25	2.20	4.2E+06
CV	16.58%	5.67%	6.63%	11.90%	10.41%	10.11%	23.95%	44.22%	38.47%	44.22%	23.95%	44.80%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง19 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 111 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	133.10	133.10	68.30	69.61	30.51	50.06	0.567627	1.4	0.405448	0.60	7.36	5.5E+06
2	139.00	139.00	64.95	77.96	34.63	56.29	0.482178	1.45	0.332537	0.62	6.25	4.4E+06
3	147.45	147.45	77.00	69.61	36.42	53.01	0.858154	1.05	0.817290	0.45	11.13	1.3E+07
4	132.30	132.30	69.70	61.72	33.33	47.52	0.662842	1.20	0.552368	0.51	8.60	8.1E+06
5	127.40	127.40	67.70	69.61	33.02	51.31	0.928955	0.95	0.977847	0.40	12.05	1.6E+07
6	143.90	143.90	74.50	65.42	33.02	49.22	0.950928	0.95	1.000977	0.40	12.33	1.7E+07
7	132.40	132.40	73.10	106.21	37.60	71.91	0.433350	1.70	0.254912	0.72	5.62	3.1E+06
8	131.80	131.80	67.20	65.42	32.13	48.78	0.498047	1.55	0.321321	0.66	6.46	4.2E+06
9	129.10	129.10	64.65	81.91	32.72	57.31	0.489502	1.40	0.349644	0.60	6.35	4.8E+06
10	140.65	140.65	72.20	79.88	40.70	60.29	0.428467	1.65	0.259677	0.70	5.56	3.3E+06
11	137.30	137.30	71.95	74.38	36.42	55.40	0.284424	1.50	0.189616	0.64	3.69	2.5E+06
12	133.30	133.30	68.55	59.48	30.26	44.87	0.317383	1.40	0.226702	0.60	4.12	3.1E+06
13	135.25	135.25	71.60	60.58	33.33	46.95	0.356445	1.30	0.274188	0.55	4.62	3.9E+06
14	132.20	132.20	64.20	74.38	32.13	53.26	0.227051	1.50	0.151367	0.64	2.94	2.0E+06
15	144.60	144.60	66.50	96.63	33.02	64.83	0.177022	2.05	0.086352	0.87	2.30	9.7E+05
16	126.00	126.00	64.30	61.72	28.84	45.28	0.452881	1.45	0.312332	0.62	5.87	4.2E+06
17	134.65	134.65	64.10	68.15	32.13	50.14	0.457764	1.55	0.295332	0.66	5.94	3.8E+06
18	129.40	129.40	68.70	57.41	37.20	47.30	0.531006	1.35	0.393338	0.58	6.89	5.5E+06
19	130.55	130.55	69.85	62.90	35.68	49.29	0.671387	1.20	0.559489	0.51	8.71	8.2E+06
20	137.70	137.70	80.20	68.15	43.29	55.72	0.726318	1.05	0.691731	0.45	9.42	1.1E+07
Sum	2698.05	2698.05	1389.25	1431.12	686.39	1058.75	10.50	27.65	8.45	11.78	136.21	1.2E+08
Ave	134.90	134.90	69.46	71.56	34.32	52.94	0.53	1.38	0.42	0.59	6.81	6.2E+06
SD	5.85	5.85	4.45	12.37	3.52	6.82	0.22	0.27	0.26	0.11	2.84	4.5E+06
CV	4.34%	4.34%	6.40%	17.29%	10.27%	12.88%	41.65%	19.50%	62.27%	19.50%	41.65%	73.30%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง20 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 113 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	218.91	124.10	62.10	91.16	33.02	62.09	0.290527	2.25	0.129123	0.96	3.77	1.4E+06
2	301.09	134.00	71.80	86.28	34.29	60.29	0.601807	1.40	0.429862	0.60	7.81	5.9E+06
3	326.47	145.35	72.60	88.65	38.01	63.33	0.178223	2.05	0.086938	0.87	2.31	9.8E+05
4	257.36	127.50	66.30	54.56	30.26	42.41	0.302734	1.90	0.159334	0.81	3.93	1.9E+06
5	242.64	115.95	67.70	66.76	34.97	50.86	0.402832	1.70	0.236960	0.72	5.22	2.9E+06
6	434.53	145.05	77.60	79.88	34.97	57.43	0.416260	1.70	0.244859	0.72	5.40	3.0E+06
7	209.71	123.90	60.50	62.90	31.30	47.10	0.308838	1.95	0.158378	0.83	4.01	1.8E+06
8	293.26	135.50	69.00	60.58	28.84	44.71	0.454102	1.55	0.292969	0.66	5.89	3.8E+06
9	295.70	126.15	70.15	76.13	31.85	53.99	0.510254	1.50	0.340169	0.64	6.62	4.5E+06
10	186.65	115.10	57.60	58.43	26.99	42.71	0.323486	1.65	0.196052	0.70	4.20	2.5E+06
11	222.96	128.50	61.90	69.61	30.26	49.93	0.325928	2.00	0.162964	0.85	4.23	1.9E+06
12	205.36	127.80	63.55	74.38	32.13	53.26	0.323486	2.05	0.157798	0.87	4.20	1.8E+06
13	238.20	113.40	66.85	58.43	32.13	45.28	0.423584	1.80	0.235324	0.77	5.49	2.8E+06
14	266.45	141.30	65.10	74.38	40.70	57.54	0.236816	2.30	0.102963	0.98	3.07	1.1E+06
15	298.46	138.25	70.25	74.38	33.64	54.01	0.351562	1.85	0.190034	0.79	4.56	2.3E+06
16	351.83	128.10	76.10	59.48	35.68	47.58	0.490723	1.45	0.338430	0.62	6.36	4.5E+06
17	305.91	144.15	68.10	84.04	33.64	58.84	0.395508	1.80	0.219727	0.77	5.13	2.6E+06
18	273.63	133.25	65.30	77.96	30.26	54.11	0.156250	1.95	0.080128	0.83	2.03	9.2E+05
19	286.03	138.40	68.10	59.48	32.42	45.95	0.521240	1.40	0.372314	0.60	6.76	5.1E+06
20	205.73	113.95	62.70	59.48	34.29	46.89	0.274658	2.10	0.130790	0.89	3.56	1.5E+06
Sum	5420.88	2599.70	1343.30	1416.95	659.68	1038.31	7.29	36.35	4.27	15.49	94.54	5.3E+07
Ave	271.04	129.99	67.17	70.85	32.98	51.92	0.36	1.82	0.21	0.77	4.73	2.6E+06
SD	59.43	10.37	5.10	11.44	3.12	6.52	0.12	0.27	0.10	0.12	1.50	1.4E+06
CV	21.93%	7.98%	7.60%	16.15%	9.47%	12.56%	31.76%	14.92%	46.21%	14.92%	31.76%	53.80%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง21 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 67 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	133.13	90.15	56.10	60.58	28.41	44.49	0.959473	0.9	1.066081	0.38	12.44	1.8E+07
2	160.62	96.10	63.40	74.38	33.96	54.17	0.953369	0.90	1.059299	0.38	12.37	1.8E+07
3	169.42	99.25	61.90	62.90	33.64	48.27	0.972900	0.80	1.216125	0.34	12.62	2.2E+07
4	130.52	89.05	57.50	48.94	27.98	38.46	0.914307	0.85	1.075655	0.36	11.86	1.9E+07
5	138.45	102.95	57.35	91.16	30.26	60.71	0.971680	0.85	1.143153	0.36	12.60	2.0E+07
6	136.08	95.95	58.45	113.75	27.98	70.87	0.948486	0.90	1.053873	0.38	12.30	1.8E+07
7	136.90	97.10	57.70	64.14	24.46	44.30	0.965576	0.90	1.072862	0.38	12.52	1.8E+07
8	147.68	98.05	58.35	91.16	31.03	61.10	0.928955	0.90	1.032172	0.38	12.05	1.8E+07
9	176.27	101.75	61.80	68.15	26.99	47.57	1.007080	0.85	1.184800	0.36	13.06	2.1E+07
10	133.61	98.45	54.65	71.13	26.61	48.87	0.893555	0.95	0.940584	0.40	11.59	1.6E+07
11	126.61	91.15	56.60	36.80	24.61	30.71	0.933838	0.85	1.098633	0.36	12.11	1.9E+07
12	126.02	94.30	54.50	79.88	29.30	54.59	0.939941	0.90	1.044379	0.38	12.19	1.8E+07
13	134.66	89.15	58.50	59.48	30.77	45.13	0.977783	0.90	1.086426	0.38	12.68	1.8E+07
14	146.11	96.40	60.50	96.63	30.77	63.70	0.969238	0.90	1.076931	0.38	12.57	1.8E+07
15	114.35	90.70	54.40	49.67	28.84	39.26	0.904541	0.95	0.952148	0.40	11.73	1.6E+07
16	146.85	99.00	57.45	61.72	29.07	45.39	0.897217	0.90	0.996908	0.38	11.64	1.7E+07
17	125.09	93.15	56.00	57.41	28.84	43.13	0.989990	0.85	1.164694	0.36	12.84	2.0E+07
18	129.90	92.45	55.30	50.42	26.43	38.43	0.950928	0.90	1.056587	0.38	12.33	1.8E+07
19	109.09	91.00	50.75	57.41	24.61	41.01	0.887451	0.95	0.934159	0.40	11.51	1.5E+07
20	102.65	85.30	50.00	53.68	24.61	39.14	0.906982	0.95	0.954718	0.40	11.76	1.6E+07
Sum	2724.01	1891.40	1141.20	1349.39	569.17	959.28	18.87	17.85	21.21	7.61	244.79	3.6E+08
Ave	136.20	94.57	57.06	67.47	28.46	47.96	0.94	0.89	1.06	0.38	12.24	1.8E+07
SD	18.36	4.68	3.39	18.90	2.81	10.09	0.03	0.04	0.08	0.02	0.45	1.7E+06
CV	13.48%	4.95%	5.95%	28.02%	9.87%	21.04%	3.64%	4.55%	7.45%	4.55%	3.64%	9.65%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง22 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 69 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	t(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	159.71	106.15	58.35	76.13	31.30	53.71	0.927734	0.9	1.030816	0.38	12.03	1.7E+07
2	140.47	100.00	54.95	69.61	26.43	48.02	0.864258	0.95	0.909745	0.40	11.21	1.5E+07
3	184.96	115.45	61.40	61.72	38.43	50.08	0.880127	0.95	0.926449	0.40	11.42	1.5E+07
4	134.69	95.40	55.25	64.14	29.07	46.60	0.909424	0.90	1.010471	0.38	11.80	1.7E+07
5	165.87	101.45	60.40	65.42	28.62	47.02	0.916748	0.85	1.078527	0.36	11.89	1.9E+07
6	133.53	96.40	58.00	57.41	30.01	43.71	0.864258	0.95	0.909745	0.40	11.21	1.5E+07
7	145.95	96.85	57.60	64.14	39.76	51.95	0.835623	0.95	0.879603	0.40	10.84	1.5E+07
8	125.88	98.60	53.20	72.72	28.41	50.56	0.850830	0.95	0.895611	0.40	11.04	1.5E+07
9	141.82	99.65	57.50	64.14	31.30	47.72	0.968018	0.90	1.075576	0.38	12.56	1.8E+07
10	121.60	93.00	52.00	84.04	27.18	55.61	0.948486	0.85	1.115866	0.36	12.30	1.9E+07
11	149.83	102.10	55.65	57.41	26.25	41.83	0.837402	0.95	0.881476	0.40	10.86	1.5E+07
12	123.82	98.00	52.00	66.76	25.73	46.24	0.837402	0.95	0.881476	0.40	10.86	1.5E+07
13	122.55	96.00	53.40	61.72	25.90	43.81	0.861816	0.95	0.907175	0.40	11.18	1.5E+07
14	136.57	98.50	56.40	106.21	23.07	64.64	0.949707	0.90	1.055230	0.38	12.32	1.8E+07
15	122.75	93.30	54.40	74.38	28.41	51.39	0.924072	0.90	1.026747	0.38	11.99	1.7E+07
16	190.27	113.00	61.70	81.91	32.72	57.31	0.921631	0.95	0.970138	0.40	11.95	1.6E+07
17	144.23	99.45	56.70	60.58	30.26	45.42	0.911865	0.90	1.013183	0.38	11.83	1.7E+07
18	131.49	96.35	55.75	72.72	29.07	50.89	0.927734	0.90	1.030816	0.38	12.03	1.7E+07
19	145.82	98.65	57.50	96.63	29.07	62.85	0.878906	0.90	0.976562	0.38	11.40	1.7E+07
20	127.25	94.75	55.40	71.13	26.99	49.06	0.944824	0.90	1.049804	0.38	12.25	1.8E+07
Sum	2849.06	1993.05	1127.55	1428.88	587.97	1008.43	17.96	18.35	19.63	7.82	232.95	3.3E+08
Ave	142.45	99.65	56.38	71.44	29.40	50.42	0.90	0.92	0.98	0.39	11.65	1.7E+07
SD	19.72	5.87	2.78	12.71	4.02	6.03	0.04	0.03	0.08	0.01	0.55	1.6E+06
CV	13.85%	5.89%	4.93%	17.79%	13.66%	11.97%	4.69%	3.66%	7.82%	3.66%	4.69%	9.57%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง23</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 71 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	162.23	106.60	89.50	91.16	30.51	60.84	0.913086	1	0.913086	0.43	11.84	1.5E+07
2	196.60	116.80	61.80	61.72	30.26	45.99	0.900879	1.00	0.900879	0.43	11.68	1.5E+07
3	164.85	105.30	63.00	68.15	33.33	50.74	0.893555	0.95	0.940584	0.40	11.59	1.6E+07
4	168.14	102.00	59.00	79.88	27.78	53.83	0.897217	0.90	0.996908	0.38	11.64	1.7E+07
5	159.60	106.45	59.00	84.04	34.63	59.33	0.944824	0.90	1.049804	0.38	12.25	1.8E+07
6	157.60	110.40	57.80	68.15	29.53	48.84	0.885010	1.00	0.885010	0.43	11.48	1.4E+07
7	180.01	118.50	58.20	64.14	29.30	46.72	0.885010	1.00	0.885010	0.43	11.48	1.4E+07
8	149.92	104.25	56.00	51.20	27.98	39.59	0.917969	0.90	1.019966	0.38	11.91	1.7E+07
9	145.46	111.00	60.00	81.91	36.42	59.16	0.905762	0.90	1.006402	0.38	11.75	1.7E+07
10	153.06	99.45	58.95	71.13	27.18	49.15	0.961914	0.95	1.012541	0.40	12.48	1.7E+07
11	123.81	94.00	54.00	51.20	25.73	38.46	0.927734	0.85	1.091452	0.36	12.03	1.9E+07
12	173.67	115.00	58.80	81.91	34.63	58.27	0.859375	1.00	0.859375	0.43	11.15	1.4E+07
13	189.56	115.50	61.00	59.48	27.38	43.43	0.909424	0.90	1.010471	0.38	11.80	1.7E+07
14	153.05	103.50	57.00	57.41	27.98	42.69	0.948486	0.90	1.053873	0.38	12.30	1.8E+07
15	188.64	110.90	62.70	55.48	31.85	43.66	0.885010	0.95	0.931589	0.40	11.48	1.5E+07
16	157.18	108.00	58.45	88.65	29.30	58.98	0.969238	0.90	1.076931	0.38	12.57	1.8E+07
17	217.51	117.80	64.20	74.38	31.85	53.12	0.905762	0.90	1.006402	0.38	11.75	1.7E+07
18	149.09	100.90	56.30	54.56	26.80	40.68	0.953369	0.90	1.059299	0.38	12.37	1.8E+07
19	127.54	97.00	54.00	79.88	25.23	52.56	0.947266	0.90	1.052518	0.38	12.29	1.8E+07
20	97.85	83.50	52.60	50.42	24.16	37.29	0.874023	0.90	0.971137	0.38	11.34	1.6E+07
Sum	3215.37	2126.85	1202.30	1374.83	591.83	983.33	18.28	18.60	19.72	7.92	237.16	3.3E+08
Ave	160.77	106.34	60.12	68.74	29.59	49.17	0.91	0.93	0.99	0.40	11.86	1.7E+07
SD	26.93	8.83	7.57	13.34	3.35	7.64	0.03	0.05	0.07	0.02	0.40	1.6E+06
CV	16.75%	8.30%	12.59%	19.40%	11.33%	15.55%	3.41%	5.06%	7.19%	5.06%	3.41%	9.43%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง24 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 73 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	194.72	113.75	63.55	60.58	35.68	48.13	0.948486	0.95	0.998407	0.40	12.30	1.6E+07
2	200.04	116.15	61.90	81.91	30.26	56.08	0.996094	0.85	1.171875	0.36	12.92	2.0E+07
3	171.41	102.75	60.30	72.72	28.84	50.78	0.900879	0.90	1.000977	0.38	11.68	1.7E+07
4	265.20	120.00	71.60	109.85	33.33	71.59	0.892334	0.95	0.939299	0.40	11.57	1.6E+07
5	164.60	110.65	59.75	69.61	31.03	50.32	0.820312	1.00	0.820312	0.43	10.64	1.3E+07
6	233.23	117.60	70.20	127.32	33.64	80.48	0.922852	0.95	0.971423	0.40	11.97	1.6E+07
7	199.93	119.00	63.15	106.21	37.20	71.71	0.909424	0.95	0.957288	0.40	11.80	1.6E+07
8	206.64	110.00	68.55	69.61	32.42	51.01	0.922852	0.95	0.971423	0.40	11.97	1.6E+07
9	205.52	113.00	66.65	57.41	30.26	43.83	0.906982	0.95	0.954718	0.40	11.76	1.6E+07
10	223.13	117.25	67.00	59.48	32.42	45.95	0.936279	0.95	0.985557	0.40	12.14	1.6E+07
11	141.27	105.00	55.00	60.58	31.85	46.21	0.743408	1.05	0.708008	0.45	9.64	1.1E+07
12	172.92	109.00	61.85	72.72	30.26	51.49	0.910645	0.95	0.958574	0.40	11.81	1.6E+07
13	145.61	99.25	57.20	74.38	28.19	51.29	0.943604	0.90	1.048449	0.38	12.24	1.8E+07
14	152.17	102.00	58.65	79.88	24.46	52.17	0.965576	0.90	1.072862	0.38	12.52	1.8E+07
15	146.14	59.45	60.25	65.42	31.30	48.36	0.872803	0.90	0.969781	0.38	11.32	1.6E+07
16	187.08	107.75	62.30	74.38	30.26	52.32	0.966797	0.85	1.137408	0.36	12.54	2.0E+07
17	156.11	104.50	62.00	65.42	39.76	52.59	0.889893	0.90	0.988770	0.38	11.54	1.7E+07
18	135.08	94.65	56.10	69.61	26.99	48.30	0.924072	0.95	0.972707	0.40	11.99	1.6E+07
19	125.10	92.65	53.80	79.88	26.43	53.16	0.963135	0.95	1.013826	0.40	12.49	1.7E+07
20	136.39	0.00	55.50	74.38	29.07	51.73	0.986328	0.85	1.160386	0.36	12.79	2.0E+07
Sum	3562.29	2014.40	1235.30	1531.34	623.66	1077.50	18.32	18.60	19.80	7.92	237.65	3.3E+08
Ave	178.11	100.72	61.77	76.57	31.18	53.87	0.92	0.93	0.99	0.40	11.88	1.7E+07
SD	37.54	27.26	5.08	18.09	3.64	9.50	0.06	0.05	0.11	0.02	0.75	2.2E+06
CV	21.08%	27.06%	8.22%	23.63%	11.68%	17.64%	6.31%	5.35%	10.63%	5.35%	6.31%	13.03%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง25 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 75 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	152.44	101.85	58.50	77.96	35.32	56.64	0.957031	0.85	1.125919	0.36	12.41	2.0E+07
2	138.14	95.40	56.20	76.13	19.92	48.03	0.970459	0.85	1.141716	0.36	12.59	2.0E+07
3	159.09	101.35	61.25	77.96	37.60	57.78	0.943604	0.90	1.048449	0.38	12.24	1.8E+07
4	130.24	94.00	55.10	62.90	33.64	48.27	0.959473	0.80	1.199341	0.34	12.44	2.2E+07
5	158.97	102.80	59.20	91.16	29.07	60.11	0.946045	0.90	1.051161	0.38	12.27	1.8E+07
6	158.89	102.00	60.70	151.46	40.23	95.84	0.969238	0.95	1.020251	0.40	12.57	1.7E+07
7	119.58	98.40	51.85	151.46	34.63	93.04	0.994873	0.65	1.530574	0.28	12.90	3.1E+07
8	163.62	102.90	59.15	102.81	42.74	72.78	0.939941	0.85	1.105813	0.36	12.19	1.9E+07
9	140.08	98.00	57.30	79.88	31.85	55.87	0.920410	0.85	1.082835	0.36	11.94	1.9E+07
10	128.37	94.00	56.40	93.81	32.42	63.12	0.897217	0.85	1.055549	0.36	11.64	1.8E+07
11	137.46	94.40	56.30	122.45	30.51	76.48	0.965576	0.85	1.135972	0.36	12.52	2.0E+07
12	145.01	100.55	57.55	106.21	30.51	68.36	0.904541	0.90	1.005046	0.38	11.73	1.7E+07
13	129.33	97.20	57.00	76.13	30.77	53.45	0.933838	0.85	1.098633	0.36	12.11	1.9E+07
14	127.57	97.20	55.80	76.13	31.57	53.85	0.909326	0.85	1.069795	0.36	11.79	1.9E+07
15	135.07	97.40	55.00	62.90	30.26	46.58	0.914307	0.85	1.075655	0.36	11.86	1.9E+07
16	109.92	86.00	53.90	79.88	32.13	56.01	0.847168	0.85	0.996668	0.36	10.99	1.7E+07
17	109.07	87.95	53.00	71.13	33.02	52.07	0.960693	0.90	1.067437	0.38	12.46	1.8E+07
18	106.06	88.00	51.50	151.46	32.72	92.09	0.915527	0.85	1.077091	0.36	11.87	1.9E+07
19	148.35	104.20	55.50	167.35	36.05	101.70	0.942383	0.90	1.047092	0.38	12.22	1.8E+07
20	140.26	101.10	55.30	127.32	33.33	80.32	0.969238	0.85	1.140280	0.36	12.57	2.0E+07
Sum	2737.52	1944.70	1126.50	2006.49	658.30	1332.39	18.76	17.10	22.08	7.29	243.33	3.9E+08
Ave	136.88	97.24	56.33	100.32	32.91	66.62	0.94	0.86	1.10	0.36	12.17	1.9E+07
SD	17.25	5.28	2.64	33.22	4.60	17.55	0.03	0.06	0.11	0.02	0.44	2.9E+06
CV	12.61%	5.43%	4.69%	33.11%	13.97%	26.34%	3.60%	6.81%	10.17%	6.81%	3.60%	14.92%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง26 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 77 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	164.83	104.95	60.00	81.91	31.57	56.74	0.922852	0.9	1.025391	0.38	11.97	1.7E+07
2	151.27	97.70	58.40	66.76	28.41	47.58	0.992432	0.90	1.102702	0.38	12.87	1.9E+07
3	170.40	105.10	59.20	91.16	30.51	60.84	1.005859	0.85	1.183364	0.36	13.05	2.1E+07
4	130.97	92.00	56.55	62.90	26.99	44.95	0.943604	0.95	0.993267	0.40	12.24	1.6E+07
5	141.22	94.85	56.65	77.96	26.25	52.11	0.975342	0.85	1.147461	0.36	12.65	2.0E+07
6	174.53	104.45	60.20	106.21	31.03	68.62	0.936279	0.90	1.040310	0.38	12.14	1.8E+07
7	129.23	90.55	57.15	79.88	26.07	52.98	1.010742	0.85	1.189108	0.36	13.11	2.1E+07
8	180.14	108.00	64.00	71.13	33.64	52.38	0.924072	0.90	1.026747	0.38	11.99	1.7E+07
9	194.23	104.60	63.50	93.81	33.64	63.73	1.066895	0.75	1.422527	0.32	13.84	2.6E+07
10	170.06	106.00	59.30	122.45	29.07	75.76	0.891113	0.95	0.938014	0.40	11.56	1.5E+07
11	126.95	95.45	54.10	84.04	24.46	54.25	0.938721	0.90	1.043023	0.38	12.18	1.8E+07
12	145.01	96.00	56.95	96.63	26.07	61.35	0.909424	0.90	1.010471	0.38	11.80	1.7E+07
13	149.63	99.45	57.00	99.63	19.12	59.37	0.931396	0.90	1.034884	0.38	12.08	1.8E+07
14	136.30	95.10	57.30	81.91	28.62	55.26	1.031494	0.85	1.213522	0.36	13.38	2.1E+07
15	164.20	106.45	59.00	79.88	36.42	58.15	0.920410	0.90	1.022678	0.38	11.94	1.7E+07
16	128.09	94.85	55.20	54.56	29.53	42.05	0.977783	0.85	1.150333	0.36	12.68	2.0E+07
17	154.72	102.00	59.65	59.48	31.57	45.53	1.036377	0.85	1.219267	0.36	13.44	2.1E+07
18	121.05	90.00	54.25	64.14	27.98	46.06	0.977783	0.80	1.222229	0.34	12.68	2.2E+07
19	128.64	92.45	55.60	55.48	26.07	40.78	0.955811	0.85	1.124484	0.36	12.40	2.0E+07
20	166.52	101.70	59.30	77.96	31.85	54.90	1.004639	0.85	1.181928	0.36	13.03	2.1E+07
Sum	3027.99	1981.65	1163.30	1607.86	578.90	1093.38	19.35	17.45	22.29	7.43	251.01	3.9E+08
Ave	151.40	99.08	58.17	80.39	28.94	54.67	0.97	0.87	1.11	0.37	12.55	1.9E+07
SD	20.97	5.86	2.65	17.71	3.86	8.92	0.05	0.05	0.11	0.02	0.62	2.5E+06
CV	13.85%	5.92%	4.55%	22.03%	13.34%	16.32%	4.94%	5.41%	10.13%	5.41%	4.94%	13.03%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง27</u> แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 79 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	191.90	111.20	65.00	76.13	38.43	57.28	0.969238	0.85	1.140280	0.36	12.57	2.0E+07
2	194.06	109.15	63.85	102.81	39.31	71.06	0.881348	0.85	1.036880	0.36	11.43	1.8E+07
3	158.46	108.00	56.15	65.42	25.23	45.33	0.881348	0.90	0.979276	0.38	11.43	1.7E+07
4	137.90	97.55	56.25	56.43	21.44	38.93	0.859375	1.00	0.859375	0.43	11.15	1.4E+07
5	155.15	106.75	58.35	68.15	25.40	46.77	0.880127	0.95	0.926449	0.40	11.42	1.5E+07
6	186.65	108.55	62.45	52.82	27.57	40.20	0.883789	0.95	0.930304	0.40	11.46	1.5E+07
7	174.17	104.00	62.70	84.04	32.72	58.38	0.843506	1.00	0.843506	0.43	10.94	1.4E+07
8	174.07	103.20	60.15	64.14	29.30	46.72	0.906982	0.90	1.007758	0.38	11.76	1.7E+07
9	169.37	106.45	60.00	66.76	29.07	47.91	0.875244	0.95	0.921309	0.40	11.35	1.5E+07
10	159.37	100.25	60.40	109.85	29.30	69.57	0.898437	0.95	0.945723	0.40	11.65	1.6E+07
11	160.66	107.10	59.20	77.96	31.30	54.63	0.900879	0.90	1.000977	0.38	11.68	1.7E+07
12	123.30	95.75	53.00	77.96	27.38	52.67	0.899658	0.90	0.999620	0.38	11.67	1.7E+07
13	167.24	104.00	61.00	64.14	27.78	45.96	0.865479	0.90	0.961643	0.38	11.23	1.6E+07
14	163.33	101.10	59.00	61.72	29.07	45.39	0.869141	0.90	0.965712	0.38	11.27	1.6E+07
15	129.25	100.40	55.15	77.96	30.01	53.99	0.811768	0.95	0.854493	0.40	10.53	1.4E+07
16	164.78	101.90	60.80	55.48	28.41	41.94	0.987549	0.85	1.161822	0.36	12.81	2.0E+07
17	154.14	96.40	62.20	62.90	33.33	48.12	0.848389	0.95	0.893041	0.40	11.00	1.5E+07
18	156.30	103.75	61.35	71.13	33.33	52.23	0.898437	0.90	0.998263	0.38	11.65	1.7E+07
19	139.06	98.95	55.50	59.48	27.38	43.43	0.935059	0.90	1.038954	0.38	12.13	1.8E+07
20	128.26	94.80	56.00	55.48	31.85	43.66	0.853271	0.95	0.898180	0.40	11.07	1.5E+07
Sum	3187.42	2059.25	1188.50	1410.74	597.59	1004.16	17.75	18.40	19.36	7.84	230.20	3.3E+08
Ave	159.37	102.96	59.43	70.54	29.88	50.21	0.89	0.92	0.97	0.39	11.51	1.6E+07
SD	20.20	4.78	3.22	15.08	4.22	8.75	0.04	0.04	0.09	0.02	0.53	1.8E+06
CV	12.68%	4.65%	5.42%	21.38%	14.14%	17.42%	4.64%	4.80%	8.81%	4.80%	4.64%	11.12%

<u>หมายเหตุ</u> D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง28 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 81 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	163.83	100.50	59.95	59.48	31.57	45.53	0.997314	0.85	1.173311	0.36	12.94	2.0E+07
2	143.21	102.75	54.80	64.14	26.99	45.56	0.916748	0.90	1.018609	0.38	11.89	1.7E+07
3	146.95	96.85	58.45	86.28	31.57	58.93	0.976562	0.85	1.148896	0.36	12.67	2.0E+07
4	158.17	98.55	59.00	91.16	35.68	63.42	0.915527	1.00	0.915527	0.43	11.87	1.5E+07
5	246.51	115.30	66.40	93.81	36.42	65.12	0.925293	0.90	1.028103	0.38	12.00	1.7E+07
6	213.17	119.70	62.30	109.85	40.23	75.04	0.887451	0.95	0.934159	0.40	11.51	1.5E+07
7	250.76	125.00	66.75	99.63	41.19	70.41	0.900879	0.90	1.000977	0.38	11.68	1.7E+07
8	121.09	87.45	55.60	65.42	33.33	49.37	0.983887	0.85	1.157514	0.36	12.76	2.0E+07
9	193.02	111.20	59.65	84.04	33.02	58.53	0.983887	0.85	1.157514	0.36	12.76	2.0E+07
10	149.99	101.15	56.50	79.88	30.26	55.07	0.930176	0.85	1.094325	0.36	12.06	1.9E+07
11	174.66	107.45	58.80	106.21	32.13	69.17	0.839844	0.95	0.884046	0.40	10.89	1.5E+07
12	142.22	95.10	56.00	79.88	30.77	55.33	0.971680	0.85	1.143153	0.36	12.60	2.0E+07
13	137.50	96.55	56.70	132.60	38.01	85.30	1.062012	0.85	1.249426	0.36	13.77	2.2E+07
14	134.70	91.85	55.55	88.65	30.01	59.33	0.993652	0.85	1.169002	0.36	12.89	2.0E+07
15	138.16	94.00	56.65	77.96	29.53	53.75	0.977783	0.85	1.150333	0.36	12.68	2.0E+07
16	165.66	106.15	55.40	91.16	31.57	61.37	0.931396	0.95	0.980417	0.40	12.08	1.6E+07
17	156.93	106.25	57.75	79.88	34.63	57.26	0.839844	0.95	0.884046	0.40	10.89	1.5E+07
18	113.72	88.20	52.40	72.72	29.30	51.01	0.908203	0.90	1.009114	0.38	11.78	1.7E+07
19	132.82	95.50	55.30	62.90	32.72	47.81	0.959473	0.95	1.009972	0.40	12.44	1.7E+07
20	165.22	101.15	59.50	127.32	33.64	80.48	0.970459	0.85	1.141716	0.36	12.59	2.0E+07
Sum	3248.29	2040.65	1163.45	1752.97	662.58	1207.77	18.87	17.85	21.25	7.61	244.77	3.6E+08
Ave	162.41	102.03	58.17	87.65	33.13	60.39	0.94	0.89	1.06	0.38	12.24	1.8E+07
SD	37.49	10.00	3.65	20.01	3.67	11.17	0.05	0.05	0.11	0.02	0.71	2.3E+06
CV	23.09%	9.80%	6.27%	22.82%	11.09%	18.50%	5.78%	5.54%	10.28%	5.54%	5.78%	12.70%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง29 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 83 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	212.91	111.55	64.80	57.41	29.07	43.24	1.173096	0.75	1.564128	0.32	15.22	2.9E+07
2	141.24	89.00	56.30	49.67	24.31	36.99	0.917969	0.85	1.079964	0.36	11.91	1.9E+07
3	207.81	113.70	63.40	52.82	29.30	41.06	0.928955	0.85	1.092888	0.36	12.05	1.9E+07
4	194.49	108.60	63.90	54.56	32.72	43.64	0.930176	0.90	1.033529	0.38	12.06	1.8E+07
5	150.92	99.50	54.90	51.20	25.23	38.21	0.930176	0.95	0.979133	0.40	12.06	1.6E+07
6	154.53	101.50	57.30	52.82	28.19	40.51	0.880127	0.85	1.035444	0.36	11.42	1.8E+07
7	153.95	94.70	57.80	52.82	28.41	40.61	0.903320	0.90	1.003689	0.38	11.72	1.7E+07
8	112.59	89.30	48.80	41.19	24.31	32.75	0.968018	0.80	1.210023	0.34	12.56	2.2E+07
9	146.84	98.50	56.30	52.00	27.78	39.89	0.904541	0.85	1.064166	0.36	11.73	1.9E+07
10	146.14	96.00	58.00	47.55	28.19	37.87	0.900879	0.85	1.059858	0.36	11.68	1.9E+07
11	140.84	95.00	55.95	53.68	24.92	39.30	0.874023	0.85	1.028262	0.36	11.34	1.8E+07
12	136.48	90.30	55.80	62.90	27.57	45.24	0.859375	0.90	0.954861	0.38	11.15	1.6E+07
13	128.20	89.70	55.40	49.67	26.43	38.05	0.887686	0.90	0.986318	0.38	11.51	1.7E+07
14	140.23	91.20	54.40	52.00	22.94	37.47	0.911865	0.85	1.072782	0.36	11.83	1.9E+07
15	136.18	89.40	53.70	54.56	26.43	40.50	0.950928	0.90	1.056587	0.38	12.33	1.8E+07
16	145.86	96.50	59.20	48.94	26.80	37.87	0.947266	0.90	1.052518	0.38	12.29	1.8E+07
17	141.69	92.30	57.00	41.70	27.18	34.44	0.560303	0.85	0.659180	0.36	7.27	1.2E+07
18	138.24	92.40	55.85	46.25	26.61	36.43	0.897217	0.85	1.055549	0.36	11.64	1.8E+07
19	152.91	94.95	57.60	43.85	27.78	35.81	0.887451	0.95	0.934159	0.40	11.51	1.5E+07
20	141.68	94.00	57.50	47.55	27.57	37.56	0.899658	0.85	1.058421	0.36	11.67	1.8E+07
Sum	3023.73	1928.10	1143.90	1013.15	541.74	777.45	18.11	17.35	20.98	7.39	234.93	3.6E+08
Ave	151.19	96.41	57.20	50.66	27.09	38.87	0.91	0.87	1.05	0.37	11.75	1.8E+07
SD	25.26	7.35	3.65	5.20	2.15	3.07	0.10	0.05	0.16	0.02	1.35	3.2E+06
CV	16.71%	7.63%	6.37%	10.26%	7.95%	7.91%	11.47%	5.38%	15.17%	5.38%	11.47%	17.72%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง30 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 85 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	183.79	101.10	61.75	42.74	29.53	36.14	0.938721	0.85	1.104378	0.36	12.18	1.9E+07
2	157.51	101.50	59.70	51.20	28.62	39.91	1.066895	0.95	1.123047	0.40	13.84	1.9E+07
3	165.32	95.10	62.80	51.20	29.07	40.13	0.832520	0.90	0.925022	0.38	10.80	1.6E+07
4	205.40	115.10	60.00	86.28	33.64	59.96	0.944824	0.85	1.111558	0.36	12.25	1.9E+07
5	188.71	107.20	62.70	59.48	31.30	45.39	1.130371	0.85	1.329848	0.36	14.66	2.3E+07
6	224.86	118.40	64.40	65.42	32.13	48.78	0.989990	0.90	1.099989	0.38	12.84	1.9E+07
7	184.07	97.50	62.40	52.00	30.77	41.38	0.986328	0.85	1.160386	0.36	12.79	2.0E+07
8	205.41	104.50	65.20	45.62	26.80	36.21	0.972900	0.90	1.081000	0.38	12.62	1.8E+07
9	215.68	116.10	63.30	51.20	29.30	40.25	0.761719	0.90	0.846354	0.38	9.88	1.4E+07
10	210.74	113.30	62.10	77.96	25.73	51.84	0.899658	0.90	0.999620	0.38	11.67	1.7E+07
11	161.03	101.00	57.20	51.20	24.46	37.83	0.877686	0.90	0.975207	0.38	11.38	1.7E+07
12	196.17	113.75	64.50	57.41	36.42	46.91	0.916748	0.85	1.078527	0.36	11.89	1.9E+07
13	158.47	99.40	60.00	47.55	29.30	38.43	1.047363	0.85	1.232192	0.36	13.58	2.2E+07
14	222.61	118.00	63.85	59.48	33.02	46.25	0.924072	0.85	1.087144	0.36	11.99	1.9E+07
15	185.79	105.90	62.85	57.41	28.84	43.13	0.950928	0.85	1.118739	0.36	12.33	2.0E+07
16	215.19	108.95	65.50	79.88	30.77	55.33	0.977783	0.90	1.086426	0.38	12.68	1.8E+07
17	171.46	108.55	59.00	68.15	25.56	46.86	0.772705	0.80	0.965881	0.34	10.02	1.7E+07
18	164.95	101.30	59.50	42.21	26.80	34.51	0.747070	0.85	0.878906	0.36	9.69	1.5E+07
19	167.23	96.10	60.25	53.68	28.41	41.04	0.777588	0.85	0.914809	0.36	10.09	1.6E+07
20	186.31	101.40	63.95	58.43	33.02	45.72	0.882568	0.85	1.038315	0.36	11.45	1.8E+07
Sum	3770.70	2124.15	1240.95	1158.49	593.49	875.99	18.40	17.40	21.16	7.41	238.63	3.7E+08
Ave	188.54	106.21	62.05	57.92	29.67	43.80	0.92	0.87	1.06	0.37	11.93	1.8E+07
SD	22.44	7.47	2.30	12.19	3.04	6.64	0.10	0.03	0.12	0.01	1.36	2.1E+06
CV	11.90%	7.03%	3.70%	21.05%	10.23%	15.16%	11.36%	3.91%	11.19%	3.91%	11.36%	11.59%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง31 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 87 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	209.20	116.00	64.70	47.55	28.84	38.20	0.844727	0.95	0.889186	0.40	10.96	1.5E+07
2	129.29	98.90	56.80	48.24	28.62	38.43	0.969238	0.85	1.140280	0.36	12.57	2.0E+07
3	155.18	98.80	57.90	48.94	28.41	38.67	0.645752	0.85	0.759708	0.36	8.38	1.3E+07
4	183.66	103.60	62.30	57.41	31.85	44.63	0.911865	0.85	1.072782	0.36	11.83	1.9E+07
5	151.25	95.10	60.40	62.90	27.18	45.04	0.899658	0.85	1.058421	0.36	11.67	1.8E+07
6	160.51	100.95	60.30	49.67	28.62	39.15	0.889893	0.80	1.112366	0.34	11.54	2.0E+07
7	170.53	97.50	64.60	46.25	31.85	39.05	0.765381	1.05	0.728934	0.45	9.93	1.1E+07
8	177.22	103.40	62.30	47.55	26.43	36.99	0.937500	0.90	1.041667	0.38	12.16	1.8E+07
9	166.88	100.30	63.80	48.24	32.13	40.19	0.908203	0.90	1.009114	0.38	11.78	1.7E+07
10	150.04	99.80	56.00	47.55	26.61	37.08	0.927734	0.85	1.091452	0.36	12.03	1.9E+07
11	157.18	98.50	59.60	48.94	29.53	39.24	0.895996	0.85	1.054113	0.36	11.62	1.8E+07
12	175.29	101.50	65.10	49.67	30.01	39.84	0.930176	0.85	1.094325	0.36	12.06	1.9E+07
13	143.60	94.30	59.60	35.32	27.57	31.45	0.919189	0.85	1.081399	0.36	11.92	1.9E+07
14	198.51	109.90	63.30	64.14	27.98	46.06	0.854492	0.90	0.949436	0.38	11.08	1.6E+07
15	169.74	107.40	60.40	52.82	25.90	39.36	0.831299	0.95	0.875052	0.40	10.78	1.4E+07
16	159.97	102.20	64.30	59.48	33.33	46.41	0.869141	0.95	0.914885	0.40	11.27	1.5E+07
17	198.54	110.20	65.40	44.42	33.33	38.87	0.883789	0.90	0.981988	0.38	11.46	1.7E+07
18	186.01	108.70	59.60	46.89	26.43	36.66	0.865479	0.80	1.081849	0.34	11.23	1.9E+07
19	166.95	99.80	60.95	65.42	30.77	48.09	0.822754	0.80	1.028443	0.34	10.67	1.9E+07
Sum	3374.43	2054.55	1227.45	1055.46	592.61	824.03	17.39	17.70	19.78	7.54	225.50	3.4E+08
Ave	168.72	102.73	61.37	52.77	29.63	41.20	0.87	0.89	0.99	0.38	11.28	1.7E+07
SD	19.71	5.62	2.79	10.41	2.93	6.07	0.07	0.07	0.12	0.03	0.93	2.5E+06
CV	11.68%	5.47%	4.54%	19.72%	9.88%	14.73%	8.27%	7.58%	12.24%	7.58%	8.27%	14.90%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง32 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 89 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	155.65	97.00	58.55	41.19	26.25	33.72	0.902100	0.9	1.002333	0.38	11.70	1.7E+07
2	165.77	102.20	59.00	52.00	33.02	42.51	0.932617	0.90	1.036241	0.38	12.10	1.8E+07
3	220.68	114.95	64.30	86.28	35.68	60.98	0.877686	0.95	0.923880	0.40	11.38	1.5E+07
4	129.38	93.00	55.00	33.96	23.33	28.65	0.858154	0.90	0.953504	0.38	11.13	1.6E+07
5	160.40	99.00	61.30	52.00	24.92	38.46	0.947266	0.90	1.052518	0.38	12.29	1.8E+07
6	131.79	95.00	55.60	44.42	25.56	34.99	0.972900	0.85	1.144588	0.36	12.62	2.0E+07
7	127.42	87.45	56.25	37.20	27.38	32.29	0.893555	0.95	0.940584	0.40	11.59	1.6E+07
8	89.67	79.00	51.80	56.43	25.56	40.99	0.881348	0.90	0.979276	0.38	11.43	1.7E+07
9	160.08	102.80	60.00	56.43	28.62	42.52	0.958252	0.85	1.127355	0.36	12.43	2.0E+07
10	133.11	97.20	54.80	52.82	24.76	38.79	0.957031	0.85	1.125919	0.36	12.41	2.0E+07
11	152.16	96.20	59.00	45.62	29.07	37.34	0.955811	0.85	1.124484	0.36	12.40	2.0E+07
12	202.14	101.00	64.30	56.43	30.77	43.60	0.931396	0.95	0.980417	0.40	12.08	1.6E+07
13	148.78	94.40	60.60	48.94	24.92	36.93	1.008301	0.85	1.186236	0.36	13.08	2.1E+07
14	126.01	92.40	55.20	45.01	25.90	35.46	0.928955	0.90	1.032172	0.38	12.05	1.8E+07
15	183.40	105.40	61.20	55.48	27.38	41.43	0.939941	0.90	1.044379	0.38	12.19	1.8E+07
16	152.40	101.70	57.60	60.58	28.62	44.60	1.002197	0.85	1.179055	0.36	13.00	2.1E+07
17	150.79	96.70	58.30	58.43	26.43	42.43	1.002197	0.85	1.179055	0.36	13.00	2.1E+07
18	159.90	99.00	60.50	49.67	28.19	38.93	0.998535	0.80	1.248169	0.34	12.95	2.2E+07
19	118.83	98.60	56.30	38.43	26.61	32.52	0.950928	0.90	1.056587	0.38	12.33	1.8E+07
20	126.09	94.50	55.00	45.01	22.45	33.73	0.650635	1.25	0.520508	0.53	8.44	7.5E+06
Sum	2994.45	1947.50	1164.60	1016.32	545.42	780.87	18.55	18.05	20.84	7.69	240.59	3.6E+08
Ave	149.72	97.38	58.23	50.82	27.27	39.04	0.93	0.90	1.04	0.38	12.03	1.8E+07
SD	29.68	7.14	3.29	11.21	3.16	6.76	0.08	0.09	0.15	0.04	1.02	3.1E+06
CV	19.82%	7.34%	5.64%	22.07%	11.59%	17.31%	8.44%	10.08%	14.71%	10.08%	8.44%	17.57%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง33 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 91 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	154.93	94.40	61.00	46.25	29.77	38.01	0.880127	0.95	0.926449	0.40	11.42	1.5E+07
2	225.51	114.40	64.40	61.72	30.01	45.87	0.968018	0.90	1.075576	0.38	12.56	1.8E+07
3	170.32	104.00	59.65	81.91	32.72	57.31	1.008301	0.85	1.186236	0.36	13.08	2.1E+07
4	171.35	106.00	60.30	66.76	28.84	47.80	0.998535	0.85	1.174747	0.36	12.95	2.1E+07
5	181.06	109.80	59.65	71.13	30.01	50.57	0.910645	0.90	1.011828	0.38	11.81	1.7E+07
6	183.18	108.60	60.60	65.42	29.30	47.36	0.953369	0.85	1.121611	0.36	12.37	2.0E+07
7	155.56	99.00	60.55	66.76	30.51	48.63	0.999756	0.80	1.249695	0.34	12.97	2.3E+07
8	211.91	112.45	63.00	288.78	36.05	162.41	0.914307	0.90	1.015897	0.38	11.86	1.7E+07
9	190.05	105.90	63.00	59.48	30.77	45.13	0.952148	0.90	1.057942	0.38	12.35	1.8E+07
10	170.32	107.60	58.80	76.13	29.07	52.60	1.026611	0.90	1.140679	0.38	13.32	1.9E+07
11	203.92	106.00	62.00	62.90	25.90	44.40	0.980225	0.85	1.153206	0.36	12.71	2.0E+07
12	178.26	105.00	61.70	59.48	26.99	43.23	0.714111	1.10	0.649192	0.47	9.26	1.0E+07
13	149.14	101.00	56.40	58.43	29.77	44.10	1.020508	0.75	1.360677	0.32	13.24	2.5E+07
14	178.25	103.70	61.00	68.15	27.57	47.86	1.000977	0.90	1.112197	0.38	12.98	1.9E+07
15	162.37	97.60	57.90	58.43	25.73	42.08	0.999756	0.85	1.176184	0.36	12.97	2.1E+07
16	178.59	97.10	62.20	69.61	30.77	50.19	0.983887	0.90	1.093208	0.38	12.76	1.9E+07
17	159.27	96.75	61.45	52.00	27.78	39.89	0.964355	0.80	1.205444	0.34	12.51	2.2E+07
18	164.22	102.40	58.15	66.76	29.96	48.36	0.893555	0.90	0.992839	0.38	11.59	1.7E+07
19	206.36	112.00	66.35	84.04	40.70	62.37	0.972900	0.85	1.144588	0.36	12.62	2.0E+07
20	194.83	108.30	62.45	79.88	30.77	55.33	1.025391	0.85	1.206342	0.36	13.30	2.1E+07
Sum	3589.40	2092.00	1220.55	1543.98	603.00	1073.49	19.17	17.55	22.05	7.48	248.60	3.8E+08
Ave	179.47	104.60	61.03	77.20	30.15	53.67	0.96	0.88	1.10	0.37	12.43	1.9E+07
SD	20.67	5.64	2.31	50.71	3.39	26.25	0.07	0.07	0.15	0.03	0.93	3.1E+06
CV	11.52%	5.40%	3.79%	65.68%	11.23%	48.90%	7.50%	7.95%	13.17%	7.95%	7.50%	16.22%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง34 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 93 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	172.16	102.40	61.00	58.43	30.01	44.22	0.850830	1.1	0.773482	0.47	11.04	1.2E+07
2	128.72	90.00	56.00	41.70	24.46	33.08	0.957031	0.90	1.063368	0.38	12.41	1.8E+07
3	176.91	104.00	62.00	53.68	30.77	42.22	1.051025	0.85	1.236500	0.36	13.63	2.2E+07
4	184.34	111.30	61.00	64.14	27.78	45.96	0.904541	0.90	1.005046	0.38	11.73	1.7E+07
5	170.98	99.00	60.40	64.14	28.41	46.27	0.999756	0.85	1.176184	0.36	12.97	2.1E+07
6	183.10	109.45	60.50	57.41	29.07	43.24	1.015625	0.90	1.128472	0.38	13.17	1.9E+07
7	127.93	91.65	55.40	49.67	25.07	37.37	0.976562	0.90	1.085069	0.38	12.67	1.8E+07
8	186.94	102.70	61.65	54.56	26.61	40.59	1.014404	0.80	1.268005	0.34	13.16	2.3E+07
9	136.15	90.45	56.20	53.68	28.84	41.26	0.996094	0.85	1.171875	0.36	12.92	2.0E+07
10	135.16	91.25	55.30	49.67	24.76	37.22	0.964355	0.80	1.205444	0.34	12.51	2.2E+07
11	177.19	103.55	60.00	52.00	25.07	38.53	1.064453	0.85	1.252298	0.36	13.81	2.2E+07
12	180.27	102.70	60.15	61.72	29.07	45.39	1.019287	0.90	1.132541	0.38	13.22	1.9E+07
13	167.53	98.80	59.00	46.25	30.77	38.51	0.953369	0.90	1.059299	0.38	12.37	1.8E+07
14	123.82	90.00	53.50	45.01	27.98	36.50	0.991211	0.85	1.166131	0.36	12.86	2.0E+07
15	176.07	98.00	63.00	42.21	29.53	35.87	1.058350	0.85	1.245118	0.36	13.73	2.2E+07
16	250.99	126.45	66.00	64.14	29.07	46.60	0.732422	1.15	0.636889	0.49	9.50	9.6E+06
17	158.12	95.00	61.00	47.55	32.42	39.99	0.994873	0.85	1.170439	0.36	12.90	2.0E+07
18	144.60	95.00	57.00	47.55	25.40	36.48	0.605469	1.05	0.576637	0.45	7.85	9.1E+06
19	132.69	88.00	58.20	43.29	27.38	35.33	1.029053	0.90	1.143392	0.38	13.35	1.9E+07
20	130.74	92.75	54.00	46.25	24.46	35.35	0.946045	0.90	1.051161	0.38	12.27	1.8E+07
Sum	3244.41	1982.45	1181.30	1043.02	556.93	799.97	19.12	18.05	21.55	7.69	248.05	3.7E+08
Ave	162.22	99.12	59.07	52.15	27.85	40.00	0.96	0.90	1.08	0.38	12.40	1.8E+07
SD	30.74	9.29	3.27	7.48	2.37	4.20	0.11	0.09	0.20	0.04	1.46	3.9E+06
CV	18.95%	9.37%	5.53%	14.33%	8.52%	10.49%	11.78%	10.24%	18.14%	10.24%	11.78%	21.29%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง35 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 95 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	215.02	106.80	66.60	52.00	35.32	43.66	0.622559	1.25	0.498047	0.53	8.07	7.2E+06
2	159.36	100.00	57.20	74.38	30.26	52.32	1.053467	0.85	1.239373	0.36	13.66	2.2E+07
3	162.84	98.60	60.10	57.41	29.53	43.47	0.926514	0.90	1.029460	0.38	12.02	1.7E+07
4	169.81	102.40	61.65	79.88	31.57	55.73	1.009521	0.85	1.187672	0.36	13.09	2.1E+07
5	182.99	105.80	61.40	54.56	31.03	42.80	1.037598	0.85	1.220704	0.36	13.46	2.1E+07
6	186.62	107.30	60.40	52.82	26.99	39.91	1.004639	0.85	1.181928	0.36	13.03	2.1E+07
7	153.24	94.20	56.60	50.42	23.33	36.88	0.950928	0.95	1.000977	0.40	12.33	1.7E+07
8	189.68	106.35	62.90	55.48	29.07	42.27	0.979004	0.95	1.030531	0.40	12.70	1.7E+07
9	184.65	108.20	61.00	50.42	28.84	39.63	0.969238	0.85	1.140280	0.36	12.57	2.0E+07
10	162.58	105.35	56.70	55.48	28.41	41.94	0.976562	0.90	1.085069	0.38	12.67	1.8E+07
11	168.22	99.40	61.50	60.58	29.30	44.94	1.020508	0.85	1.200598	0.36	13.24	2.1E+07
12	152.34	94.50	57.55	62.90	28.19	45.55	0.991211	0.85	1.166131	0.36	12.86	2.0E+07
13	203.78	108.30	65.50	57.41	29.30	43.35	0.740967	0.90	0.823297	0.38	9.61	1.4E+07
14	154.59	95.00	67.70	50.42	26.25	38.34	0.822754	0.95	0.866057	0.40	10.67	1.4E+07
15	175.22	102.80	62.50	58.43	26.99	42.71	0.993652	0.85	1.169002	0.36	12.89	2.0E+07
16	225.07	111.35	65.25	59.48	32.72	46.10	0.957031	0.90	1.063368	0.38	12.41	1.8E+07
17	186.11	105.40	61.00	57.41	28.62	43.02	0.865479	0.90	0.961643	0.38	11.23	1.6E+07
18	155.23	103.90	57.40	58.43	25.73	42.08	0.773926	1.00	0.773926	0.43	10.04	1.2E+07
19	217.76	108.85	64.65	52.00	25.73	38.86	0.677490	0.85	0.797047	0.36	8.79	1.4E+07
20	175.07	101.35	61.00	71.13	29.07	50.10	0.894775	0.95	0.941868	0.40	11.61	1.6E+07
Sum	3580.18	2065.85	1228.60	1171.03	576.25	873.64	18.27	18.20	20.38	7.75	236.93	3.5E+08
Ave	179.01	103.29	61.43	58.55	28.81	43.68	0.91	0.91	1.02	0.39	11.85	1.7E+07
SD	22.35	5.02	3.32	8.09	2.68	4.65	0.12	0.09	0.19	0.04	1.61	3.7E+06
CV	12.48%	4.86%	5.40%	13.82%	9.29%	10.64%	13.57%	10.18%	18.77%	10.18%	13.57%	21.36%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง36 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 97 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	302.93	123.35	72.70	77.96	33.96	55.96	0.988770	0.9	1.098633	0.38	12.82	1.9E+07
2	162.65	102.10	59.30	58.43	24.16	41.29	0.852051	0.90	0.946723	0.38	11.05	1.6E+07
3	133.46	88.90	58.00	46.25	24.76	35.50	0.838623	0.90	0.931803	0.38	10.88	1.6E+07
4	204.64	109.00	63.85	60.58	32.42	46.50	0.855713	0.95	0.900751	0.40	11.10	1.5E+07
5	125.20	94.00	56.35	42.21	26.07	34.14	0.874023	0.90	0.971137	0.38	11.34	1.6E+07
6	307.84	104.70	72.70	86.28	35.32	60.80	0.959473	0.95	1.009972	0.40	12.44	1.7E+07
7	205.86	113.00	61.85	68.15	24.76	46.45	0.998535	0.90	1.109483	0.38	12.95	1.9E+07
8	207.99	115.70	62.75	64.14	25.73	44.93	0.821533	1.00	0.821533	0.43	10.66	1.3E+07
9	177.00	67.20	61.45	55.48	28.19	41.83	0.776367	1.00	0.776367	0.43	10.07	1.3E+07
10	211.00	111.65	63.00	81.91	28.41	55.16	0.921631	0.85	1.084272	0.36	11.95	1.9E+07
11	145.71	97.00	60.00	43.29	27.78	35.53	0.878906	0.95	0.925164	0.40	11.40	1.5E+07
12	215.00	106.00	66.00	52.82	25.23	39.03	0.986328	0.95	1.038240	0.40	12.79	1.7E+07
13	213.50	110.25	64.80	68.15	32.42	50.29	0.947266	0.95	0.997122	0.40	12.29	1.6E+07
14	180.66	110.90	59.00	59.48	21.88	40.68	0.880127	0.85	1.035444	0.36	11.42	1.8E+07
15	166.67	105.00	58.40	52.82	26.99	39.91	0.997314	0.90	1.108127	0.38	12.94	1.9E+07
16	176.04	103.00	63.30	62.90	27.78	45.34	0.996094	0.95	1.048520	0.40	12.92	1.7E+07
17	151.46	98.00	58.00	64.14	24.61	44.37	1.019287	0.95	1.072934	0.40	13.22	1.8E+07
18	150.64	96.00	58.00	55.48	25.07	40.28	0.987549	0.95	1.039525	0.40	12.81	1.7E+07
19	164.42	102.45	60.40	47.55	27.57	37.56	0.953369	0.90	1.059299	0.38	12.37	1.8E+07
20	184.76	101.85	61.35	58.43	26.99	42.71	0.975342	1.05	0.928897	0.45	12.65	1.5E+07
Sum	3787.43	2060.05	1241.20	1206.43	550.10	878.27	18.51	18.65	19.90	7.95	240.05	3.3E+08
Ave	189.37	103.00	62.06	60.32	27.51	43.91	0.93	0.93	1.00	0.40	12.00	1.7E+07
SD	48.04	11.68	4.45	12.04	3.52	7.13	0.07	0.05	0.09	0.02	0.93	1.8E+06
CV	25.37%	11.34%	7.17%	19.97%	12.81%	16.24%	7.78%	5.30%	9.40%	5.30%	7.78%	11.02%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง37 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 99 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	176.60	102.70	59.10	48.94	25.40	37.17	0.686035	1.15	0.596552	0.49	8.90	9.0E+06
2	183.50	101.00	64.00	46.25	30.51	38.38	0.845947	0.90	0.939941	0.38	10.97	1.6E+07
3	154.90	94.75	59.00	47.55	25.73	36.64	0.854492	0.85	1.005285	0.36	11.08	1.8E+07
4	197.24	100.50	63.70	42.21	27.38	34.79	0.861816	0.90	0.957573	0.38	11.18	1.6E+07
5	156.36	93.00	59.00	52.00	28.19	40.09	0.898437	0.95	0.945723	0.40	11.65	1.6E+07
6	162.86	98.00	58.70	51.20	27.57	39.39	0.620117	1.20	0.516764	0.51	8.04	7.6E+06
7	135.17	90.60	56.40	41.19	25.23	33.21	0.820312	0.95	0.863486	0.40	10.64	1.4E+07
8	156.74	95.55	57.00	52.82	26.80	39.81	0.891113	0.90	0.990126	0.38	11.56	1.7E+07
9	157.81	96.20	58.30	41.70	25.90	33.80	0.847168	0.90	0.941298	0.38	10.99	1.6E+07
10	157.02	97.00	58.00	41.70	24.61	33.15	0.839844	0.90	0.933160	0.38	10.89	1.6E+07
11	156.72	94.00	57.80	56.43	25.23	40.83	0.863037	0.95	0.908460	0.40	11.19	1.5E+07
12	176.35	96.35	61.40	48.24	29.07	38.65	0.877686	0.85	1.032572	0.36	11.38	1.8E+07
13	194.66	101.00	61.10	52.00	25.73	38.86	0.413818	1.00	0.413818	0.43	5.37	6.7E+06
14	193.45	104.25	62.75	55.48	30.77	43.12	0.872803	0.95	0.918740	0.40	11.32	1.5E+07
15	186.76	101.60	62.20	41.70	26.43	34.06	0.850830	0.90	0.945367	0.38	11.04	1.6E+07
16	189.27	97.25	65.00	81.91	29.07	55.49	0.844727	0.95	0.889186	0.40	10.96	1.5E+07
17	162.59	102.00	62.00	43.29	26.43	34.86	0.805664	0.95	0.848067	0.40	10.45	1.4E+07
18	179.96	104.00	59.60	72.72	34.29	53.51	0.544434	1.15	0.473421	0.49	7.06	7.1E+06
19	135.11	96.50	57.25	44.42	25.07	34.75	0.633545	1.15	0.550909	0.49	8.22	8.3E+06
20	172.67	102.20	58.60	65.42	27.18	46.30	0.811768	0.95	0.854493	0.40	10.53	1.4E+07
Sum	3385.74	1968.45	1200.90	1027.14	546.59	786.87	15.68	19.40	16.52	8.27	203.42	2.7E+08
Ave	169.29	98.42	60.05	51.36	27.33	39.34	0.78	0.97	0.83	0.41	10.17	1.4E+07
SD	18.54	3.88	2.53	10.93	2.42	6.23	0.13	0.11	0.20	0.05	1.72	3.7E+06
CV	10.95%	3.95%	4.22%	21.28%	8.86%	15.83%	16.90%	10.89%	23.65%	10.89%	16.90%	27.08%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง38 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 101 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	188.95	112.00	64.00	44.42	25.73	35.07	0.858154	0.95	0.903320	0.40	11.13	1.5E+07
2	196.81	102.30	64.00	52.82	33.64	43.23	0.878906	0.90	0.976562	0.38	11.40	1.7E+07
3	166.52	101.45	56.65	52.82	25.56	39.19	0.932617	0.90	1.036241	0.38	12.10	1.8E+07
4	227.64	106.60	69.00	46.25	29.77	38.01	0.926514	0.90	1.029460	0.38	12.02	1.7E+07
5	219.74	106.35	67.20	53.68	30.77	42.22	0.960693	0.90	1.067437	0.38	12.46	1.8E+07
6	185.76	95.50	63.80	40.70	26.80	33.75	0.909424	0.90	1.010471	0.38	11.80	1.7E+07
7	198.39	103.00	62.45	59.48	29.07	44.28	0.438232	1.00	0.438232	0.43	5.68	7.1E+06
8	166.64	98.90	58.50	58.43	29.30	43.86	0.831299	1.00	0.831299	0.43	10.78	1.3E+07
9	193.00	102.00	64.00	58.43	33.96	46.19	0.794678	1.05	0.756836	0.45	10.31	1.2E+07
10	212.49	107.00	65.40	41.70	29.53	35.61	0.561523	1.30	0.431941	0.55	7.28	6.1E+06
11	133.20	91.00	56.60	39.76	24.76	32.26	0.493164	1.60	0.308228	0.68	6.40	3.9E+06
12	143.62	88.00	57.50	46.89	26.99	36.94	0.863789	0.95	0.909252	0.40	11.20	1.5E+07
13	157.57	94.65	59.80	48.24	24.92	36.58	0.410156	1.00	0.410156	0.43	5.32	6.6E+06
14	236.41	103.00	69.00	47.55	31.03	39.29	0.294189	1.30	0.226299	0.55	3.82	3.2E+06
15	158.80	96.60	57.50	51.20	28.41	39.80	0.924072	0.85	1.087144	0.36	11.99	1.9E+07
16	203.09	100.80	65.80	39.76	27.57	33.67	0.765381	1.05	0.728934	0.45	9.93	1.1E+07
17	73.30	93.40	65.00	48.94	31.03	39.99	0.705566	1.10	0.641424	0.47	9.15	9.8E+06
18	160.07	90.40	60.75	49.67	24.61	37.14	0.891113	0.95	0.938014	0.40	11.56	1.5E+07
19	123.44	86.30	55.50	43.29	23.60	33.44	0.556641	1.25	0.445313	0.53	7.22	6.4E+06
20	140.46	91.60	55.30	42.21	24.61	33.41	0.831299	0.90	0.923666	0.38	10.78	1.6E+07
Sum	3485.90	1970.85	1237.75	966.24	561.66	763.95	14.83	20.75	15.10	8.84	192.31	2.5E+08
Ave	174.30	98.54	61.89	48.31	28.08	38.20	0.74	1.04	0.76	0.44	9.62	1.2E+07
SD	39.90	7.05	4.47	6.25	3.06	4.14	0.21	0.19	0.28	0.08	2.66	5.2E+06
CV	22.89%	7.16%	7.22%	12.93%	10.90%	10.83%	27.70%	18.23%	37.25%	18.23%	27.70%	41.77%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง39 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 103 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	231.57	113.50	66.00	55.48	28.19	41.83	0.841064	1	0.841064	0.43	10.91	1.4E+07
2	179.22	114.65	59.70	59.48	27.18	43.33	0.566406	1.23	0.460493	0.52	7.35	6.7E+06
3	198.65	102.70	63.55	69.61	30.51	50.06	0.410156	1.50	0.273437	0.64	5.32	3.6E+06
4	166.05	93.40	61.80	74.38	29.30	51.84	0.336914	1.25	0.269531	0.53	4.37	3.9E+06
5	237.13	116.10	65.40	58.43	27.78	43.10	0.880127	1.00	0.880127	0.43	11.42	1.4E+07
6	161.97	100.00	57.30	56.43	26.99	41.71	0.909424	0.85	1.069911	0.36	11.80	1.9E+07
7	185.86	107.25	60.45	61.72	26.80	44.26	0.565186	1.20	0.470988	0.51	7.33	6.9E+06
8	190.66	107.45	61.40	49.67	28.62	39.15	0.491943	1.30	0.378418	0.55	6.38	5.3E+06
9	203.64	114.45	60.70	69.61	26.43	48.02	0.711670	1.15	0.618843	0.49	9.23	9.3E+06
10	163.63	100.55	58.70	49.67	23.74	36.70	0.725098	1.15	0.630520	0.49	9.40	9.5E+06
11	190.11	106.90	61.80	88.65	26.99	57.82	0.390625	1.55	0.252016	0.66	5.07	3.3E+06
12	224.29	113.20	63.80	76.13	29.53	52.83	0.465088	1.40	0.332206	0.60	6.03	4.5E+06
13	192.71	112.20	61.15	71.13	30.26	50.69	0.426025	1.35	0.315574	0.58	5.53	4.4E+06
14	205.19	114.15	63.95	55.48	29.53	42.51	0.802002	1.00	0.802002	0.43	10.40	1.3E+07
15	182.79	106.60	60.95	79.88	27.38	53.63	0.433350	1.40	0.309536	0.60	5.62	4.2E+06
16	186.34	104.40	61.40	93.81	29.77	61.79	0.393066	1.50	0.262044	0.64	5.10	3.4E+06
17	195.23	107.90	63.90	76.13	26.25	51.19	0.474854	1.40	0.339181	0.60	6.16	4.6E+06
18	173.41	100.65	60.30	59.48	31.57	45.53	0.334473	1.75	0.191127	0.75	4.34	2.3E+06
19	152.73	96.30	61.60	43.85	25.07	34.46	0.343018	1.10	0.311835	0.47	4.45	4.8E+06
20	174.97	106.45	58.95	71.13	28.84	49.99	0.686035	1.05	0.653367	0.45	8.90	1.0E+07
Sum	3796.15	2138.80	1232.80	1320.13	560.73	940.43	11.19	25.13	9.66	10.71	145.09	1.5E+08
Ave	189.81	106.94	61.64	66.01	28.04	47.02	0.56	1.26	0.48	0.54	7.25	7.3E+06
SD	22.70	6.54	2.24	13.24	1.94	6.98	0.19	0.23	0.25	0.10	2.51	4.5E+06
CV	11.96%	6.12%	3.63%	20.06%	6.93%	14.85%	34.56%	18.05%	52.47%	18.05%	34.56%	61.92%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

ตารางผนวกที่ ง40 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 105 วัน

ลำดับ	น้ำหนัก	ขนาด (mm)		รัศมี (mm)		r_{ave}(mm)	a(km/s^2)	T(ms)	a/t	D*(mm)	F**(N)	E***
	(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x							
1	202.55	109.65	60.95	88.65	37.60	63.13	0.352783	1.8	0.195991	0.77	4.58	2.4E+06
2	227.99	109.95	70.00	96.63	31.85	64.24	0.458984	1.35	0.339988	0.58	5.95	4.7E+06
3	187.30	107.95	59.60	81.91	28.41	55.16	0.406494	1.40	0.290353	0.60	5.27	4.0E+06
4	229.04	113.35	69.00	60.58	30.77	45.67	0.405273	1.40	0.289481	0.60	5.26	3.9E+06
5	178.93	100.95	62.40	60.58	27.18	43.88	0.369873	1.65	0.224165	0.70	4.80	2.8E+06
6	178.53	102.70	59.45	58.43	28.84	43.63	0.389404	1.50	0.259603	0.64	5.05	3.4E+06
7	232.93	117.35	65.50	106.21	27.38	66.79	0.325928	1.80	0.181071	0.77	4.23	2.2E+06
8	178.77	105.20	59.65	72.72	25.56	49.14	0.529785	1.25	0.423828	0.53	6.87	6.1E+06
9	204.76	107.10	63.10	64.14	29.07	46.60	0.423584	1.40	0.302560	0.60	5.49	4.1E+06
10	175.26	94.50	60.25	41.70	28.84	35.27	0.588379	1.20	0.490316	0.51	7.63	7.2E+06
11	206.07	113.25	61.30	151.46	32.42	91.94	0.338135	2.05	0.164944	0.87	4.39	1.9E+06
12	178.62	106.45	57.90	65.42	28.19	46.81	0.488281	1.30	0.375601	0.55	6.33	5.3E+06
13	178.53	103.10	59.10	65.42	28.84	47.13	0.104980	2.05	0.051210	0.87	1.36	5.8E+05
14	124.83	91.45	59.60	64.14	24.02	44.08	0.397949	1.45	0.274448	0.62	5.16	3.7E+06
15	202.01	116.50	58.75	109.85	28.19	69.02	0.513916	1.25	0.411133	0.53	6.67	5.9E+06
16	152.43	92.10	58.50	55.48	24.76	40.12	0.417480	1.30	0.321138	0.55	5.41	4.5E+06
17	137.19	94.05	56.00	52.82	28.41	40.61	0.588379	1.20	0.490316	0.51	7.63	7.2E+06
18	138.97	94.30	57.90	55.48	31.57	43.52	0.427246	1.05	0.406901	0.45	5.54	6.4E+06
19	171.97	101.40	60.70	56.43	29.77	43.10	0.377197	1.60	0.235748	0.68	4.89	3.0E+06
20	154.47	94.20	58.90	38.86	27.57	33.22	0.817871	0.95	0.860917	0.40	10.61	1.4E+07
Sum	3641.15	2075.50	1218.55	1446.88	579.25	1013.07	8.72	28.95	6.59	12.33	113.12	9.3E+07
Ave	182.06	103.78	60.93	72.34	28.96	50.65	0.44	1.45	0.33	0.62	5.66	4.7E+06
SD	30.63	8.28	3.58	26.88	2.98	14.02	0.14	0.30	0.17	0.13	1.79	2.9E+06
CV	16.83%	7.98%	5.88%	37.15%	10.29%	27.67%	31.67%	20.71%	50.88%	20.71%	31.67%	61.63%

หมายเหตุ D = การเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

F = แรงที่กระทำกับมะม่วง (นิวตัน)

E = โมดูลยัง (ปาสคาล)

<u>ตารางผนวกที่ ง41</u> แสดงค่าความเร่งและเวลาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เงื่อนไขต่าง ๆ จากการทดลอง 1

		ความสูง 1 เซนติเมตร					
		10 กรัม		30 กรัม		50 กรัม	
		a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)
อายุ 60 วัน	1	0.472412	1.13	0.175171	1.63	0.3253175	1.80
	2	0.623169	1.08	0.4003905	1.53	0.3430175	1.83
	3	0.527954	1.10	0.3704835	1.50	0.3320315	1.78
	4	0.6085205	0.90	0.402832	1.48	0.307617	1.80
	5	0.6726075	1.03	0.3314205	1.45	0.328369	1.78
	6	0.6573485	1.13	0.3942875	1.48	0.321655	1.78
	7	0.571289	1.08	0.4125975	1.48	0.3387455	1.75
	8	0.567627	1.03	0.390625	1.43	0.3356935	1.80
	9	0.523071	1.03	0.3796385	1.45	0.3637695	1.70
	10	0.5682375	1.13	0.4364015	1.50	0.284424	1.90
อายุ 80 วัน	1	0.5706785	1.08	0.3686525	1.53	0.352173	1.78
	2	0.5718995	1.13	0.430908	1.58	0.344849	1.88
	3	0.5810545	1.08	0.3857425	1.55	0.3186035	1.83
	4	0.633545	1.05	0.4107665	1.58	0.3533935	1.73
	5	0.6097415	1.08	0.430298	1.50	0.349121	1.80
	6	0.5511475	0.95	0.388794	1.58	0.3167725	1.93
	7	0.5737305	1.13	0.3900145	1.58	0.3289795	1.83
	8	0.5633545	1.10	0.2575685	1.70	0.3027345	1.85
	9	0.567627	1.13	0.447388	1.50	0.325317	1.73
	10	0.5444335	1.08	0.4626465	1.45	0.307617	1.83

ตารางผนวกที่ ง41 (ต่อ)

		ความสูง 1 เซนติเมตร					
		10 กรัม		30 กรัม		50 กรัม	
		a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)
อายุ 100 วัน	1	0.6536865	0.95	0.444336	1.48	0.3674315	1.78
	2	0.604248	1.08	0.437622	1.50	0.3326415	1.75
	3	0.5999755	1.08	0.4467775	1.45	0.3619385	1.78
	4	0.5877685	1.08	0.3930665	1.50	0.3686525	1.78
	5	0.6066895	1.08	0.4138185	1.40	0.372314	1.80
	6	0.6536865	1.05	0.437012	1.45	0.336304	1.80
	7	0.587158	1.08	0.4492185	1.55	0.3521725	1.75
	8	0.612793	0.98	0.4284665	1.43	0.298462	1.88
	9	0.6243895	1.08	0.441096	1.50	0.343628	1.75
	10	0.598145	1.08	0.467529	1.45	0.3216555	1.93
อายุมากกว่า 110 วัน	1	0.1928715	2.90	0.1342775	3.00	0.119629	3.93
	2	0.189819	3.10	0.164795	2.80	0.128784	4.03
	3	0.2874755	1.93	0.217285	2.45	0.182495	2.90
	4	0.3179935	1.65	0.1745605	2.70	0.1269535	3.63
	5	0.224609	2.75	0.1690675	3.00	0.1623535	3.40
	6	0.2069095	2.25	0.205078	2.75	0.1177975	3.63
	7	0.279541	1.80	0.2233885	2.60	0.1568605	2.83

ตารางผนวกที่ ง41 (ต่อ)

		ความสูง 2 เซนติเมตร					
		10 กรัม		30 กรัม		50 กรัม	
		a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)
อายุ 60 วัน	1	0.812988	1.08	0.5737305	1.43	0.4571535	1.73
	2	0.871582	1.00	0.5773925	1.43	0.4925535	1.75
	3	0.859375	0.88	0.5908205	1.38	0.4803465	1.70
	4	0.7928465	0.98	0.592041	1.40	0.471802	1.70
	5	0.8032225	0.93	0.529785	1.43	0.467529	1.68
	6	0.875244	1.05	0.604248	1.38	0.458374	1.80
	7	0.878296	1.00	0.605469	1.30	0.498657	1.75
	8	0.8245845	0.88	0.5828855	1.43	0.449829	1.65
	9	0.800171	0.98	0.5859375	1.30	0.4901125	1.58
	10	0.8203125	1.03	0.6323245	1.43	0.4705815	1.75
อายุ 80 วัน	1	0.8212745	1.03	0.5932615	1.43	0.472412	1.73
	2	0.8099365	0.98	0.6365965	1.40	0.488281	1.78
	3	0.842285	0.98	0.612793	1.45	0.474243	1.75
	4	0.791626	1.00	0.6573485	1.40	0.5126955	1.68
	5	0.8551025	0.98	0.5859375	1.45	0.509033	1.70
	6	0.8050535	1.03	0.6433105	1.48	0.4833985	1.73
	7	0.8648685	1.05	0.560913	1.53	0.5065915	1.73
	8	0.8392335	1.00	0.588989	1.35	0.4638675	1.75
	9	0.7855225	0.80	0.664321	1.35	0.3137205	1.80
	10	0.791626	1.03	0.5755615	1.48	0.515137	1.65

ตารางผนวกที่ ง41 (ต่อ)

		ความสูง 2 เซนติเมตร					
		10 กรัม		30 กรัม		50 กรัม	
		a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	t(ms)	a(km/s^2)	T(ms)
อายุ 100 วัน	1	0.839844	1.03	0.6152345	1.43	0.4925535	1.70
	2	0.8374025	1.05	0.5963135	1.43	0.50415	1.78
	3	0.9240725	1.00	0.6384275	1.40	0.50354	1.63
	4	0.8441165	1.00	0.6359865	1.45	0.4937745	1.68
	5	0.8288575	0.98	0.571289	1.50	0.50354	1.73
	6	0.8666995	1.00	0.6158445	1.40	0.515747	1.68
	7	0.869751	1.00	0.609131	1.45	0.4772945	1.63
	8	0.828247	0.88	0.636597	1.48	0.5029295	1.75
	9	0.794678	0.98	0.567627	1.50	0.499268	1.70
	10	0.67749	0.98	0.580444	1.40	0.511475	1.68
อายุมากกว่า 110 วัน	1	0.2868655	2.53	0.2233885	3.03	0.1772815	3.40
	2	0.2978515	2.38	0.20813	3.45	0.1708985	3.58
	3	0.3536245	1.85	0.302124	2.58	0.255127	2.98
	4	0.299683	2.50	0.2111815	3.18	0.212402	3.45
	5	0.314331	2.31	0.24353	2.83	0.2056885	3.65
	6	0.369873	1.68	0.2368165	2.75	0.187378	3.28
	7	0.397339	1.48	0.314331	2.28	0.24292	2.80

ตารางผนวกที่ ง42 แสดงค่าต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุต่าง ๆ จากการทดลอง 1

		น้ำหนัก	ขนาด(mm)		รัศมี(mm)		r_{ave}(mm)	Effegi	UTM
		(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x			
อายุ 60 วัน	1	229	122.45	69.10	64.14	33.96	49.05	2.57	37.25
	2	326	146.05	75.10	93.81	42.21	68.01	3.19	33.50
	3	277	138.20	70.95	109.85	36.80	73.33	3.31	32.29
	4	295	136.90	74.00	79.88	40.70	60.29	3.25	30.38
	5	221	127.50	65.10	84.04	32.72	58.38	3.25	27.40
	6	281	129.45	75.15	64.14	35.68	49.91	2.57	30.00
	7	284	135.10	72.80	86.28	36.42	61.35	3.31	34.85
	8	227	122.70	67.50	62.90	28.62	45.76	2.64	30.35
	9	239	116.30	70.50	55.48	29.53	42.51	3.49	31.80
	10	280	135.30	73.40	66.76	34.63	50.69	3.13	40.14
อายุ 80 วัน	1	296	129.50	75.30	52.00	35.68	43.84	2.94	32.88
	2	319	136.85	75.10	79.88	34.97	57.43	3.06	32.21
	3	331	134.70	76.70	64.14	33.64	48.89	3.74	27.79
	4	306	140.30	71.55	57.41	31.03	44.22	4.05	34.94
	5	287	140.45	75.05	65.42	30.51	47.97	4.17	34.29
	6	295	138.90	70.70	64.14	32.72	48.43	3.68	33.65
	7	265	132.80	70.05	64.14	31.85	47.99	3.68	31.68
	8	289	135.55	70.85	52.82	31.85	42.34	3.98	34.58
	9	287	139.25	70.20	65.42	30.51	47.97	4.05	37.10
	10	296	138.55	73.60	65.42	33.02	49.22	3.68	35.67
อายุ 100 วัน	1	320	137.20	74.30	54.56	34.97	44.77	3.49	38.86
	2	344	131.40	78.50	59.48	32.42	45.95	3.56	33.91
	3	374	129.70	81.70	54.56	35.32	44.94	3.37	32.80
	4	335	131.90	76.20	65.42	32.72	49.07	3.98	28.99
	5	328	128.95	76.60	62.90	35.32	49.11	3.92	33.78
	6	396	135.10	81.70	72.72	40.23	56.47	3.06	37.01
	7	358	130.50	78.30	62.90	35.32	49.11	3.80	30.65
	8	344	136.05	76.80	57.41	32.42	44.92	3.31	31.01
	9	346	135.80	75.90	61.72	33.33	47.52	3.37	32.22
	10	430	136.20	82.95	74.38	36.05	55.21	3.06	37.64

ตารางผนวกที่ ง42 (ต่อ)

		น้ำหนัก	ขนาด(mm)		รัศมี(mm)		r_{ave}(mm)	Effegi	UTM
		(g)	แกน y	แกน x	แกน y	แกน x			
อายุมากกว่า 110 วัน	1	278	134.80	69.30	66.76	35.32	51.04	0.74	2.67
	2	344	145.30	73.55	77.96	36.80	57.38	0.66	3.28
	3	374	134.10	78.60	74.38	38.43	56.41	1.02	5.34
	4	291	127.75	72.70	57.41	35.32	46.36	1.13	4.03
	5	348	141.20	73.70	76.13	30.51	53.32	0.66	4.10
	6	421	153.35	82.45	65.42	36.80	51.11	0.67	4.36
	7	374	140.60	76.10	74.38	33.02	53.70	0.97	6.93

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ จ1 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Block	น้ำดอกไม้		โชคอนันต์	
	อายุ (วัน)	โมดูลัสยัง (ปาสคาล)	อายุ (วัน)	โมดูลัสยัง (ปาสคาล)
1 [bc]	75	14,255,522.87	67	18,119,395.78
2 [bd]	77	14,372,551.78	69	16,526,703.23
3 [cd]	79	14,463,946.15	71	16,508,849.21
4 [bc]	81	15,841,324.41	73	16,592,684.15
5 [a]	83	16,052,410.19	75	19,327,929.95
6 [ab]	85	15,155,547.42	77	19,286,918.79
7 [bc]	87	15,920,355.82	79	16,299,348.42
8 [ab]	89	15,886,506.14	81	18,175,841.70
9 [a]	91	17,524,588.62	83	18,205,656.34
10 [ab]	93	16,027,144.39	85	18,279,037.28
11 [abc]	95	16,704,900.50	87	17,018,132.80
12 [abc]	97	15,720,120.68	89	17,817,848.08
13 [abc]	99	14,331,694.30	91	19,083,546.11
14 [bc]	101	13,734,236.52	93	18,462,292.26
15 [cd]	103	13,685,235.60	95	17,364,585.97
16 [d]	105	12,679,087.49	97	16,636,456.80
17 [e]	107	12,556,993.84	99	13,699,829.57
18 [f]	109	9,359,059.90	101	12,346,188.20
19 [g]	111	6,195,342.56	103	7,316,762.17
20 [h]	113	2,649,140.86	105	4,674,053.01

หมายเหตุ ในแต่ละกลุ่มตามแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95