

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(8)
คำอธิบายอักษรย่อและสัญลักษณ์	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ตรวจสอบเอกสาร	2
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชมพู	2
คุณค่าทางโภชนาการของชมพู	2
แหล่งปลูกที่สำคัญ	3
การปฏิบัติ ก่อน หลัง และขณะเก็บเกี่ยวผลชมพู	3
พันธุ์ชมพูทางการค้าที่สำคัญ	3
ศักยภาพในการส่งออกผลชมพู	6
การทดสอบและการประเมินค่าลักษณะทางกายภาพและลักษณะเชิงกลของผลไม้	6
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	14
สถานที่ทำการทดลอง	23
ระยะเวลาในการทดลอง	23
ผลและวิจารณ์	24
สรุปและข้อเสนอแนะ	41
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	42
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก สูตรคณิตศาสตร์และตัวอย่างการคำนวณ	46
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบให้คะแนนทดสอบชิม	56
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	59
ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดสอบจากการทดลอง	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจานหมุนและ เส้นผ่าศูนย์กลางของผลม้งคู่กับระยะทางที่ผลม้งคู่เคลื่อนที่ ไปตามแนวแผ่นกั้นคัดขนาดของเครื่อง Greefa sizer	150
ภาคผนวก ฉ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก กับ ความกว้าง, ความยาวและ พื้นที่ภัพนายเพื่อกำหนดขนาดของมะม่วง 4 พันธุ์ คือ เขียวเสวย, น้ำดอกไม้, แรด และโชคอนันต์	167
ภาคผนวก ช สมบัติเชิงกลของผลชมพูไทย	184

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความแน่นเนื้อของผลไม้ต่าง ๆ	11
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมคือพันธุ์และขนาดต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลต่างๆ	24
3	ลักษณะทางกายภาพของผลชมพูและความแตกต่างทางสถิติตามขนาดในแต่ละพันธุ์ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 1%	34
4	สมบัติเชิงกลของผลชมพูและความแตกต่างทางสถิติตามขนาดในแต่ละพันธุ์ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 1%	35
5	ผลการทดสอบชิมและความแตกต่างทางสถิติตามพันธุ์ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 1%	40
ตารางผนวกที่		
ค1	ลักษณะทางกายภาพของชมพูตามขนาดในแต่ละพันธุ์ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 1 %	60
ค2	สมบัติเชิงกลของผลชมพูตามขนาดในแต่ละพันธุ์ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 1%	62
ง1	น้ำหนักพันธุ์ทับทิมจันทร์	65
ง2	น้ำหนักพันธุ์ทูลเกล้า	66
ง3	น้ำหนักพันธุ์เพชรสามพราน	67
ง4	น้ำหนักพันธุ์เพชรสายรุ้ง	68
ง5	น้ำหนักพันธุ์ทองสามสี	69
ง6	ความกว้างพันธุ์ทับทิมจันทร์	70
ง7	ความกว้างพันธุ์ทูลเกล้า	71
ง8	ความกว้างพันธุ์เพชรสามพราน	72
ง9	ความกว้างพันธุ์เพชรสายรุ้ง	73
ง10	ความกว้างพันธุ์ทองสามสี	74
ง11	ความยาวพันธุ์ทับทิมจันทร์	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง12	ความยาวพันธู์ทุลเกล้า	76
ง13	ความยาวพันธู์เพชรสามพราน	77
ง14	ความยาวพันธู์เพชรสายรุ้ง	78
ง15	ความยาวพันธู์ทองสามสี	79
ง16	ความชื้นพันธู์ทับทิมจันทร์	80
ง17	ความชื้นพันธู์ทุลเกล้า	81
ง18	ความชื้นพันธู์เพชรสามพราน	82
ง19	ความชื้นพันธู์เพชรสายรุ้ง	83
ง20	ความชื้นพันธู์ทองสามสี	84
ง21	ความชื้นที่ลดลงพันธู์ทับทิมจันทร์	85
ง22	ความชื้นที่ลดลงพันธู์ทุลเกล้า	86
ง23	ความชื้นที่ลดลงพันธู์เพชรสามพราน	87
ง24	ความชื้นที่ลดลงพันธู์เพชรสายรุ้ง	88
ง25	ความชื้นที่ลดลงพันธู์ทองสามสี	89
ง26	ความหวานพันธู์ทับทิมจันทร์	90
ง27	ความหวานพันธู์ทุลเกล้า	90
ง28	ความหวานพันธู์เพชรสามพราน	92
ง29	ความหวานพันธู์เพชรสายรุ้ง	93
ง30	ความหวานพันธู์ทองสามสี	94
ง31	ความถ่วงจำเพาะพันธู์ทับทิมจันทร์	95
ง32	ความถ่วงจำเพาะพันธู์ทุลเกล้า	96
ง33	ความถ่วงจำเพาะพันธู์เพชรสามพราน	97
ง34	ความถ่วงจำเพาะพันธู์เพชรสายรุ้ง	98
ง35	ความถ่วงจำเพาะพันธู์ทองสามสี	99
ง36	Rupture Force พันธู์ทับทิมจันทร์	100
ง37	Rupture Force พันธู์ทุลเกล้า	101
ง38	Rupture Force พันธู์เพชรสามพราน	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง39	Rupture Force พันธุ์เพชรสายรุ้ง	103
ง40	Rupture Force พันธุ์ทองสามสี	104
ง41	Deformation Dr พันธุ์ทับทิมจันทร์	105
ง42	Deformation Dr พันธุ์ทูลเกล้า	106
ง43	Deformation Dr พันธุ์เพชรสามพราน	107
ง44	Deformation Dr พันธุ์เพชรสายรุ้ง	108
ง45	Deformation Dr พันธุ์ทองสามสี	109
ง46	Toughness พันธุ์ทับทิมจันทร์	110
ง47	Toughness พันธุ์ ทูลเกล้า	111
ง48	Toughness พันธุ์เพชรสามพราน	112
ง49	Toughness พันธุ์เพชรสายรุ้ง	113
ง50	Toughness พันธุ์ทองสามสี	114
ง51	Average Firmness พันธุ์เพชรทับทิมจันทร์	115
ง52	Average Firmness พันธุ์ทูลเกล้า	116
ง53	Average Firmness พันธุ์เพชรสามพราน	117
ง54	Average Firmness พันธุ์เพชรสายรุ้ง	118
ง55	Average Firmness พันธุ์ทองสามสี	119
ง56	Initial Firmness พันธุ์ทับทิมจันทร์	120
ง57	Initial Firmness พันธุ์ทูลเกล้า	121
ง58	Initial Firmness พันธุ์เพชรสามพราน	122
จ1	ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของผลมังคุด	158
จ2	ระยะทางของผลมังคุดที่น่าจะเคลื่อนไปได้ตามแนวแผ่นกั้นคัดขนาดก่อนผล มังคุดตกออกจากช่องคัดขนาดที่ระดับความชื้นต่าง ๆ	162
ฉ1	อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงบางพันธุ์	172
ฉ2	น้ำหนักของมะม่วงแต่ละขนาด	172
ฉ3	การคัดขนาดมะม่วงของแต่ละพันธุ์	173
ฉ4	มาตรฐานการอบมะม่วงส่งออกญี่ปุ่น (Vapour Heat Treatment, VHT)	173

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ซ1	Physical characteristic of rose apple fruit with analysis of variance by cultivars (1% significance level)	195
ซ2	Physical characteristic of rose apple fruit categorized by size and analysis of variance according to cultivars (1% significance level)	196
ซ3	Analysis of variance of mechanical properties of rose apple fruit affected by cultivar at the significance level of 1%	198
ซ4	Analysis of variance of mechanical properties of rose apple fruit as affected by cultivar and size at the significance level of 1%	199

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง59	Initial Firmness พันธุ์เพชรสายรุ้ง	123
ง60	Initial Firmness พันธุ์ทองสามสี	124
ง61	Penetrating Force พันธุ์ทับทิมจันทร์	125
ง62	Penetrating Force พันธุ์ทูลเกล้า	126
ง63	Penetrating Force พันธุ์เพชรสามพราน	127
ง64	Penetrating Force พันธุ์เพชรสายรุ้ง	128
ง65	Penetrating Force พันธุ์ทองสามสี	129
ง66	Penetrating Energy พันธุ์ทับทิมจันทร์	130
ง67	Penetrating Energy พันธุ์ทูลเกล้า	131
ง68	Penetrating Energy พันธุ์เพชรสามพราน	132
ง69	Penetrating Energy พันธุ์เพชรสายรุ้ง	133
ง70	Penetrating Energy พันธุ์ทองสามสี	134
ง71	Modulus Of Elasticity E_p พันธุ์ทับทิมจันทร์	135
ง72	Modulus Of Elasticity E_p พันธุ์ทับทูลเกล้า	136
ง73	Modulus Of Elasticity E_p พันธุ์เพชรสามพราน	137
ง74	Modulus Of Elasticity E_p พันธุ์เพชรสายรุ้ง	138
ง75	Modulus Of Elasticity E_p พันธุ์ทองสามสี	139
ง76	Modulus Of Elasticity E_s พันธุ์ทับทิมจันทร์	140
ง77	Modulus Of Elasticity E_s พันธุ์ทูลเกล้า	141
ง78	Modulus Of Elasticity E_s พันธุ์เพชรสามพราน	142
ง79	Modulus Of Elasticity E_s พันธุ์เพชรสายรุ้ง	143
ง80	Modulus Of Elasticity E_s พันธุ์ทองสามสี	144
ง81	Modulus Of Elasticity E_t พันธุ์ทับทิมจันทร์	145
ง82	Modulus Of Elasticity E_t พันธุ์ทูลเกล้า	146
ง83	Modulus Of Elasticity E_t พันธุ์เพชรสามพราน	147
ง84	Modulus Of Elasticity E_t พันธุ์เพชรสายรุ้ง	148
ง85	Modulus Of Elasticity E_t พันธุ์ทองสามสี	149

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะผลของชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์	4
2	ลักษณะผลของชมพูพันธุ์ทูลเกล้า	4
3	ลักษณะผลของชมพูพันธุ์เพชรสามพราน	5
4	ลักษณะผลของชมพูพันธุ์เพชรสายรุ้ง	5
5	ลักษณะผลของชมพูพันธุ์ทองสามสี	6
6	เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกลของ Apples แบบ Impact plunger tests	7
7	แรง - การเปลี่ยนรูปและการหาค่า Elastic Modulus และ Rupture Parameter	8
8	ลักษณะกราฟของการกระทำกระแทก	9
9	การกระจายแรงกระแทก กับเวลาสำหรับระดับความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน	10
10	ชุดทดสอบ Impact Test	12
11	Diagram ของชุดทดสอบ Impact Test	12
12	การวัดความกว้างและยาวของผลชมพู	15
13	ชุดเครื่องมือทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของผลชมพู	16
14	การทดสอบแบบ Puncture compression test โดยใช้เครื่อง Instron 5569 (ซ้าย) Close-Up บริเวณผิวผลชมพูที่ทดสอบ (ขวา)	17
15	แรง - การเปลี่ยนรูป จากการทดสอบแบบ Puncture compression test ของ Thai Rose Apple fruit	18
16	การใช้ Die เตรียมตัวอย่างเนื้อผลของชมพู (ซ้าย) การทดสอบ Quasi-static Compression Test กับตัวอย่างเนื้อผลของชมพูทรงกระบอกด้วยเครื่อง Instron 5569 (ขวา)	20
17	กราฟ แรง - การเปลี่ยนรูป การทดสอบการกดเกือบสถิตย์	20
18	ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบ Impact Test (ซ้าย) และ Close-Up บริเวณผิวผลชมพูที่ทดสอบ (ขวา)	22
19	ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบชิมผลชมพู 4 พันธุ์ (พันธุ์ทับทิมจันทร์ พันธุ์ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน และพันธุ์ทองสามสี)	23

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า	
ก1	แรง - การเปลี่ยนรูป จากการทดสอบแบบ Puncture compression test ของ Thai Rose Apple	50
ก2	แรง - การเปลี่ยนรูป การทดสอบการกดเกือบสถิตย์	53
จ1	เครื่อง Greefa sizer	157
จ2	การติดตั้งเครื่อง Greefa sizer กับชุดเครื่องมือ	157
จ3	ตั้งระยะ Metering gap ปรับความเร็วรอบ	157
จ4	ความสัมพันธ์การแจกแจงระหว่างระยะทางที่ผลม้งคุดที่เคลื่อนไปตาม แผ่นกั้น คัดขนาดก่อนตกออกจากช่องคัดขนาด (เช่นติเมตร), l กับฟังก์ชัน การแจกแจงของระยะทางการเคลื่อนที่ของผลม้งคุด, $f(l)$	160
จ5	ความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมระยะทางที่ผลม้งคุดทุกขนาดน่าจะเคลื่อนที่ ได้ก่อนตกออกจากช่องคัดขนาดของขนาดนั้นๆ ได้ถูกต้อง, (Σl) กับความเร็วงานหมุนของผลม้งคุดที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ	163
ฉ1	การวัดพื้นที่จากเครื่องวัดแบบจุด, pixel	177
ฉ2	การวัดความยาวของมะม่วง	177
ฉ3	การวัดความกว้างของมะม่วง	178
ฉ4	การวัดความหนาของมะม่วง	178
ช1	Dimensional measurement of rose apple fruit	188
ช2	Determination of specific gravity of rose apple fruit	189
ช3	Puncture compression test with Instron 5569 (Left) and view on the right	190
ช4	Force-deformation response of rose apple fruit under puncture compression test	191
ช5	Quasi-static compression test with cylindrical specimen of rose apple fruit	192
ช6	Force deformation response of rose apple cylindrical specimen under quasi-static compression test	192
ช7	Impact test set-up	193

คำอธิบายอักษรย่อและสัญลักษณ์

UTM	=	Universal Testing Machine
W1	=	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)
W2	=	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
WL1	=	น้ำหนักวันแรก (กรัม)
WL5	=	น้ำหนักวันที่ 10 ของผลชมพู (กรัม)
SG	=	Specific Gravity หรือความถ่วงจำเพาะ
X1	=	น้ำหนักของผลชมพูในอากาศ (กรัม)
X2	=	น้ำหนักของภาชนะและน้ำ (กรัม)
X3	=	น้ำหนักของภาชนะใส่น้ำและผลชมพูในน้ำ (กรัม)
R	=	Rupture force หรือแรงทำให้แตกหรือทะลุสมนัยกับจุดแทงทะลุ (Fr) (นิวตัน)
Fr	=	การเปลี่ยนรูปสมนัยกับ Rupture Deformation (Dr) (นิวตัน)
Dr	=	Rupture Deformation หรือระยะที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปมากที่สุดขณะที่เกิด Rupture force (มิลลิเมตร)
ΔF	=	Slope ของแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)
ΔD	=	ระยะที่เกิดจากการเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)
F_i	=	ฟังก์ชันของผลรวม
n	=	จำนวนนับ
E_p	=	ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบแบบ Puncture compression test (กิโลปาสกาล)
E_s	=	ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบแบบ Quasi-Static compression test (กิโลปาสกาล)
E_i	=	ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบแบบ Impact test (กิโลปาสกาล)
P	=	Penetrating force หรือแรงในการแทงทะลุผ่านเนื้อผล (นิวตัน)
EN	=	Penetrating force energy หรืองานที่เกิดขึ้นจากการแทงทะลุผิวเนื้อผลที่จุดต่าง ๆ ตามความลึกที่กำหนด (นิวตัน.มิลลิเมตร)
σ	=	ความเค้น
ϵ	=	ความเครียด
μ	=	Assumed Poisson' ratio

คำอธิบายอักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

D	=	การเปลี่ยนรูปสูงสุดระหว่างการกระแทก (มิลลิเมตร)
t	=	เวลาที่เกิดความเร่งสูงสุดระหว่างการกระแทก (วินาที)
V	=	ความเร็วเริ่มกระแทก (กิโลเมตร/วินาที)
R ₁	=	เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของหัวกระแทก (มิลลิเมตร)
R ₂	=	เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของผลชมพู (มิลลิเมตร)
F	=	แรงสูงสุด (นิวตัน)
m	=	น้ำหนักหัวกระแทก (กรัม)
a	=	ความเร่งสูงสุดของหัวกระแทกระหว่างชน (เมตร/วินาที ²)
r	=	อัตราส่วนระหว่างความกว้างกับความยาวของผลชมพู