Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 191-194 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 191-194 (2553)

ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวและสมบัติกายภาพของผลลำไยสดพันธุ์สีชมพูและพันธุ์เบี้ยวเขียว

Post-harvest Damage and Physical Properties of Chompoo and Biawkhiaw variety Fresh Longan

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์[1], ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์[2] และ ปานมนัส ศิริสมบูรณ์[3]
Teerapong Pholpho[1] Siwalak Pathaveerat[2] and Panmanas Sirisomboon[3]

Abstract

This research was to determine the post-harvest damage and physical properties of fresh Chompoo and Biawkhiaw longan. Methodology comprised sampling of fresh longan packaged from two wholesale markets (Talad Thai and Sri Moommeng). Results showed that the postharvest damage of packaged fresh longan included detached, crack, deformed, bruise, puncture, black due to sulfur treatment and decay. The maximum damage of Chompoo and Biawkhiaw ranging were ≅ 15.32-19.46%, 0.74-5.29%, respectively. The damages mostly occurred at the top container placed at the rearside of the truck. Majority of the damage was characteristic by puncture. For Chompoo variety small, medium and large longan were designated by the diameter of 23.23-27.39 mm, 27.39-31.52 mm, and greater than 31.52 mm, respectively, and for Biawkhiaw variety were 25.03-28.72 mm, 28.72-32.41 mm, and greater than 32.41 mm, respectively. Static coefficients of friction on various contacting surfaces (e.g. plywood, steel, stainless steel and plastic) of Chompoo variety were 0.33, 0.45, 0.26, and 0.31 respectively, and for Biawkhiaw variety were 0.39, 0.40, 0.35, and 0.35 respectively.. Sphericity, specific gravity, porosity, firmness and angle of repose (filling and empting method) of Chompoo variety were 0.93, 1.12, 49.74%, 5.14 N/mm, 14.70 and 28.01degree respectively, and for Biawkhiaw variety were 0.94, 1.11, 49.58%, 5.09 N/mm, 16.89 and 35.71degree respectively. Packing density for the trapezoidal, rectangular and truck bed packaging of Chompoo variety were 0.35, 0.37 and 0.47 respectively and for Biawkhiaw variety were 0.38, 0.35 and 0.44 respectively.

Key word: Postharvest, damage, longan, physical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะหาความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวและสมบัติทางกายภาพของผลลำไยสดพันธุ์สีชมพูและพันธุ์เบี้ยวเขียว วิธีการศึกษาประกอบด้วย การสุ่มซื้อผลลำไยจากบรรจุภัณฑ์ขนส่ง ณ ตลาดผลไม้ใหญ่ของประเทศ ได้แก่ ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดไท การวิเคราะห์หาความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวทำทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ การทดสอบหาสมบัติกายภาพ ค่าความเสียหายมากที่สุดของทั้งสองพันธุ์ ≅ 15.32-19.46% และ ≅ 0.74-5.29% ซึ่งเกิดกับบรรจุภัณฑ์ชั้นบนสุดที่ท้ายรถบรรทุกขนส่ง ความเสียหายส่วนใหญ่เป็นแบบแทงทะลุ สำหรับผลลำไยทั้งสองพันธุ์ขนาด เล็ก กลาง ใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 23.2--27.39 มม., 27.39-31.52 มม. และโตกว่า 31.52 มม. และ25.03-28.72 มม., 28.72-32.41 มม. และโตกว่า 32.41 มม. ตามลำดับ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตกับผิวสัมผัสไม้อัด เหล็ก สแตนเลส และพลาสติกของทั้งสองพันธุ์เป็น 0.33, 0.45, 0.26 และ 0.31 ตามลำดับและ 0.39, 0.40, 0.35 และ 0.35 ตามลำดับ สำหรับค่าความกลม ความถ่วงจำเพาะ ความพรุน ความแน่นเนื้อ มุมกอง (แบบบรรจุและแบบถ่ายเท) ของทั้งสองพันธุ์เป็น 0.93, 1.12, 49.74%, 5.14 นิวตันต่อมิลลิเมตร, 14.70 และ 28.01 องศา และ 0.94, 1.11, 49.58%, 5.09 นิวตันต่อมิลลิเมตร,16.89 และ35.71 องศา ตามลำดับ และความหนาแน่นของการบรรจุสำหรับภาชนะบรรจุทั้งสามชนิดของทั้งสองพันธุ์เป็น 0.35, 0.37, 0.47 และเป็น 0.38, 0.35, 0.44 ตามลำดับ

คำสำคัญ หลังการเก็บเกี่ยว, ความเสียหาย, ลำไย, สมบัติทางกายภาพ

[1] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakornpathom 73140
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[2] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart Universit, Nakohn pathom 73140
[3] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[3] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang, Bangkok 10520

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และเป็นผลไม้ที่ทางรัฐบาลโดยกรมวิชาการเกษตรได้จัดให้อยู่ในกลุ่มสินค้าส่งออก ซึ่งปฏิบัติกันในหลายรูปแบบ กล่าวคือ ผลสด ผลแห้ง ผลแช่แข็ง และบรรจุกระป๋อง ในปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่เพาะปลูกลำไยทั่วประเทศจำนวน 979,000ไร่ เป็นพื้นที่ที่ให้ผลจำนวน 821,000ไร่ ได้ผลผลิตจำนวน 712,000ตัน ในปีเดียวกันมีการส่งออกลำไยสดและแช่แข็งจำนวน 134,433 ตัน มูลค่า 2,198.03 ล้านบาท ลำไยอบแห้งจำนวน 94,774 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 2,350.85 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ ดอ ชมพู เบี้ยวเขียว และแห้ว ผลผลิตลำไยที่บริโภคภายในประเทศมีเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือส่งออกต่างประเทศในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป (กรมวิชาการเกษตร,2548) ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยเกิดในระหว่างกระบวน การบรรจุ การลำเลียง และการขนส่ง จากสวนไปยังตลาด ความเสียหายของลำไยในบรรจุภัณฑ์มีประมาณ 9.6%-14.8% (Jarimopas, 1985) ความเสียหายของผลไม้ทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิต และลดรายได้ Mohsenin (1996) บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้คือเข่งและตะกร้าพลาสติก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์ลำไยเสมอ เนื่องจากการกระทบกระเทือนในการขนส่ง ดังนั้นหากมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของลำไยก็จะช่วยลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยได้ ซึ่งปัจจุบันความรู้นี้ยังไม่มี งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและสมบัติทางกายภาพของผลลำไย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์

ผลลำไยทั้งสองพันธ์ถูกใช้ในการศึกษาโดยการสุ่มซื้อผลลำไยในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง จากตลาดผลไม้ใหญ่ของประเทศได้แก่ ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดไท ตลาดละ 3 ตระกร้าๆละ20 กิโลกรัม, เครื่องTexture Analyzer (UK), เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์, เครื่องชั่งอีเลคทรอนิกส์ OHAUS รุ่น ARC 120 และ UWE รุ่น AFN TC, กระบอกตวงขนาด150ซี.ซี, กล่องพลาสติกตวงขนาด 7500ซี.ซี, กระบอกตวงขนาด 50 ซี.ซี

2. วิธีการทดลอง

1. หาค่าปริมาตรและน้ำหนักของภาชนะในการบรรจุ ทั้ง 3 ชนิด ดังนี้คือ 1) ตะกร้าพลาสติกทรงก้นเล็ก(Trapezoidal) 2) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle) และ 3) รถบรรทุกขนาด 1 ตัน (Pick-up track bed)

2. สุ่มซื้อผลลำไยจากบรรจุภัณฑ์ขนส่ง จากตลาดผลไม้ใหญ่ของประเทศได้แก่ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดไท โดยเลือกภาชนะชั้นบนสุด กลาง และล่างที่อยู่ท้ายรถบรรทุกของแต่ละตลาดๆจำนวน 3 ตะกร้า นำมาหาค่าความสูญเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นความเสียหายเชิงกล ในการเลือกสุ่มนี้จะใช้ภาชนะบรรจุแบบที่1 และ2 แล้วบันทึกผล

3.ทดสอบหาสมบัติกายภาพ ได้แก่

3.1 หาค่ามิติ (Dimension) ของลำไยสามารถกำหนดขนาดจากเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometer Mean Diameter, GMD) โดยในการหาค่านี้ใช้ลำไยจำนวน 30 ผล แล้วบันทึกผล

3.2 หาความเป็นทรงกลม (Sphericity, Sp) เป็นการบ่งบอกความเป็นทรงกลมของลำไย โดยทำการวัดขนาดจำนวน 30 ผลในการหาค่าแล้วบันทึกผล

3.3 ความหนาแน่นของภาชนะบรรจุ (Packing Density, PD) ที่ใช้ในการขนส่งผลลำไยนั้นก็คือปริมาตรของลำไยที่บรรจุอยู่ในภาชนะทั้งหมดต่อปริมาตรของภาชนะ

3.4 หาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity, SG) โดยหาได้จากค่าความหนาแน่นเนื้อของผลลำไยผลลำไยต่อความหนาแน่นของน้ำ โดยทำการทดลองจำนวน 30 ผล แล้วบันทึกผล

3.5 หามุมกองพื้น (Angle of Repose, AR) มุมกองพื้นของวัสดุ หมายถึงมุมที่กองวัสดุทำกับพื้นราบ สามารถหาได้ 2 แบบคือ 3.5.1) แบบบรรจุ (Filling) เป็นแบบที่ทำโดยนำเอาผลลำไยที่จะทำการทดลองบรรจุลงในภาชนะทรงกระบอกคำนวณหาค่ามุมกองพื้น (Amin et al., 2003) น้ำ โดยทำการทดลองจำนวน 30 ครั้งแล้วบันทึกผล 3.5.2) แบบถ่ายเท (Emptying) เป็นแบบที่ทำโดยนำลำไยที่จะทำการทดสอบบรรจุลงในกล่องทำการทดลองจำนวน 30 ครั้งแล้วบันทึกผล

3.6 หาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (Coefficient of static friction, μ) ความเสียดทานของวัสดุมีส่วนสำคัญและเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลเกษตร และอาหาร โดยความเสียดทานที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อวัสดุที่เคลื่อนที่ หรืออยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อภาชนะที่บรรจุวัสดุนั้นๆในไซโลหรือโรงเก็บเมล็ดพืช แรงที่กระทำตั้งฉากกับผนังนั้น โดยทำการทดลองจำนวน 30 ครั้งแล้วบันทึกผล ในการวัดค่านี้จะใช้แผ่นวัสดุ 4 ชนิดคือ1) แผ่นไม้อัด 2) แผ่นเหล็ก 3)

แผ่นสแตนเลส และ 4) พลาสติกสีขาว และนำค่าทั้ง4 ไปวิเคราะห์หาความแปรปรวน โดยทำการทดลองจำนวน 30 ครั้งของแผ่นผิวสัมผัสแต่ละชนิด

3.7 ความพรุน (Porosity, η) ของผลลำไยเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณช่องว่างที่มีอยู่ในกองผลลำไย

3.8 ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความแน่นเนื้อของผลไม้หาได้จากแรงกระแทกสูงสุดต่อระยะห่างที่กระทำให้เปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเสียรูปร่างมากที่สุด

ผลการทดลอง

1. ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยว

ในการสุ่มซื้อผลลำไยทั้งสองพันธุ์คือพันธุ์สีชมพู และเบี้ยวเขียวจากบรรจุภัณฑ์ขนส่ง พบว่าค่าความสูญเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นความเสียหายเชิงกลเฉลี่ยทั้ง 2 ตลาดของทั้งสองพันธุ์ซึ่งได้แก่ ผลแทงทะลุ ช้ำ ผลแตก ร่วง ผลเปลี่ยนรูป ดำ เนื่องจากถูกรมด้วยกำมะถันมากเกินไป และเน่า และความเสียหายประเภทต่างๆแสดงใน Fig.1 การเลือกสุ่มนี้จะใช้ภาชนะบรรจุแบบที่ 1 และ2 แล้วบันทึกผลลงใน Table 1.

Table 1 Mechanical damage of two varity fresh longan packaged in plastic crate type 1 and type 2

Variety	Market place	Total Weight (kg)	Mechanical Damage (%)*						
			detached	cracked	deformed	bruised	punctured	Black (sulfur)	decay
Chompoo	Talad Thai	20.34 ±0.90	0.37 ±0.55	0.45 ±0.18	0.17 ±0.15	1.15 ±0.28	3.36 ±0.36	0.26 ±0.05	0.09 ±0.09
	See Moommueng	20.32 ±0.81	0.05 ±0.01	0.52 ±0.13	0.17 ±0.08	1.17 ±0.15	3.02 ±0.15	0.63 ±0.37	0.14 ±0.06
	Average	**20.33 ±0.77**	**0.21 ±0.40**	**0.49 ±0.14**	**0.17 ±0.11**	**1.16 ±0.20**	**3.19 ±0.31**	**0.05 ±0.41**	**0.11 ±0.07**
Biawkhiaw	Talad Thai	20.92 ±1.10	0.03 ±0.00	0.11 ±0.13	0.03 ±0.05	0.32 ±0.44	0.75 ±0.52	0.06 ±0.10	0.03 ±0.05
	See Moommueng	20.57 ±0.70	0.05 ±0.01	0.07 ±0.06	0.06 ±0.02	0.89 ±0.03	1.18 ±0.03	0.07 ±0.07	0.05 ±0.03
	Average	**20.75 ±0.85**	**0.04 ±0.01**	**0.09 ±0.09**	**0.04 ±0.04**	**0.61 ±0.42**	**0.97 ±0.40**	**0.06 ±0.08**	**0.04 ±0.04**

Mechanical Damage (%) = (No. of damaged longan (kg) / Total Weight of longan in container (kg))*100

a) Detached b) Cracked c) Deformed d) Bruised e) Punctured f) Decay g) Black (sulfur)

Figure 1 Mechanical damage of packaged longan in plastic crate type 1 and type 2

2. สมบัติทางกายภาพของผลลำไย

1) มิติ หรือเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) พันธุ์สีชมพูและพันธุ์เบี้ยวเขียว ซึ่งมีขายในช่วงเดือนสิงหาคมจนถึงต้นเดือนกันยายนโดยแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ1) AAA, 2) AA และ3) A (Table 2)

Table 2 Commercial size grading of two varity longan fruit

Grading	a (mm)	
	Chompoo	Biawkhiaw
Large(AAA)	> 31.5	> 32.4
Medium(AA)	> 27.4 to 31.5	> 28.7 to 32.4
Small (A)	> 23.2 to 27.4	> 25.0 to 28.7

2) ความกลมเฉลี่ย (Sp), 3)ค่าความถ่วงจำเพาะ(SG), 4) ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ย (η), 5) ค่ามุมกองพื้นเฉลี่ย(AR) แบบบรรจุ (Filling)และแบบถ่ายเท (Emptying), 6)ค่าความหนาแน่นของภาชนะบรรจุ(PD)มีภาชนะบรรจุ 3 แบบโดยแบบที่ 1(Trapezoidal) แบบที่ 2 (Rectangle) และเฉลี่ยแบบที่ 3 (Rectangle) 7)ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (μ) ทั้งสองพันธุ์เมื่อนำค่าต่างๆมาหาค่าทางนัยสำคัญที่ระดับ0.05%ซึ่งค่าเฉลี่ยของพันธุ์สีชมพูได้ค่าแผ่นสแตนเลส แผ่นเหล็กมีแตกต่างทางนัยสำคัญ(0.05) ส่วนแผ่นพลาสติกสีขาวและแผ่นไม้อัดไม่แตกต่างทางนัยสำคัญและค่าแผ่นพลาสติกสีขาวและแผ่นไม้อัดมีค่า

แตกต่างทางนัยสำคัญ(0.05) กับแผ่นเหล็กและแผ่นสแตนเลส ส่วนพันธุ์เบี้ยวเขียวแผ่นสแตนเลสและแผ่นพลาสติกสีขาวไม่แตกต่างทางนัยสำคัญ แผ่นไม้อัดและแผ่นเหล็กไม่แตกต่างทางนัยสำคัญ ส่วนแผ่นไม้อัดและแผ่นเหล็กมีค่าแตกต่างทางนัยสำคัญ(0.05)กับแผ่นสแตนเลสและแผ่นพลาสติกสีขาว และ 8) ค่าความแน่นเนื้อ (F) ค่าเฉลี่ยทั้งหมดแสดงใน Table 3

Table 3 Physical properties of two varity longan fruit

Physical Properties	Average±Sd	
	Chompoo	Biawkhiaw
Geometric Mean Diameter (mm^3)	26.17 ± 1.15	28.37 ± 1.40
Sphericity	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.03
Specific Gravity (SG)	1.12 ± 0.04	1.11 ± 0.04
Porosity (η)%	49.74 ± 0.86	49.58 ± 1.23
Angle of Repose (Degrees)		
Filling method	14.70 ± 2.28	16.89 ± 3.26
Emptying method	28.01 ± 3.89	35.71 ± 2.42
Packing Density (PD)		
PD(Trapezoidal)	0.35 ± 0.00	0.38 ± 0.00
PD(Rectangle)	0.37 ± 0.03	0.35 ± 0.03
PD(Pick-up track bed)	0.44 ± 0.03	0.44 ± 0.03
Coefficient of static friction (μ) on various surfaces		
Plywood	0.33 ± 0.04b	0.39 ± 0.06b
Steel	0.45 ± 0.06c	0.40 ± 0.03b
Stainless steel	0.26 ± 0.02a	0.35 ± 0.02a
Plastic	0.31 ± 0.03b	0.35 ± 0.02a
Firmness(N/mm)	5.14 ± 0.95	5.38 ± 1.77

ผลจากการศึกษาภาชนะบรรจุลำไยทั้ง 3 แบบ มีค่าปริมาตรและน้ำหนักของตะกร้าเปล่าดังนี้ แบบที่1ตะกร้าพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมปิรามิดหัวตัดมีปริมาตร 0.0488m^3และน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 kg แบบที่ 2 ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีปริมาตร 0.0532m^3 และน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 kg และแบบที่ 3 แบบใช้รถบรรทุกขนาด 1 ตัน ซึ่งมีปริมาตร 5.6753 m^3 และน้ำหนักการบรรทุก1,500 - 2,000 kg

สรุป

ความเสียหายเชิงกลของผลลำไยในบรรจุภัณฑ์ พบว่าความเสียหายมากที่สุดเกิดกับบรรจุภัณฑ์ท้ายรถบรรทุกขนส่งภาชนะบนสุด ซึ่งภาชนะบรรจุลำไยเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมู และสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความเสียหายส่วนใหญ่ของเป็นผลถูกแทงทะลุ (สีชมพู≅15.7%, เบี้ยวเขียว≅4.67 %,) รองลงมาเป็นผลแตก ผลช้ำ ผลร่วง ผลเปลี่ยนรูปร่าง ผลเน่า และดำ ตามลำดับ ส่วนสมบัติกายภาพของผลลำไยพันธุ์สีชมพูพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตกับผิวสัมผัสของแผ่นไม้อัด และพลาสติกมีค่าไม่แตกต่างทางนัยสำคัญ แต่แผ่นสแตนเลส แผ่นเหล็ก มีค่าแตกต่างทางนัยสำคัญ (0.05) ส่วนพันธุ์เบี้ยวเขียวพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตกับผิวสัมผัสของแผ่นไม้อัดและแผ่นเหล็กมีค่าแตกต่างทางนัยสำคัญ (0.05) กับแผ่นสแตนเลสและแผ่นพลาสติกสีขาว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต จริโมภาส.2529. ความเสียหายของลำไยในการขนส่ง วารสารวิศวกรรมเกษตร มกราคม - มีนาคม 2529. สมาคม วิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. น.33-38.

บัณฑิต จริโมภาส.2529. สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม. น.20-21.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2534. วัสดุและอุปกรณ์การขนถ่าย. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). ISBN 974-7949-628. น.5

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์และคณะ.2538.สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชิ้ววัสดุ.แผนกตำรา.คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ.น.7,26, 41,43,54.

สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศโดยความร่วมมือของกรมศุลกากรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ www.oae.go.th/oae_go_th/statIm_Ex.php, 23/03/2551

Mohsenin,N.N. 1996. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishes, New York. 78 p.