

คุณสมบัติเชิงกลของกล้วยหอมทอง*
สุธี ประเสริฐสุวรรณ, นิทยา ภักดีเศรษฐกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. บทนำ

ความคิดของคนส่วนมากมักจะมองว่า การแก้ปัญหาการเกษตรด้วยศาสตร์ของวิศวกรรม เป็นเรื่องของวิศวกรรมเกษตร ซึ่งเป็นวิศวกรรมศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีสอนในมหาวิทยาลัย แต่ถ้า มองให้ลึกถึงพัฒนาการวิศวกรรมศาสตร์ที่มีความรู้มาจากการเกษตรแล้วจะเห็นว่า เมื่อสังคมมนุษย์ เปลี่ยนจากสังคมเกษตรกรรมมาสู่สังคมอุตสาหกรรมนั้น วิศวกรรมศาสตร์ถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น การใช้เครื่องต้นกำลังเชิงกล กลไกถ่วงแรง และระบบชลประทาน ซึ่งเป็นศาสตร์ ของวิศวกรรมเครื่องกลและโยธา

ปัจจุบันการใช้วิศวกรรมศาสตร์เพื่อเพิ่มผลผลิตกำลังถึงจุดอิ่มตัว (การเพิ่มผลผลิต กำลังถูกกำหนดด้วยวิธีในศาสตร์อื่น เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วิศวกรรมพันธุศาสตร์ การควบคุม ไรคนและแมลง เป็นต้น) และวิศวกรรมเกษตรก็ยังคงอยู่ในวังวนของการเพิ่มผลผลิตอยู่ เช่น เดิม ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่มีพื้นฐานด้านเกษตรกรรม ได้ผลิตวิศวกรเกษตร เมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว (บัณฑิตรุ่นแรกปี 2511 ม.เกษตรศาสตร์) จากการศึกษาหลักสูตร พบว่าวิศวกรเกษตรถูกผลิตให้ชำนาญด้านเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อการผลิตและถ่วงแรง การจัดการดินและน้ำ โดยละเลยความรู้การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว^(๑) อาจเป็นเพราะไม่ได้เป็นที่ ต้องการของตลาด^(๒)

ส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	เป็นศาสตร์ของวิศวกรรมเครื่องกล
โดยเฉพาะ เมื่อมองภาพรวมในเชิงวิศวกรรมศาสตร์	การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวคือ
การกระจายผลผลิตออกสู่ปลายทาง (distribution)	การกระจายผลผลิตประกอบด้วย
ขั้นตอนการขนถ่าย (handling) การบรรจุหีบห่อ (packaging) การขนส่ง (transport)	และเก็บ (storage) ซึ่งล้วนเกี่ยวข้องกับวิศวกรรมเครื่องกลทั้งสิ้น ดังแสดงในตารางที่ 1

* เอกสารเสนอในที่ประชุมวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ วันที่ 18-19 พฤษภาคม 2532

ตารางที่ 1 ส่วนร่วมของวิศวกรรมเครื่องกลกับการกระจายผลผลิต

ช่างงาน	กรรมวิธี	ความรู้ทางวิศวกรรมเครื่องกล
การขนถ่าย (handling)	การคัดเลือก ทัศนคุณภาพและขนาด การบ่มให้สุก หรือทำให้แห้ง การเทกองและขนย้าย	ออกแบบเครื่องกล ระบบควบคุม พลศาสตร์ความร้อนและการถ่ายเทความร้อน กลศาสตร์, กลไกเครื่องจักรกล
การบรรจุหีบห่อ (packaging)	กำหนดขนาดของหน่วยเพื่อขนถ่าย การป้องกันความเสียหายความเสียด ควบคุมสภาวะแวดล้อม การบรรจุ, เช่า, ปิดผนึก บันทึกตีตราบนหีบห่อ	ข้อกำหนดต่าง ๆ ในระบบที่จะตามมา วัสดุศาสตร์, โครงสร้าง การถ่ายเทความร้อน, กลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์, กลไกเครื่องจักรกล, ออกแบบเครื่องกล ระบบควบคุม, ความรู้เรื่อง เครื่องมือ (Instrumentation)
การขนส่ง (transport)	ชั้นและลงระวาง ควบคุมสภาวะแวดล้อม ควบคุมความเสียหาย เศรษฐศาสตร์ในการขนส่ง	การวางแผนขั้นตอน, กลไก เครื่องจักรกล การถ่ายเทความร้อน, กลศาสตร์ ของไหล, ระบบทำความเย็น กลศาสตร์, วัสดุศาสตร์ กลศาสตร์ความร้อน
การเก็บ (storage)	ควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศ ระบบและการเก็บในโกดัง	การถ่ายเทความร้อน, การทำ ความเย็นและปรับอากาศ ออกแบบเครื่องกล, การทำ ความเย็นและปรับอากาศ, การจัดการ (วิศวกรรมศาสตร์)

2. ความเสียหายเชิงกลของผักผลไม้

ความเสียหายเชิงกลจำแนกออกได้ 3 ประเภทคือ

2.1 แตกหักเนื่องจากความเค้นในแนวตั้งฉาก (cleavage) เป็นการแตกหักในแนวตั้งฉากกับแรงดึง แต่โดยทั่วไปผักผลไม้จะถูกแรงกดเท่านั้น แรงกดจะทำให้ผักผลไม้ยุบตัวตามแนวแรง แต่จะขยายตัวในแนวขวาง (transverse) และแตกออก ความเสียหายลักษณะนี้ มักจะเกิดกับผลิตภัณฑ์เปราะ เช่น กะหล่ำปลี

2.2 แตกหักเนื่องจากความเค้นเฉือน (slip) เป็นการไถลของผลิตภัณฑ์ในแนวความเค้นเฉือนสูงสุด (45° กับแรงกด) ดังนั้น เมื่อมีแรงกดมากจะทำผลิตภัณฑ์อาจแตกหักแบบ cleavage หรือ slip ซึ่งขึ้นอยู่กับขอบเขตทิศทาง shear และ cleavage ของผักผลไม้

2.3 การช้ำ (bruising) การช้ำเป็นผลจากความเค้นเฉือนในผลไม้เนื้ออ่อนนุ่ม ความเค้นเฉือนทำให้เซลล์บิดเบี้ยว (distort) และฉีกขาด ทำให้ของเหลวในเซลล์แตกออกมา ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศที่แทรกตัวอยู่ตามขอบเซลล์ (cell boundary) ทำให้สีเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล หรือที่รู้จักกันในสภาพ "ช้ำ"

3. การทดลอง

การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลนั้นทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับต้องการหาคุณสมบัติอะไร เช่น stiffness, Poisson's ratio, yield point ฯลฯ แต่ในการวิจัยเพื่อการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติที่เหมาะสมในการศึกษาคือ ความต้านทานการช้ำหรือปริมาณการช้ำจำเพาะ ซึ่งหมายถึงปริมาณการช้ำต่อพลังงานที่ถูกดูดกลืนโดยผักผลไม้ คุณสมบัตินี้จะเป็นค่าบ่งชี้ความยากง่ายในการช้ำ ดังนั้นการทดลองหาปริมาณการช้ำจำเพาะ จึงเป็นเนื้อหาหลักในรายงานนี้

3.1 ขั้นตอนทดสอบ

ในการทดลองนี้เลือกกล้วยหอมทองเป็นตัวอย่างทดสอบ ทั้งนี้เพราะกล้วยหอมทองเป็นผลไม้เปลือกอ่อน สังเกตการช้ำได้ง่าย หาได้ตลอดปีและยังเป็นผลไม้ส่งออกอันดับต้น ๆ ของประเทศอีกด้วย ในปี 2527 ประเทศไทยส่งกล้วยหอมเป็นสินค้าออกมูลค่า 22.96 ล้านบาท

นับเป็นผลไม้ส่งออกอันดับ 6 ของประเทศ⁽³⁾ (รองจาก ลำไย มะละกอ ทุเรียน มะม่วง และส้ม)

ในการทดลองกล้วยหอมทองถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามระดับความสุก โดยใช้ความหนาแน่นเป็นเกณฑ์ กล้วยหอมเมื่อตัดจากต้นยังคงมีการหายใจการคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทำให้ความหนาแน่นเปลี่ยนไปตามระดับความสุก ระดับความสุกในการทดลองของทั้ง 2 กลุ่มคือ ความหนาแน่น 1.0099 - 0.9800 g/cc และ 0.9799 - 0.9400 g/cc (หาโดยการชั่งน้ำหนักและการแทนที่น้ำ)

3.2 ขอบเขตการศึกษา

กล้วยหอมแต่ละกลุ่มจะถูกทดลองให้รับแรงอัดกระแทกเพื่อศึกษา

- ก. ปริมาตรซ้ำจำเพาะของกล้วยหอม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 1
- ข. ศึกษาการป้องกันซ้ำ และคุณสมบัติของวัสดุกันซ้ำต่าง ๆ
- ค. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเซลล์ที่ซ้ำและที่ไม่ซ้ำ

3.3 วิธีการทดลอง

การให้พลังงานแก่ชิ้นงานทำได้หลายวิธี เช่น ปล່อยให้ตกที่สูงแล้ววัดระดับกระดอน⁽⁴⁾ ใช้ตุ้มน้ำหนักแกว่งกระแทก⁽⁵⁾ กดด้วยความเร็วคงที่^(6,7) และกระแทกด้วยแรงอัดของสปริงและมวล⁽⁸⁾ ในสภาพจริงของกรรมวิธีกระจายผลผลิตกล้วยจะรับแรงกระแทกตั้งนั้น เพื่อให้ตรงกับสภาพเกิดขึ้นจริง การทดลองนี้ได้ออกแบบเครื่องมืออัดกระแทก โดยการปล່อยตุ้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ ที่ระดับต่าง ๆ กัน จากการควบคุมน้ำหนักและความสูง ทำให้สามารถทดลองภายใต้เงื่อนไขดังนี้ (1) ความเร็วกระแทกคงที่แต่ขนาดพลังงานต่างกัน (2) ขนาดพลังงานคงที่แต่ความเร็วกระแทกต่างกัน จากการทดลองเบื้องต้น โดยการปล່อยกล้วยหอม (ที่ทราบน้ำหนัก) จากที่สูงต่าง ๆ กันพบว่า พลังงานต่ำสุดที่ทำให้กล้วยซ้ำจนสังเกตได้คือ 0.442 จูลล์ และพลังงานที่ซ้ำมากจนยอมรับไม่ได้คือ 2.158 จูลล์ การออกแบบจึงให้ครอบคลุมช่วงพลังงานดังกล่าว โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 200 - 700 กรัม ปล່อยที่ความสูง 20 - 60 ซม. ให้ตกกระแทกกล้วยหอม

3.3.1 ปริมาตรซ้ำจำเพาะที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน

ให้พลังงานขนาดต่าง ๆ และความเร็วกระแทกต่าง ๆ แก่ผลกล้วยหอมที่ตำแหน่ง หัว กลางและท้ายผล แล้วทิ้งไว้ 2-3 ชม. เพื่อให้เห็นรอยซ้ำเด่นชัดขึ้น ติดตามขวาง ที่บริเวณถูกกระแทกหนาประมาณ 0.5 ซม. ใช้มีดบางตัดส่วนซ้ำทิ้ง นำส่วนไม่ซ้ำซึ่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาปริมาตรที่ซ้ำ และปริมาตรซ้ำจำเพาะต่อไปนี้

3.3.2 ศึกษาการป้องกันซ้ำโดยวัสดุกันซ้ำ

วัสดุกันซ้ำที่ใช้ในการศึกษาคือ ชีล้อย, โฟมเกล็ด, ไม้ฝอย, กระดาษลูกฟูก กระดาษฝอย และใบตอง ในการทดลองนำวัสดุกันซ้ำใส่ถาดอลูมิเนียม ขนาด 8.75 x 23.1 x 5.3 ซม. วางถาดทับกล้วยไว้ แล้วทดลองแรงกระแทกที่ขนาดพลังงาน 1.96 จูลล์ และความเร็วกะแทก 2.8 เมตร/วินาที ที่ตำแหน่งกลางผล และตรวจหาปริมาตรซ้ำ เช่นเดียวกับในข้อ 3.3.1 เพื่อคำนวณหาพลังงานที่วัสดุกันซ้ำดูดกลืนไว้ดังต่อไปนี้

พลังงานที่วัสดุกันซ้ำดูดกลืนไว้คำนวณจาก

$$E_{ab} = E_1 - E_0 \quad (1)$$

เมื่อ

$$E_{ab} = \text{พลังงานที่สูญเสียในวัสดุกันซ้ำ}$$

$$E_1 = \text{พลังงานที่เข้าสู่ระบบ}$$

$$E_0 = \text{พลังงานที่ส่งผ่านวัสดุกันซ้ำเข้าสู่กล้วย}$$

E_0 หาได้จากผลการทดลองโดยไม่มีวัสดุกันซ้ำในหัวข้อ 3.3.1 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้น (ดูผลการทดลองในหัวข้อ 4.1) ดังนี้

$$V_b = V_s E_1 \quad (2)$$

เมื่อ

$$V_b = \text{ปริมาตรซ้ำ (ml)}$$

$$V_s = \text{ปริมาตรซ้ำจำเพาะ (ml/J)}$$

$$E_1 = \text{พลังงานที่เข้าสู่กล้วยหอม (J)}$$

การวิเคราะห์สมการ (1) และ (2) แสดงได้ดังรูปที่ 2 เมื่อ V_1 และ V_2 คือ ปริมาตรซ้ำ เมื่อไม่มีและมีวัสดุกันซ้ำตามลำดับ เมื่อนำสมการ (2) มาใช้กับรูปที่ 2 (b) จะได้

$$E_o = V_2/V_o$$

โดยที่ V_o เป็นค่าคงที่ของกล้วยหาได้จากการทดลอง เมื่อไม่มีวัสดุกันช้ำค่า แทน E_o ในสมการ (1) ได้

$$E_{ab} = E_1 - (V_2/V_o) \quad (3)$$

และพลังงานดูดกลืนจำเพาะ (specific absorbed energy) ของวัสดุกันช้ำหาได้จาก

$$E_s = E_{ab}/t \quad (4)$$

เมื่อ t = ความหนาของวัสดุกันช้ำที่วางบนกล้วยหอม

ค่าพลังงานดูดกลืนจำเพาะเป็นดัชนีบอกความเหมาะสมสำหรับใช้กันช้ำ ค่า E_s สูง หมายถึงกันช้ำได้ดี

3.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบเซลล์

ตัดกล้วยหอมตามขวางที่บริเวณช้ำและไม่ช้ำ ใ้ค้ำบงที่สัดเท่าที่ทำได้ ด้วยใบมีดโกน แล้ววางลงบนกระจกใส ulyดน้ำกลัน 2-3 ulyด ตามด้วยสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 1% 2-3 ulyด ลงบนเนื้อเยื่อกล้วยหอม ปิดทับด้วยกระจก (cover glass) แล้วดูผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 และ 400 เท่า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ปริมาตรช้ำจำเพาะของกล้วยหอม

ปริมาตรช้ำ และพลังงาน (ที่ความเร็วต่าง ๆ) ของตำแหน่งทั้ง 3 ของผลกล้วย แสดงอยู่ในรูปที่ 3-8 ความลาดชัน (slope) ในรูปคือ ปริมาตรช้ำจำเพาะ คำนวณจากวิธี linear regression ($R^2 = 0.5462 - 0.8853$) แสดงอยู่ในตารางที่ 2 จากลักษณะการกระจายของข้อมูลในรูป จะเห็นว่าความเร็วในการกระแทกไม่ได้มีอิทธิพลอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 2 ปริมาตรซ้ำจำเพาะของกล้วยหอมที่ตำแหน่งต่าง ๆ

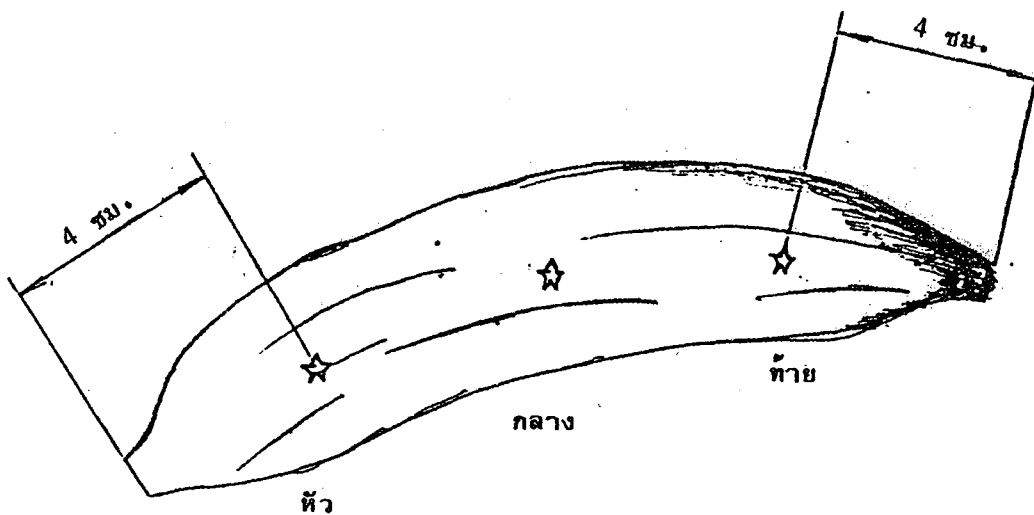
ระดับความสุก-แก่	ปริมาตรซ้ำจำเพาะ (cc/J)		
	ตำแหน่งหัว	ตำแหน่งกึ่งกลาง	ตำแหน่งท้าย
กลุ่ม 1	13.358	18.545	17.250
กลุ่ม 2	14.621	17.174	17.865

การกระจายของข้อมูลอยู่ในช่วงความผิดพลาด (error) ที่ยอมรับได้สำหรับการทดลองนี้ นอกจากนี้ การกระจายของข้อมูลอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างทางสรีระของผลเอง เช่น ความสุก-แก่ต่างกัน (แม้จะอยู่ในกลุ่มความหนาแน่นเดียวกัน) และตำแหน่งของเหลี่ยมเปลือกกล้วย จากตารางที่ 2 จะพบว่ากล้วยหอมทั้ง 2 กลุ่มซ้ำยากที่บริเวณหัว ส่วนบริเวณกลาง และท้ายผล ซ้ำง่ายเท่า ๆ กัน ที่เป็นเช่นนี้คาดว่าเป็นเพราะ ธรรมชาติของกล้วยจะสุกจากส่วนท้ายไปทางหัวของผล ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใกล้ขั้ว และปกติจะมีเปลือกหนากว่า ลักษณะนี้ไม่เป็นผลต่อการกระจายผลิตภัณฑ์ (distribution) เพราะการขนส่งใช้วิธีเรียงหวีที่เรียกว่า "เรียงหมอน"⁽⁸⁾ ซึ่งทำให้บริเวณกึ่งกลางและท้ายผลเป็นบริเวณสัมผัสรับแรงมากกว่าบริเวณหัว ซึ่งมีก้านเครือค้ำอยู่

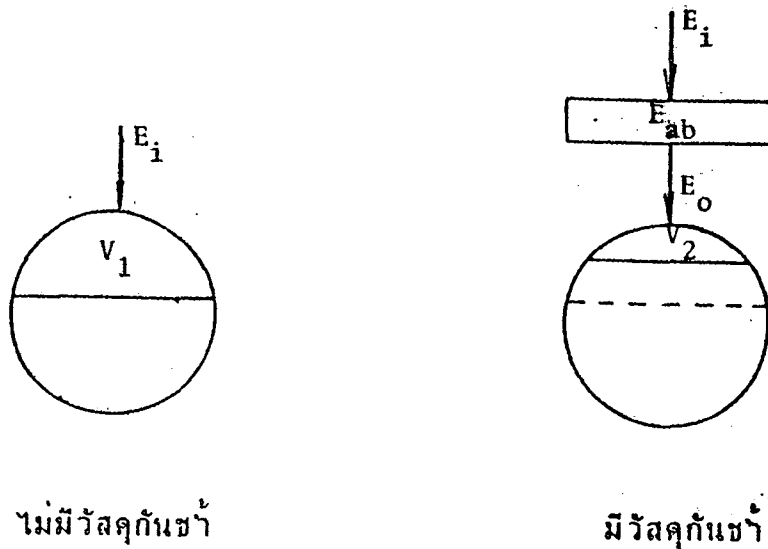
4.2 คุณสมบัติของวัสดุกันซ้ำ

วัสดุกันซ้ำทั้ง 6 ชนิดมีความหนาแน่น (วัดที่ปริมาตรปกติไม่ได้อัด) เรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ ซีลี้อย ใบตอง กระจาดลูกฟูก กระจาดฝอย ไม้ฝอย และ โฟมเกล็ด จากการทดลอง และการคำนวณในหัวข้อ 3.3.2 จะได้พลังงานดูดกลืนจำเพาะของวัสดุซ้ำ ดังรูปที่ 9 ซึ่งสรุปได้ว่า วัสดุที่เหมาะสมแก่การกันซ้ำเรียงตามลำดับดังนี้ โฟมเกล็ด ใบตอง ไม้ฝอย กระจาดฝอย ซีลี้อย และกระจาดลูกฟูก จะเห็นว่าโฟมเกล็ดเป็นวัสดุกันซ้ำที่ดีที่สุดทั้งความสามารถดูดกลืนพลังงานไว้และน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะ โฟมเกล็ดมีลักษณะยืดหยุ่นและสิ้นไหล จึงทำให้พลังงานถูกดูดกลืนและกระจายหายไปได้ดี ใบตอง ไม้ฝอย และกระจาดฝอยมีคุณสมบัติเหมาะสมใกล้เคียงกัน และไม่ต่างจากโฟมเกล็ดมากนัก ใบตองหาได้ง่าย (โดยเฉพาะเมื่อเก็บเกี่ยวกล้วยจะได้ใบตองเป็นของเหลือที่ต้องทิ้งอยู่ด้วย) และกระจาดฝอยก็ได้จากเศษกระจาดเหลือใช้ จึงทำให้วัสดุทั้งสองนี้เหมาะสมมากในเชิงเศรษฐศาสตร์ เป็นที่คาดว่าใบตองดูดกลืนพลังงาน โดยทำให้ตัวมันเองเสียหาย (หัก, ซ้ำ) ไม้ฝอยอาศัย

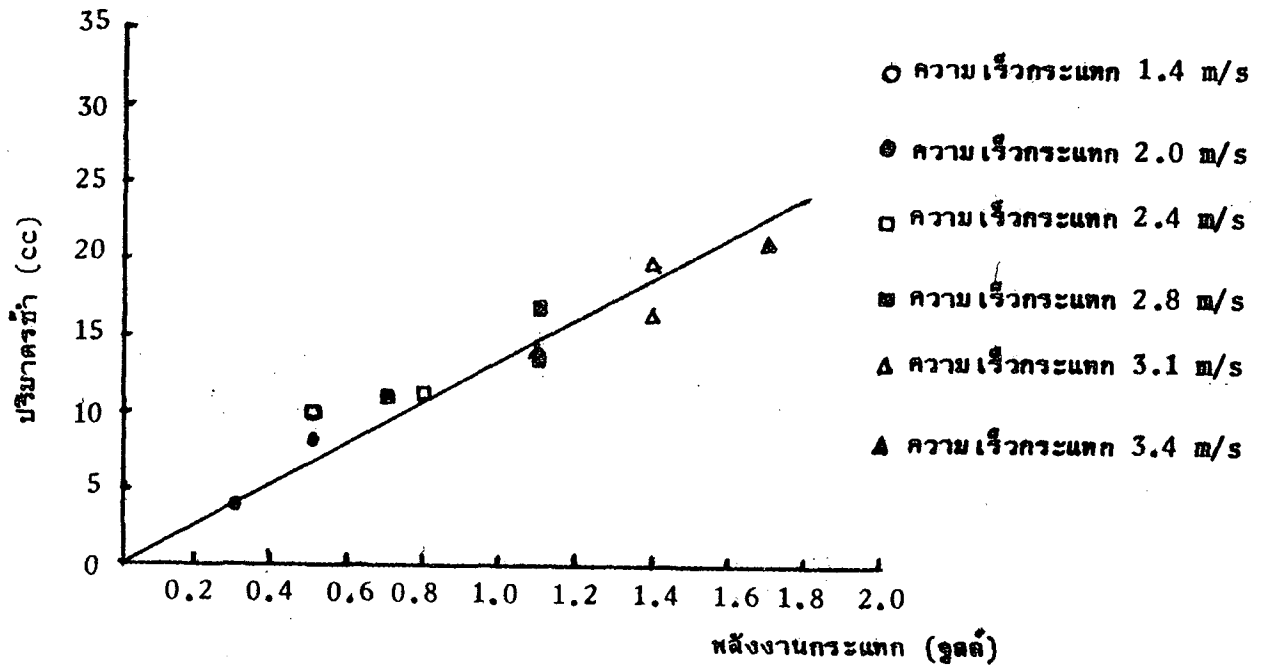
- (3) สุวศิษฎ์ บุญญาภิสันท์ "การส่งออกพีชผักผลไม้" อุตสาหกรรมสาร กรมส่งเสริม
อุตสาหกรรม ปีที่ 30 ฉบับที่ 7 2530 หน้า 5-13
- (4) Holt J.E. & Schoorl D. "Bruise resistance measurement in apples",
J. Texture Studies, 11, 1980, pp. 389-394
- (5) Bandit Jarimopas, Peiper, U.M., Manor G. "Instrumentation for
measuring the response of fruits subjected to impact loading",
Proc. Regional Seminar on Farm Machinery and Rural Industry in
SE Asia and the Pacifics, Bangkok, Nov. 26-28, 1984,
pp. III A5-1-III A5-14
- (6) Holt J.E. & Schoorl D. "Strawberry bruising and energy
dissipation" J. Texture Studies, 13, 1982, pp. 349-357
- (7) Bandit Jarimopas "Mechanical properties and bruising of soft
fleshy fruits under quasi-static loading", Proc. Regional
Seminar on Farm Machinery and Rural Industry in SE Asia and the
Pacifics, Bangkok, Nov. 26-28, 1984, pp. VA 1-1-VA1-35
- (8) กนกนทล ศรศรีวิชัย "การเก็บรักษาผลผลิตการเกษตรหลังเก็บเกี่ยว : เทคโนโลยีและ
สรีรวิทยา" รัตนพล พรณรงค์, กรุงเทพฯ, 2526, 166 หน้า



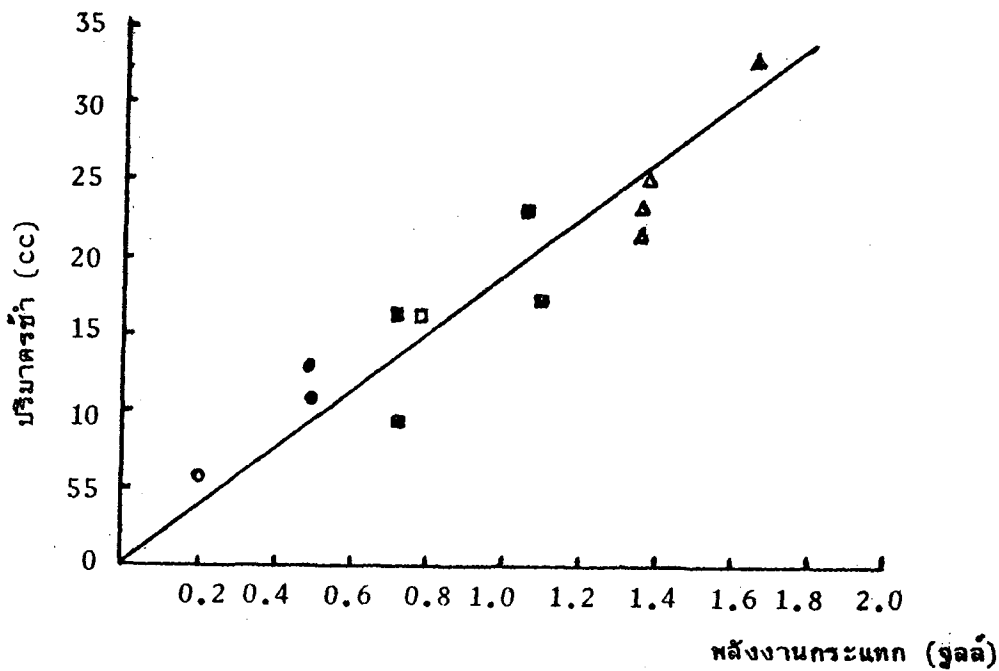
รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ทดลอง



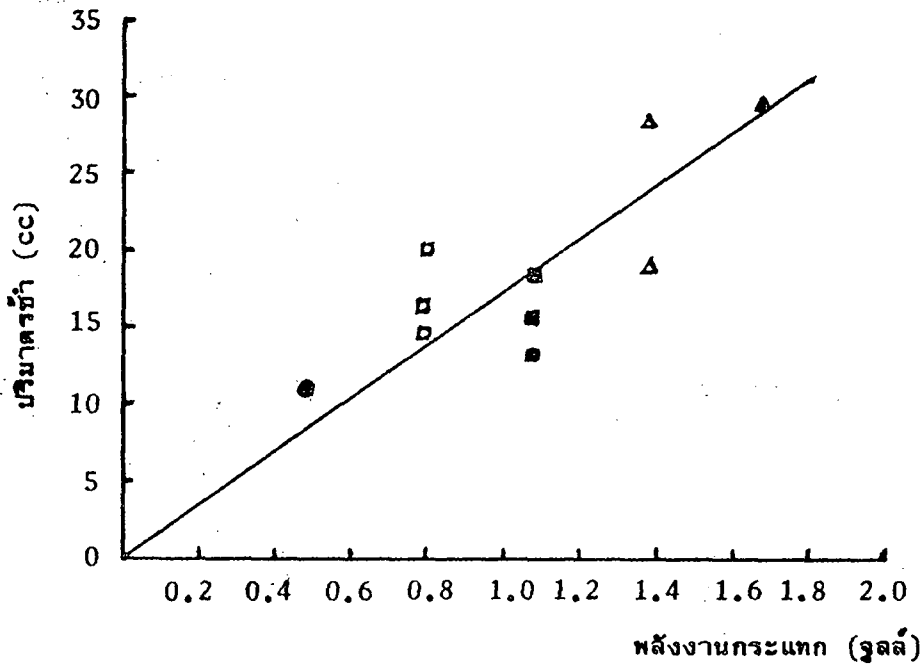
รูปที่ 2 การวิเคราะห์พลังงานเมื่อมีและไม่มีวัสดุกันเช่า



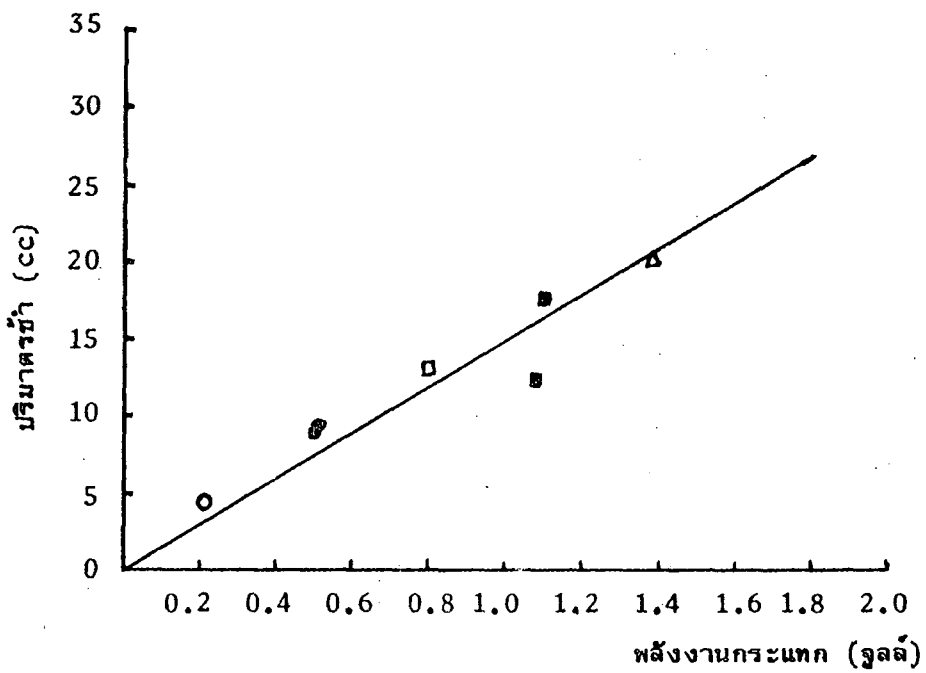
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 1 ตำแหน่งหัว



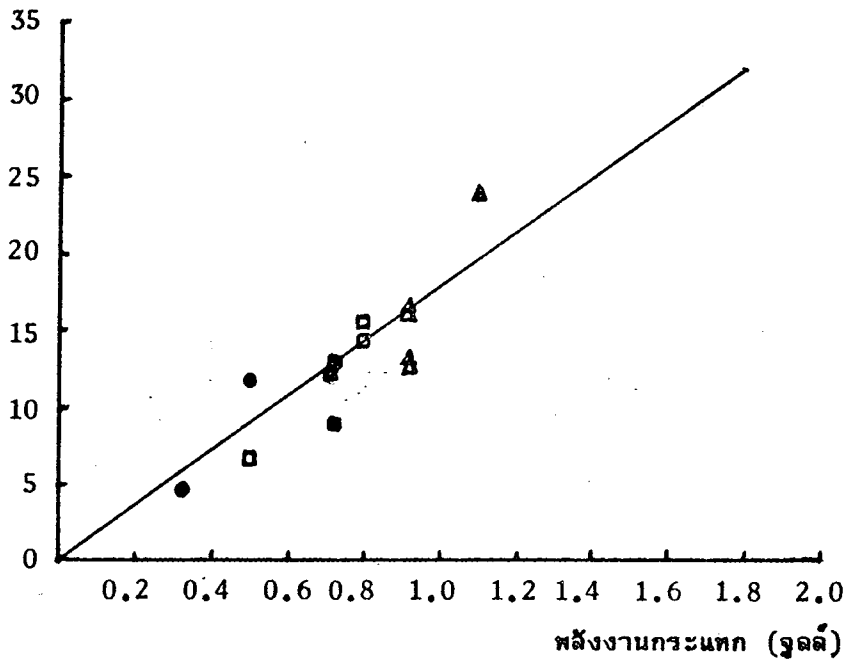
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 1 ตำแหน่งกลาง



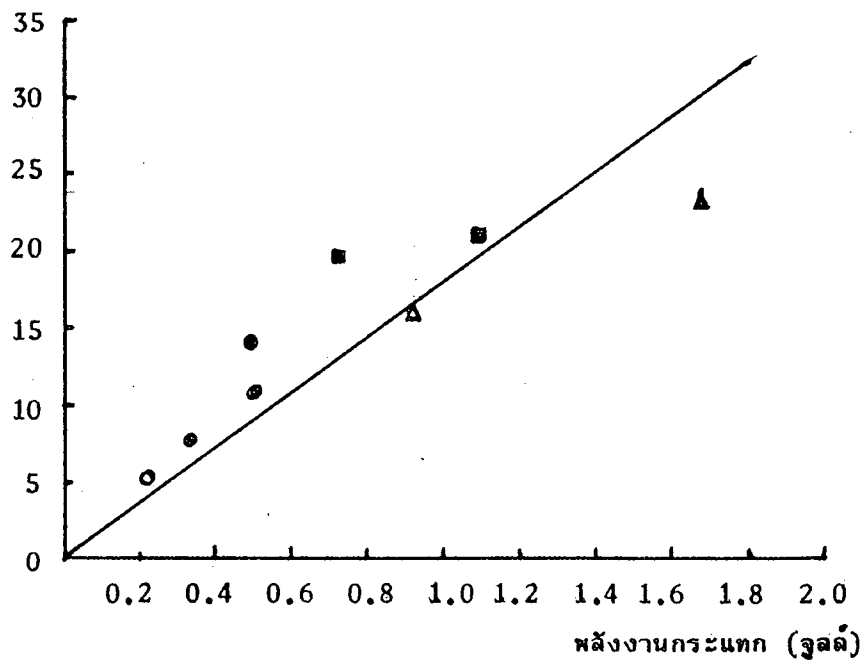
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ทางปริมาตรน้ำและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 1 ตำแหน่งท้าย



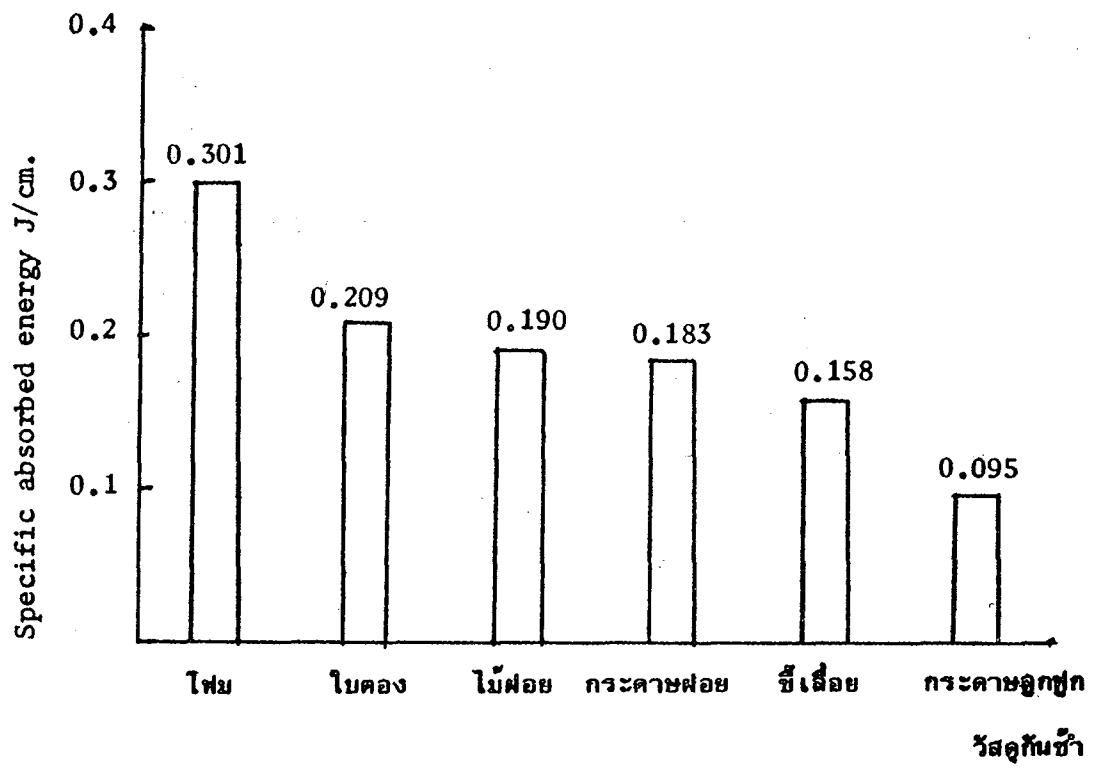
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 2 ตำแหน่งหัว



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของปริมาณข้าวและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 2 ตำแหน่งกลาง



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของปริมาณข้าวและพลังงานของกล้วย กลุ่ม 2 ตำแหน่งท้าย

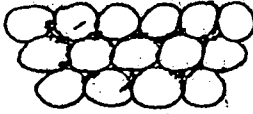
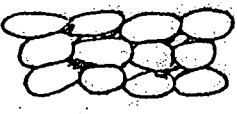
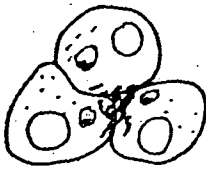



รูปที่ 9 ความสามารถดูดกลืนพลังงานของวัสดุกันช้ำ


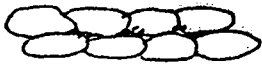

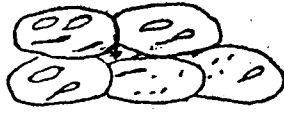


บริเวณที่มีสีม่วงจากไอโอดีน

ดอกกล้วยหอมทอง

สังขยาย	เนื้อเยื่อส่วนที่ดี (ไม่โดนกระแทก)	เนื้อเยื่อส่วนที่ช้ำ (โดนกระแทก)
100	 <p>มีสีม่วงบางส่วนแสดงว่ามีแป้งอยู่</p>	 <p>สีม่วงลดลงแสดงว่ามีแป้งลดลงด้วย</p>
400	 <p>เซลล์แข็งแรงและมีแป้งมาก</p>	 <p>เซลล์จะเหี่ยวเพราะเซลล์แตกของเหลวไหลออกไป</p>

ฝักกล้วยหอมทอง

สังขยาย	ส่วนที่เปลือก (ไม่โดนกระแทก)	ส่วนเปลือกที่ช้ำ (โดนกระแทก)
100	 <p>มีสีม่วงบางส่วน แสดงว่ามีแป้งอยู่</p>	 <p>สีม่วงลดลงแสดงว่า แป้งลดลง แต่หน่วยเซลล์ที่มีสีน้ำตาลบ้าง เนื่องจากมียางที่บริเวณเปลือก</p>
400	 <p>เซลล์ตั้งฉากเรียงเป็นระเบียบ</p>	 <p>รูปทรงแบนกว่าเดิม (เซลล์เหี่ยว)</p>