Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 271-274 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 271-274 (2550)

การออกแบบและพัฒนากลไกหักขั้วข้าวโพดฝักอ่อน

Design and development of mechanism for detaching the shank of young ear corn

ธิติพงศ์ โพธิสุทธิ์[1] และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล[1]
Thitipong Phothisoot[1] and Anupun Terdwongworakul[1]

Abstract

The mechanism for detaching the shank of young ear corn was designed and developed for installation in the baby corn husking machine based on rollers. This research investigated the relationship between the whole length of the baby corn and the shank length of young ear corn The obtained data would be used in the design of mechanism for detaching the shank of young ear corn. 100 young ear corn of the SG17SUPER variety were dimensionally measured. The results indicated that the greater the whole length of the young ear corn (C) the greater the shank length (A). Linear regression analysis showed R^2 between these 2 parameters was 0.7919. The implication of this regression result was that young ear corn had to be graded by the whole length to obtain the consistent length of shank. Then the young ear corn was tested to study the optimum shank detaching configurations. The best method to detach the shank from the young ear corn was to cutting individual corns along the longitudinal axis before detaching. Besides detaching the shank at the calculated distance was the best position giving the efficiency was 96%. The position that was used to design the mechanism for detaching the shank was 4.9 cm from the shank tip. The detaching degree was tested at different moisture content of the shank (87.50, 84.75 and 80.53%) that resulted from 3 days of storage time. The statistical analysis indicated that the detaching level was significantly correlated well with its moisture content at 0.01 level of test. The performance testing showed that this detaching mechanism performed with 89% maximum efficiency.

Keywords: detaching mechanism of shank, husking machine, young ear corn

บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนากลไกหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อน เพื่อนำมาใช้กับเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแบบใช้ลูกกลิ้ง เริ่มจากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพภายนอกของฝักข้าวโพดทั้งฝักกับความยาวของก้านฝักข้าวโพด โดยจากการศึกษาฝักข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ SG17SUPER จำนวน 100 ฝัก พบว่า ฝักข้าวโพดที่มีความยาวฝักยาวมีแนวโน้มที่จะมีความยาวก้านฝักยาวด้วย ซึ่งความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความยาวตลอดทั้งฝักของฝักข้าวโพดฝักอ่อน (C) กับความยาวของก้านฝักข้าวโพด (A) มีค่า R^2 = 0.7919 แสดงให้เห็นว่า ฝักข้าวโพดฝักอ่อนที่นำมาหักขั้วควรมีการคัดความยาวทั้งฝักก่อน เพื่อให้มีความยาวก้านฝักภายในใกล้เคียงกัน จากการทดสอบการหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนในลักษณะต่าง ๆ พบว่า วิธีการหักขั้วฝักที่ดีที่สุด คือ นำข้าวโพดฝักอ่อนไปกรีดฝักตลอดแนวความยาวของตัวฝักโดยหงายฝักแล้วจึงนำไปหักขั้วฝัก และระยะตรงขั้วฝักเป็นตำแหน่งการหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนที่ดีที่สุดคิดเป็น 96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบ และสร้างกลไกหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งใช้ตำแหน่งของการหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนที่ 4.9 เซนติเมตรจากทางขั้วฝัก และนำไปทดสอบระดับการหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนที่มีความชื้นแตกต่างกันตามระยะเวลาที่เก็บรักษา 3 วัน (87.50, 84.75 และ 80.53%) พบว่า ระดับการหักขั้วฝักและความชื้นของขั้วฝักมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีประสิทธิภาพในการหักขั้วฝักสูงสุดคิดเป็น 89 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : กลไกหักขั้ว, เครื่องปอกเปลือก, ข้าวโพดฝักอ่อน

คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำรายได้มาสู่เกษตรกร และประเทศไทยปีละหลายพันล้านบาท โดยที่ในปี 2549 การส่งออกข้าวโพดอ่อนบรรจุกระป๋อง มีปริมาณถึง 96,347 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,145.07 ล้านบาท

[1] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[1] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus

(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) แต่ในปัจจุบันการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนยังมีปัญหาหลักคือ เรื่องการปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่ยังต้องใช้แรงงานคนในการปอกเปลือก ทั้งในเรื่องการขาดแคลนคนงาน และคนงานนั้นจะต้องมีความชำนาญในการปอกเปลือกจึงจะสามารถปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนส่งโรงงานได้ทันความต้องการ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนขึ้นมาหลายรูปแบบ ซึ่งเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีนั้น ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้ในการส่งออกในอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องจะต้องทำการปอกเปลือกและหักขั้วออก เหลือแต่เฉพาะเนื้อฝักอ่อนเท่านั้น และต้องไม่ทำให้เกิดความช้ำเสียหายต่อเนื้อฝักอ่อน เครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแบบลูกกลิ้งที่พัฒนาโดย อนุพันธ์ และภัทร (2548) เป็นเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีศักยภาพ และสามารถพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ โดยปัญหาหลักคือเมื่อข้าวโพดฝักอ่อนออกมาจากเครื่องแล้วยังมีก้านฝักติดอยู่ซึ่งจะต้องนำมาหักขั้วอีก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนากลไกการหักขั้วฝักข้าวโพด เพิ่มเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อให้สามารถทำการปอกเปลือกและหักขั้วข้าวโพดฝักอ่อนได้ เพื่อที่จะได้เครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่สามารถผลิตข้าวโพดฝักอ่อนได้ทันตามความต้องการของตลาด นอกจากนั้นแล้ว ในปัจจุบันยังมีความต้องการเครื่องที่สามารถกรีดเปลือก หักขั้วฝัก และแยกเนื้อฝักที่ยังไม่ต้องกำจัดไหมออกจากเปลือก ดังนั้นกลไกการหักขั้วฝักที่พัฒนานี้จะสามารถนำมาใช้ในกรณีนี้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ SG17SUPER จากอำเภอกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม จำนวน 100 ฝัก มาผ่ากลางตามแนวยาวตลอดทั้งฝักแล้วถ่ายภาพข้าวโพดทั้งก่อนและหลังผ่า โดยมีระยะอ้างอิง และนำภาพถ่ายมาวัดค่าต่างๆ ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2 โดยเก็บข้อมูลระยะความยาวของก้านฝัก ระยะความยาวของข้าวโพดฝักอ่อนในส่วนที่เป็นเนื้อฝักอ่อนและระยะความยาวตลอดทั้งฝักของข้าวโพดฝักอ่อน ทำการหาความสัมพันธ์ของระยะต่าง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Regression analysis โดยมุ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของข้าวโพดทั้งฝักกับความยาวก้านฝักของข้าวโพด และยังใช้ข้อมูลภาพข้างต้นมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชันของตัวฝักเพื่อทำนายตำแหน่งของขั้วฝักโดยพลอตค่า x และ y จากภาพด้านข้างโดยค่า x เป็นแกน x และค่า y เป็นแกน y ต่อจากนั้นหาความชันของความโค้งภาพด้านข้างนี้โดยวิธีข้ามจุดทีละหนึ่งจุด จนครบตลอดทั้งช่วงความยาวของฝักในที่นี้จะเรียกว่าค่าความชันอันดับหนึ่ง (First derivative) แล้วนำค่าความชันที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างค่าความชันอันดับหนึ่ง (dy) กับ ระยะความยาวจากขั้วฝัก (x) แล้วหาค่าความชันอีกครั้ง เรียกว่าค่าความชันอันดับสอง (Second derivative) แล้วนำค่าความชันที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างค่าความชัน (d^2y) กับ ระยะความยาวจากขั้วฝัก (x) ศึกษากราฟที่ได้เพื่อหาค่าความชันอันดับหนึ่งหรือค่าความชันอันดับสองที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของขั้วฝัก จากนั้นทำการทดสอบโดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหักขั้ว คือการกรีดฝัก และลักษณะการวางฝัก โดยนำข้าวโพดฝักอ่อนจำนวน 200 ฝัก แบ่งเป็น 4 กลุ่มโดยกลุ่มแรกและกลุ่มที่ 2 ทำการกรีดฝักตลอดแนวความยาวและนำไปหักขั้วฝักต่างกันที่คว่ำกับหงายฝัก กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ไม่กรีดฝักและนำไปหักขั้วฝักต่างกันที่คว่ำกับหงายฝักเช่นกัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนที่ตรงกับตำแหน่งขั้วภายในของแต่ละวิธีการ เพื่อนำวิธีการเตรียมและป้อนวางฝักที่ให้เปอร์เซ็นต์การหักสูงที่สุดไปใช้กับกลไกต่อไป การออกแบบกลไกหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อน ทำได้โดยการสร้างชุดทดลองการหักขั้วข้าวโพดฝักอ่อนขึ้น โดยจำลองมาจากการหักขั้วข้าวโพดฝักอ่อนของเกษตรกรที่ทำการหักจริงแล้วถ่ายภาพทุกขั้นตอนของการหักขั้ว จากนั้นนำภาพถ่ายมาวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกลไกในการหักขั้ว จากนั้นนำมาออกแบบโดยอาศัยหลักการออกแบบกลไก Four-bar linkage โดยใช้วิธีกราฟ (Wilson and Sadler, 1993) ส่วนการทดสอบการทำงานของเครื่องจะแบ่งทำการทดลอง 3 วัน (เพื่อให้ตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนที่นำมาทดสอบมีความชื้นแตกต่างกัน 3 ระดับ) ในแต่ละวันจะใช้ข้าวโพดจำนวน 110 ฝัก โดยข้าวโพดที่เหลือจะทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ข้าวโพดที่นำมาทดลองในแต่ละวันจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 จำนวน 100 ฝัก นำไปทดสอบการหักขั้วด้วยกลไกแล้วบันทึกจำนวนข้าวโพดที่ถูกหักขั้วฝัก จากนั้นนำข้าวโพดไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ส่วนกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 ฝัก นำไปทดลองหาค่าแรงที่ใช้ในการหักขั้วฝักด้วยเครื่องวัดแรงกด

ผล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าในแบบเชิงเส้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวตลอดทั้งฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (C) กับระยะความยาวก้านฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (A) โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นเป็นดังสมการ $C = 1.2356A + 19.3440$, $R^2 = 0.7919$ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวตลอดทั้งฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (C) กับระยะความยาวของข้าวโพดฝักอ่อนในส่วนที่เป็นเนื้อฝักอ่อน (B) โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นเป็นดังสมการ $C = 0.5072B$

+ 20.1290 , R^2 = 0.0784 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวก้านฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (A) กับความยาวของข้าวโพดฝักอ่อนในส่วนที่เป็นเนื้อฝักอ่อน (B) และสมการA = 0.1773B + 3.0023 , R^2 = 0.0186 การศึกษาค่าความชันในการทำนายตำแหน่งขั้วฝักพบว่ากราฟค่าความชันอันดับหนึ่งสามารถทำนายขั้วฝักได้ 54% กราฟค่าความชันอันดับสองสามารถทำนายได้ 80% และจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหักขั้วฝักพบว่า กลุ่มแรกคือนำข้าวโพดไปกรีดฝักแล้วหักขั้วโดยหงายฝักสามารถหักขั้วตรงกับตำแหน่งขั้วฝักได้ 96% กลุ่มที่ 2 คือกรีดฝักแล้วหักขั้วโดยคว่ำฝักสามารถหักขั้วได้ 78% กลุ่มที่ 3 หักขั้วฝักโดยหงายฝัก (ไม่กรีดฝัก) พบว่าสามารถหักขั้วได้คิดเป็น 30% กลุ่มที่ 4 ข้าวโพดที่หักขั้วฝักโดยคว่ำฝัก (ไม่กรีดฝัก) พบว่าสามารถหักขั้วได้คิดเป็น 24% ส่วนการออกแบบกลไกหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนออกแบบเป็นลักษณะ four bar linkage เป้าหมายคือ การหาความยาวของลิงค์ทั้งสี่ ที่สามารถทำให้ลิงค์ AB หมุนไปตามตำแหน่งที่ต้องการ เริ่มจากการสร้างลิงค์ AB ที่มีลักษณะเป็นก้านเพลา 2 ก้านขนานกันแล้วนำไปหักขั้วฝักข้าวโพด (Figure 1) โดยถ่ายบันทึกภาพในขณะหักขั้วฝักข้าวโพดไว้ จากนั้นนำภาพการหักมาซ้อนกันเพื่อกำหนดตำแหน่งลิงค์ AB ที่ตำแหน่งต่างๆ ในขณะหักขั้ว สามตำแหน่ง (Figure 2) (ในที่นี้จะต้องทราบตำแหน่งลิงค์ AB 3 ตำแหน่ง จึงจะสามารถหาระยะอื่นๆของลิงค์ได้)

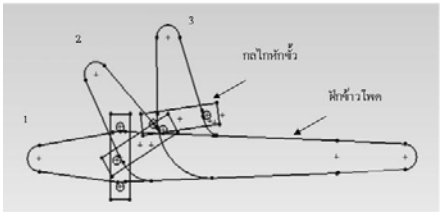

Figure 1 The movement of the mechanism for detaching the shank of young ear corn

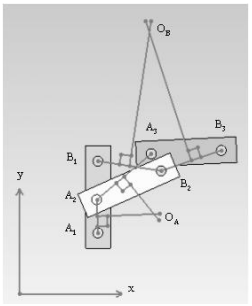

Figure 2 Designing by the graph method

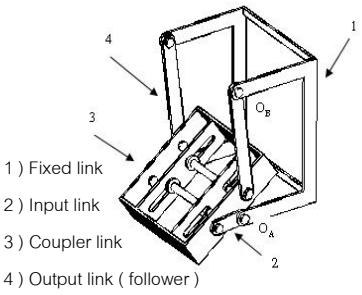

Figure 3 Mechanism for detaching the shank of young ear corn

เมื่อได้กลไกหักขั้วแล้ว (Figure 3) นำมาติดตั้งกับระบบลำเลียงฝักและระบบนิวแมติกที่ควบคุมการทำงานด้วย Programmable logic controller (PLC) เพื่อให้การทำงานเป็นไปโดยอัตโนมัติ ในการทำงานให้สามารถหักขั้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดสอบการทำงานของกลไกหักขั้วฝักพบว่า ในวันที่ 1 สามารถหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนได้ 89% ที่ระดับความชื้นขั้วฝักเฉลี่ย 87.50% ในวันที่ 2 สามารถหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนได้ 81% ที่ระดับความชื้นขั้วฝักเฉลี่ย 84.75% และในวันที่ 3 สามารถหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อนได้ 10% ที่ระดับความชื้นขั้วฝักเฉลี่ย 80.53% โดยระดับการหักขั้วฝักและความชื้นของขั้วฝักมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการหักขั้วฝักในวันที่ 1, 2 และ 3 คือ 83, 36 และ 25 นิวตัน ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าในแบบเชิงเส้น พบว่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวตลอดทั้งฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (C) กับระยะความยาวก้านฝักของข้าวโพดฝักอ่อน (A) โดยมีค่า R^2 = 0.7919 สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทร (2547) จากการศึกษาค่าความชันพบว่า การใช้กราฟค่าความชันอันดับสองสามารถทำนายตำแหน่งขั้วได้ถูกต้องแม่นยำกว่าการใช้กราฟค่าความชันที่หนึ่ง โดยใช้บอกตำแหน่งขั้วได้ 80% อย่างไรก็ตามในการออกแบบกลไกการหักขั้วฝักนั้นการใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความยาวภายนอกกับความยาวก้านฝักนั้นเพียงพอต่อการออกแบบกลไกในแบบที่ไม่ซับซ้อนจึงไม่ใช้ค่าความชันอันอับสองมาออกแบบซึ่งจะต้องการคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคำนวณหาความชันดังกล่าวซึ่งจะทำให้กลไกมีความซับซ้อน การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหักขั้วสรุปได้ว่าการเตรียมป้อนวางฝักที่ให้ผลของการหักขั้วฝักที่ดีที่สุด คือนำข้าวโพดไปกรีดฝักแล้วป้อนเข้าเครื่องหักขั้วโดยหงายฝัก และจากผลการทดสอบการทำงานของกลไกหักขั้วข้าวโพดฝักอ่อนแสดงว่าหากความชื้นขั้วฝักมีค่าสูง จะต้องใช้แรงในการหักมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าขั้วมีความแข็งสูงแต่เปราะ ไม่เหนียว ทำให้หักได้ง่ายกว่าฝักข้าวโพดที่มีค่าความชื้นขั้วฝักต่ำกว่า เพราะเมื่อฝักข้าวโพดฝักอ่อนมีความชื้นน้อยจะทำให้เวลาหักด้วยกลไกหักขั้วฝักจะไม่หัก เนื่องจากมีความเหนียวเพิ่มขึ้นก้านฝักจะอ่อนตัวและงอตามแรงของกลไกผลการทดสอบบ่งบอกว่าควรหักขั้วข้าวโพดในวันแรกที่เก็บซึ่งความชื้นขั้วฝักยังสูงอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงของเกษตรกรที่จะนำข้าวโพดจากไร่มาปอกเปลือกในวันแรกทันที

สรุป

จากการหาค่าความสัมพันธ์ ของระยะต่าง ๆ ที่ทำการเก็บข้อมูล พบว่า ข้าวโพดที่มีความยาวฝักทั้งเปลือกยาวมีแนวโน้มที่จะมีความยาวของก้านฝักยาว ดังนั้น จึงควรมีการคัดขนาดข้าวโพดที่มีความยาวใกล้เคียงกันเพื่อควบคุมให้มีความยาวของก้านฝักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เพื่อที่จะทำนายตำแหน่งของขั้วฝักในการหักขั้วได้อย่างแม่นยำ ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของรูปด้านข้างกับความยาวก้านฝักของข้าวโพดฝักอ่อน ผลการวิเคราะห์จากกราฟที่ได้แสดงว่า ตำแหน่งของขั้วฝักที่ได้จากกราฟจะมีความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งจริงไปทางก้านฝักเล็กน้อย เนื่องจากความชันของเปลือกจะเริ่มหนาขึ้นก่อนถึงบริเวณขั้วจริง ในการทดสอบหักขั้วฝักจากกลไกเบื้องต้น จะหักได้ดีเมื่อนำข้าวโพดไปกรีดฝักตลอดแนวความยาวของตัวฝัก โดยหงายฝักแล้วจึงนำไปหักขั้วฝัก คิดเป็น 96% ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพการหักที่ดีควรทำการป้อนข้าวโพดที่กรีดฝักตลอดแนวความยาวของตัวฝัก โดยหงายฝักแล้วจึงนำไปเข้าสู่กลไกหักขั้วฝัก ในการทำงานของกลไกหักขั้วฝักข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า จะมีประสิทธิภาพในการหักที่ดี เมื่อทำการหักภายในวันแรกของการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีความชื้นสูง ซึ่งจากการทดสอบคิดเป็น 89% ที่ระดับความชื้นขั้วฝักเฉลี่ย 87.50%

เอกสารอ้างอิง

ภัทร สุพพัตกุล. 2547. การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแบบใช้ลูกกลิ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุภาชนะอัดลม: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/statistic/export/1310YC.xls, 10 เมษายน 2550.

อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และภัทร สุพพัตกุล. 2548. การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแบบลูกกลิ้ง, น. 59. ใน รายงานการประชุมประจำปี สวทช. 2548. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Wilson, C.E. and J.P. Sadler. 1993. Kinematics and Dynamics of Machinery. Harper Collins College Publisher.