

การประเมินสมรรถนะเครื่องคั้นน้ำและคว้านเนื้ออัตโนมัติสำหรับส้มและมะนาว  
Performance Evaluation of an Automatic Squeezer and Reamer for Orange and Lime

เสมอขวัญ ตันติกุล<sup>1</sup> และ อภิชาติ วรรณบุปผา<sup>1</sup>  
Samerkhwan Tantikul<sup>1</sup> and Apichat Wannabuppha<sup>1</sup>

Abstract

The objects of this study were to design, test and performance evaluation of an automatic squeezer and reamer for orange and lime. A squeezing set was consisted of 4 pieces of stainless spherical halves attached to the stainless as with 63.5 mm in diameter. The squeezing holder or orange catching rod was made of 4 superfine and stainless rods. The machine was powered by single phase 186.25 W (1/4 hp) electrical motor. The performance test was conducted at 2 rotational speeds of the squeezer set, 5 and 10 rpm and 3 clearances, 2, 3 and 4 millimeters and 3 materials tested; Class 2 orange, Class 3 orange and Class 1 lime. The best performance for Class 2 orange was at rotational speed of 5 rpm and clearance of 3 millimeter, resulting in capacity of 12.94 kg/hr, squeezing efficiency of 93.84 percent and juice loss of 6.16 percent. As for Class 3 orange, the rotational speed of 5 rpm and clearance of 3 millimeter was recommended, causing capacity of 12.60 kg/hr, squeezing efficiency of 93.39 percent and juice loss of 6.61 percent. The class 1 lime, on the other hand, the rotational speed of 10 rpm and clearance of 4 millimeter was preferred, obtaining capacity of 24.72 kg/hr, squeezing efficiency of 89.70 percent and juice loss of 10.30 percent. However, the efficiency of reaming is still low. Because the orange peel or lemon peel moved altogether with the reamer head.

**Keywords:** orange and lime juice squeezer, orange and lime juice, automatic squeezer and reamer

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ ทดสอบ และประเมินสมรรถนะเครื่องคั้นน้ำและคว้านเนื้อส้มและมะนาวอัตโนมัติ ชุดคั้นประกอบด้วยหัวคั้นที่ทำจากสแตนเลสกลึงขึ้นรูปจำนวน หัวคั้น สามารถหมุนรอบตัวได้ เพลาชุดคั้นทำจากสแตนเลสขนาด 63.5 มิลลิเมตร และหลุมคั้นจำนวน 4 หลุมใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 186.25 วัตต์ 1/4 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทดสอบสมรรถนะของเครื่องคั้นโดยการแปรค่าความเร็วรอบของชุดคั้นเป็น 2 ระดับ คือ 5 และ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 3 ระดับคือ 2 3 และ 4 มิลลิเมตร วัสดุทดสอบ 3 ระดับคือ ผลส้มเบอร์ 2 ผลส้มเบอร์ 3 และผลมะนาวเบอร์ 1 ผลการทดสอบพบว่า ผลส้มเบอร์ 2 ควรคั้นที่ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั้น 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีความสามารถในการคั้น 12.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 93.84 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 6.16 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลส้มเบอร์ 3 ควรคั้นที่ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั้น 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีความสามารถในการคั้น 12.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 93.39 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 6.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลมะนาวเบอร์ 1 ควรคั้นที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั้น 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีความสามารถในการคั้น 24.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 89.70 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 10.30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่า ประสิทธิภาพในการคว้านยังไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากเปลือกส้มหรือเปลือกมะนาวมักหมุนตามไปกับหัวคว้าน

**คำสำคัญ:** เครื่องคั้นน้ำส้มและมะนาว น้ำส้มและน้ำมะนาวคั้น เครื่องคั้นน้ำและคว้านเนื้ออัตโนมัติ

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup> Program of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. 50290

**คำนำ**

ส้มและมะนาวถือว่าเป็นสินค้าส่งออกและมีการปลูกมากในทั่วทุกภาคของประเทศ ซึ่งในภาคเหนือปลูกมากที่สุด อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ ในปี 2552 มีปริมาณการผลิตถึง 278,194 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2552) ปกติการส่งออกส้มและมะนาวสามารถส่งออกได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่วนใหญ่การส่งออกส้มและมะนาวจะเป็นลักษณะผลสดมากกว่าส่งออกเป็นน้ำผลไม้สำเร็จรูป เพราะในการส่งออกเป็นน้ำผลไม้สำเร็จรูปจะมีการเสียหายจากจุลินทรีย์มากกว่า แต่การส่งออกส้มและมะนาวแบบผลสดจะมีการเสียหายเชิงกลค่อนข้างมากปกติมะนาวไม่สามารถบริโภคได้โดยตรง ทั้งส้มและมะนาวส่วนใหญ่จึงนำมาคั้นเพื่อแปรรูปเป็นน้ำส้มคั้นและน้ำมะนาว การแปรรูปมักทำกันในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพื่อการส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศ แต่ผู้ประกอบการขนาดเล็กที่มีทุนไม่สูงมากนักและต้องการแปรรูปขายในระดับชุมชน ดังนั้นเครื่องคั้นน้ำและคั้นเนื้อส้มและมะนาวขนาดเล็กที่มีความจำเป็นและสำคัญที่จะขับเคลื่อนอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำส้มและมะนาว ซึ่งจะมีผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศการศึกษานี้ได้ศึกษาเพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องคั้นน้ำและคั้นเนื้อส้มและมะนาวต้นแบบ โดยมุ่งเน้นหาค่าประสิทธิภาพการคั้นความสามารถในการทำงาน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

**อุปกรณ์และวิธีการ**

การหาสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อการคั้นได้แก่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของส้มและมะนาว โดยวัดตามแนวยาว ตามแนวขวาง และตามแนวเฉียง และน้ำหนัก ขนาดผลส้มที่ศึกษาคือ เบอร์ 3 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร) และเบอร์ 2 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 เซนติเมตร) ซึ่งเป็นผลขนาดเล็กและมะนาวที่ศึกษาคือ เบอร์ 1 (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.2 เซนติเมตร) ส่วนการทดสอบสมรรถนะหาค่าความสามารถในการคั้น ประสิทธิภาพการคั้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของชุดคั้น 2 ระดับ คือ 5 และ 10 รอบต่อนาทีระยะห่างของชุดคั้น 3 ระยะ คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตรใช้ขนาดส้มเบอร์ 3 และเบอร์ 2 ส่วนมะนาวใช้ เบอร์ 1 สำหรับการทดสอบความแปรปรวนใช้ Two – way และ Three – way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

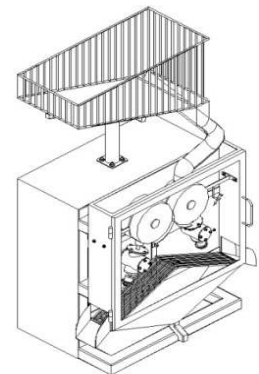


Figure 1 Prototype squeezer

**ผล**

สมบัติทางกายภาพของส้มโดยวัดตามแนวยาว แนวขวาง แนวเฉียง และน้ำหนัก เบอร์ 3 เฉลี่ย คือ 4.56, 4.21, 4.52 เซนติเมตร และ 58.29 กรัม ตามลำดับและเบอร์ 3 เฉลี่ย คือ 4.82, 4.35, 4.76 เซนติเมตรและ 58.95 กรัมตามลำดับ สำหรับมะนาวเบอร์ 1 เฉลี่ย คือ 4.64, 2.89, 4.56 เซนติเมตรและ 47.36 กรัม ตามลำดับสำหรับเครื่องคั้นน้ำและคั้นเนื้อออกแบบให้มีขนาดเครื่อง (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 600x1,500x1,300 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีขนาดถังป้อน (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 600x400x650 มิลลิเมตร ตามลำดับ(Figure 2)ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 186.5 วัตต์ (1/4 แรงม้า) ทดสอบโดยใช้เกียร์ทดอัตรา 40 : 1 (Figure 3)ชุดคั้นประกอบด้วยหัวคั้นที่ทำจากสแตนเลสถึงขึ้นรูปจำนวน 4 หัวคั้น สามารถหมุนรอบตัวได้เพลาชุดคั้นทำจากสแตนเลสขนาด 63.5 มิลลิเมตร และออกแบบให้มีหลุมคั้นจำนวน 4 หลุม(Figure 4)เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจึงออกแบบแยกห้องต้นกำลังและระบบส่งกำลังออกจากห้องคั้นต่างหาก

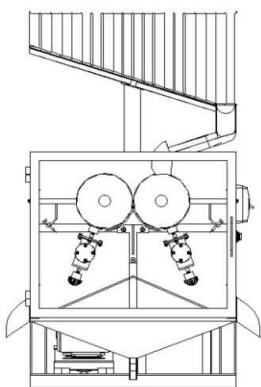


Figure2 Front view automatic reamer squeezer and reamer for orange and lime

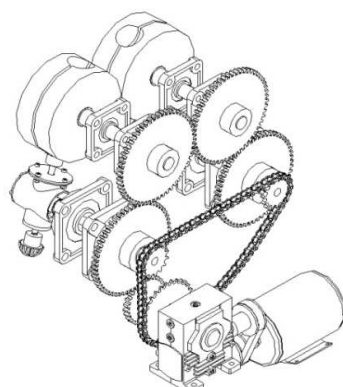


Figure3 Motor power, gear box and transmission system

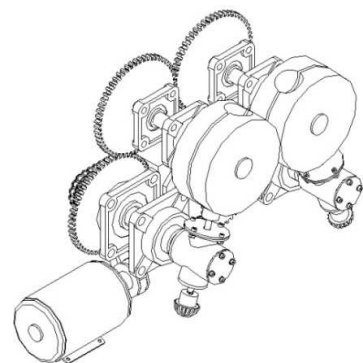


Figure4 Squeezer and component

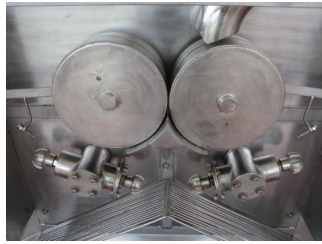


Figure 5 Components of prototype



Figure 6 Functional and evaluation test

ส่วนการประเมินผลเครื่องคั้นน้ำและคว้านเนื้ออัตโนมัติต้นแบบ ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบชุดคั้น 2 ระดับ คือ 5 และ 10 รอบต่อนาที ขนาดผลส้มเบอร์ 2 และเบอร์ 3 ส่วนมะนาวทดสอบที่ขนาดผลมะนาวเบอร์ 1 หาความสามารถการคั้นประสิทธิภาพการคั้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลส้มและผลมะนาว (Table 1)

Table 1 Performance test a prototype automatic squeezer and reamer for orange and lime

Product test	Rotating of Squeezer set (rpm)	Size of fruit (Number)	Clearance of Squeezer set (millimeter)	Capacity of squeezing (kg/h)	Efficiency of squeezing (%)	Loss (%)	
orange	5	2	2	12.94 <sup>d</sup>	93.84 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	
			3	12.21 <sup>c</sup>	93.39 <sup>a</sup>	6.61 <sup>a</sup>	
		10	2	4	14.92 <sup>d</sup>	93.30 <sup>c</sup>	6.70 <sup>c</sup>
				2	21.75 <sup>c</sup>	93.55 <sup>a</sup>	6.45 <sup>c</sup>
	10	2	3	25.34 <sup>d</sup>	89.97 <sup>a</sup>	10.03 <sup>a</sup>	
			4	36.39 <sup>a</sup>	90.34 <sup>c</sup>	9.66 <sup>c</sup>	
		3	3	2	14.32 <sup>d</sup>	93.49 <sup>a</sup>	6.51 <sup>a</sup>
				3	12.21 <sup>c</sup>	93.39 <sup>a</sup>	6.61 <sup>a</sup>
orange	5	3	4	14.09 <sup>d</sup>	92.17 <sup>a</sup>	7.83 <sup>a</sup>	
			2	23.38 <sup>c</sup>	93.43 <sup>c</sup>	6.57 <sup>c</sup>	
	10	3	3	25.34 <sup>d</sup>	89.97 <sup>b</sup>	10.03 <sup>b</sup>	
			4	20.80 <sup>c</sup>	91.80 <sup>b</sup>	8.20 <sup>b</sup>	
lime	5	1	2	12.77 <sup>c</sup>	86.05 <sup>b,c</sup>	13.95 <sup>c</sup>	
			3	26.48 <sup>b</sup>	88.96 <sup>a,b</sup>	11.04 <sup>a,b</sup>	
			4	12.45 <sup>c</sup>	87.65 <sup>a,b,c</sup>	12.35 <sup>a,b,c</sup>	
			2	28.44 <sup>c</sup>	86.85 <sup>a,b,c</sup>	13.15 <sup>b,c</sup>	
	10	1	3	12.46 <sup>b</sup>	88.61 <sup>a,b</sup>	11.39 <sup>a,b</sup>	
			4	24.27 <sup>a</sup>	89.70 <sup>a</sup>	10.30 <sup>a</sup>	

ผลการเปรียบเทียบขนาดส้ม ความเร็วรอบ และระยะห่างของชุดคั้นที่มีผลต่อความสามารถประสิทธิภาพ และความสูญเสียในการคั้นน้ำและคว้านเนื้อผลส้มสรุปได้ดังนี้

การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้ม โดยพิจารณาเบอร์ส้ม ความเร็วรอบ และระยะห่างของชุดคั้น ด้วยการใช้ค่าความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคั้นผลส้มอย่างมีนัยสำคัญ (F = 12.313, df = 2,108, p < 0.05) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยการทดสอบ LSD พบว่า กลุ่มที่ให้ความสามารถในการคั้นได้ดีที่สุด คือ ส้มเบอร์ 2 ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 4 มิลลิเมตร

การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั้นและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในการคั้นผลส้ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคั้นผลส้มอย่างมีนัยสำคัญ ( $F = 17.747$ ,  $df = 2, 108$ ,  $p < 0.05$ ) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยการทดสอบ LSD พบว่า กลุ่มที่ให้ประสิทธิภาพในการคั้นดีที่สุดและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยสุด คือ ส้มเบอร์ 2 ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 2 มิลลิเมตร

ส่วนการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลมะนาว ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยทั้ง 2 มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคั้นผลมะนาวอย่างมีนัยสำคัญ ( $F = 27.517$ ,  $df = 5, 30$ ,  $p < 0.05$ ) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยการทดสอบ LSD พบว่า กลุ่มที่ให้ความสามารถในการคั้นได้ดีที่สุด คือความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 2 มิลลิเมตร

และการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียการคั้นผลมะนาว ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยทั้ง 2 มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคั้นผลมะนาวอย่างมีนัยสำคัญ ( $F = 3.554$ ,  $df = 5, 30$ ,  $p < 0.05$ ) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยสถิติทดสอบ LSD พบว่า กลุ่มที่ให้ประสิทธิภาพในการคั้นดีที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยที่สุด คือความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 4 มิลลิเมตร

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการทำงานในเบื้องต้นพบว่า ประสิทธิภาพการคั้นทั้งเนื้อส้มและเนื้อมะนาวยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำซึ่งต้องทำการแก้ไข ดังนั้นจึงไม่ทำการประเมินประสิทธิภาพการคั้นเนื้อ ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบในส่วนของหลุมคั้นผิวส้มมีส้อมคั่นข้างเรียบ ทำให้มีแรงเสียดทานต่ำซึ่งไม่รองรับกับหัวคั้นที่ออกแบบให้เป็นหัวคั้นไปในตัว ดังนั้นขณะที่ผลส้มหรือมะนาวถูกคั้นส่วนเปลือกส้มและเปลือกมะนาวจะหมุนไปพร้อมกับหัวคั้น การคั้นเนื้อจึงมีประสิทธิภาพต่ำ



Figure 7 Reamer head and squeezing holder

#### วิจารณ์ผล

ผลการทดสอบสรุปคือ ผลส้มเบอร์ 2 ควรคั้นที่ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีความสามารถในการคั้น 12.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 93.84 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 6.16 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มเบอร์ 3 ควรคั้นที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะให้ความสามารถในการคั้น 12.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 93.39 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 6.61 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดสอบคั้นมะนาว พบว่า หากคั้นมะนาวเบอร์ 1 ควรคั้นที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 4 มิลลิเมตร ซึ่งมีความสามารถในการคั้น 24.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคั้น 89.70 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 10.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดสอบนี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของเสมอขวัญ (2552) ซึ่งได้ทดสอบเครื่องคั้นแบบโรตารีกับส้มสายน้ำผึ้งเบอร์ 2 ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที ที่ระยะห่างชุดคั้น 2 มิลลิเมตร จะให้ประสิทธิภาพในการคั้นสูงสุด

#### สรุป

ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบพบว่า มีความเป็นไปได้สำหรับการขยายผลไปสู่อุตสาหกรรมขนาดเล็กเหมาะสำหรับคั้นผลส้มผลเล็กที่มีราคาถูก ส่วนมะนาวใช้กับขนาดทั่วไป เมื่อนำมาคั้นคั้นส้มเบอร์ 2, 3 และมะนาวเบอร์ 1 มีความสามารถในการคั้นคั้นเท่ากับ 12.94, 12.60 และ 24.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับมีประสิทธิภาพเท่ากับ 93.84, 93.39 และ 89.70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ประสิทธิภาพการคั้นเนื้อคั้นข้างต่ำซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไข

#### คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณงานวิจัยและบริการวิชาการ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จและขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเกษตรและวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการทำวิจัย

#### เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2552. ข้อมูลพื้นฐาน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.chiangmai.doe.go.th> (20 พฤศจิกายน 2552)

เสมอขวัญ ต้นติกุล. 2552. โครงการการออกแบบและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้มและมะนาวอัตโนมัติที่สามารถคั้นส้มและมะนาวคละขนาดได้ เพื่อรองรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดกลาง พร้อมทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน. ใน: รายงานการวิจัยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.