Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 280-283 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 280-283 (2549)

เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพคัดแยกฝักมะขามหวาน
Image Processing Technique Segregating Sweet Tamarind

บัณฑิต จริโมภาส[1] **และ นิติพงษ์ ใจสิน**[1]
Bundit Jarimopas[1] and Nitipong Jaisin[1]

Abstract

The purpose of this research was to identify variable characterizing physical characteristics and quality of sweet tamarind pod and develop the related sorting system based on image processing technique. Methodology comprised the determination of variables identifying physical characteristics of shape, size and blemish of the sweet tamarind pod of two cultivars, ie. Sritong and Srichompoo. Design and construction of the sorting system included CCD camera working with TV card, microcontroller, sensor and computer. Analysis was done with image processing and analysis of variance technique. The related control factors were belt speed, fruit orientation on the belt, fruit movement, fruit spacing.

Results showed that C (the ratio of perimeter encircling the pod) characterizing shape of the straight, sword-like and the curved was not exceeding 55%, 57-65% and greater than 68% respectively. No control factors significantly affected all the variables characterizing shape, size and blemish at the significance level of 5%. The developed sorting device could well segregate the sweet tamarind pod for a particular cultivals. The resulting sizing efficiency, contamination ratio and capacity was 88.9%,10.2% and 1517pod/hr for Sritong and 94.3%,5.7% and 1491 pod/hr for Srichompoo respectively.

Keyword: Sweet tamarind, Image processing, Sorting.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อที่จะระบุตัวแปรกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานและพัฒนาเครื่องมือคัดแยกมะขามหวานตามคุณภาพด้วยเทคนิคการประมวลผลด้วยภาพ งานจะรวมเอาการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกับรูปร่าง ขนาด และตำหนิ ฝักมะขามหวานที่ใช้เป็นพันธุ์ที่นิยม คือ พันธุ์สีทอง และศรีชมพู ตัวแปรกำหนดคุณภาพ ได้แก่ รูปร่าง (ฝักตรง ฝักดาบ และ ฝักโค้ง) ขนาด (เล็ก กลาง ใหญ่) และ ตำหนิรอยแตก ตัวแปรทางกายภาพที่ใช้ระบุรูปร่าง ได้แก่ อัตราส่วนเส้นรอบวงกลมล้อมรอบฝัก (C) ตัวแปรจำแนกขนาดได้แก่ ความยาว เส้นรอบรูป พื้นที่ภาพฉายของฝัก ตำหนิถูกระบุเป็นรอยแตกของฝัก

อุปกรณ์คัดแยกฝักมะขามหวานระดับห้องปฏิบัติการประกอบด้วย กล้องทีวีวงจรปิดดัดแปลงให้ทำงานร่วมกับการ์ดทีวี ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ และคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ด้วยวิธี Image processing และ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรระบุ รูปร่าง ขนาด และตำหนิ ปัจจัยควบคุมได้แก่ ความเร็วสายพาน ลักษณะของการวางฝักมะขามหวาน ลักษณะการเคลื่อนที่ของฝัก ระยะห่างการวางฝักบนสายพานลำเลียง

ผลการทดลองปรากฏว่าตัวแปรกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพ ค่า C ของฝักตรงไม่เกิน 55 % ฝักดาบอยู่ระหว่าง 57-65% และฝักโค้งมากกว่า 68% ปัจจัยควบคุมไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ (Probability > 0.05) ต่อตัวแปรระบุรูปร่าง ขนาด และรอยแตก อุปกรณ์วัดสามารถคัดแยกฝักมะขามหวาน ตามรูปร่าง ขนาด และรอยแตก ได้ประสิทธิภาพการคัดขนาด อัตราส่วนสิ่งเจือปนเฉลี่ย และสมรรถนะเท่ากับ 89.8% 10.2% และ 1517 ฝัก/ชั่วโมง และ 94.3% 5.7% และ 1491 ฝัก/ชั่วโมง สำหรับมะขามหวานพันธุ์สีทองและศรีชมพูตามลำดับ อุปกรณ์วัดสามารถตรวจจับรอยแตกที่มีขนาดมากกว่า 0.49 ตารางเซนติเมตรได้ 100 %

คำสำคัญ มะขามหวาน การประมวลผลด้วยภาพ การคัดแยก

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Department of Agricultural Engineering, Kamphaengsaen Engineeripng Faculty, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus Nakornpathom 73410

คำนำ

มะขามหวานเป็นไม้ผลที่คนไทยนิยมบริโภคมากชนิดหนึ่ง สามารถเก็บรักษาได้นาน พันธุ์ที่นิยมรับประทานกัน ได้แก่ สีทอง ศรีชมพู และน้ำผึ้ง เป็นต้น มะขามหวานพันธุ์ดี สามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ (กรมศุลกากร,2549)ในปี พ.ศ.2548 ปริมาณการส่งออกสูงถึง 19,902.6 ตัน มูลค่าการส่งออก 440.07 ล้านบาท ดังนั้นการผลิตมะขามอย่างมีคุณภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น รูปร่างของฝักมะขามเป็นตัวบ่งชี้พันธุ์ เช่น พันธุ์ศรีชมพู ฝักจะมีลักษณะที่ตรงดิ่งเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะฝักพันธุ์สีทองโค้งคล้ายรูปดาบ หรือบางฝักคล้ายรูปฆ้องวง เป็นต้น ปัจจุบันการคัดแยกมะขามหวานใช้แรงงานคนซึ่งคัดด้วยมือเป็นหลัก และแรงงานเหล่านั้นต้องมีความชำนาญพอสมควร พอถึงฤดูเก็บเกี่ยวแต่ละสวนจะมีผลผลิตออกมาคราวละมากๆ อาจต้องใช้แรงงานคนนับร้อยคนในการคัด ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะสร้างระบบคัดแยกฝักมะขามหวานขึ้นมาเพื่อช่วยแบ่งเบาภาระแรงงาน วิธีดังกล่าวที่จะต้องสามารถคัดขนาดและตรวจสอบคุณภาพ(รอยแตก)ไปพร้อมๆกันในระบบเดียวเพื่อช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มจำนวนในการคัด ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาหาตัวแปรและวิธีการที่จำเป็นและเกี่ยวข้อง ในการประมวลผลด้วยภาพเพื่อเอาไปประยุกต์ใช้คัดแยกฝักมะขามหวานต่อไป การคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยเทคนิคการแปรรูปภาพ เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ระบุเกณฑ์คุณภาพที่จำเป็นต่อการคัดแยก เช่น รูปร่าง ขนาด และตำหนิ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การประมวลด้วยภาพได้จากการดัดแปลงกล้องทีวีวงจรปิดให้สามารถทำงานร่วมกับการ์ดทีวีที่ถูกติดตั้งภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์ ต่อร่วมอยู่ภายนอก ก่อให้เกิดเป็นระบบการถ่ายภาพแบบอัตโนมัติเมื่อตรวจจับว่ามีฝักมะขามผ่านเข้ามายังระบบ ภาพฝักมะขามที่ถูกถ่ายภาพเอาไว้จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อคัดแยก การคัดแยกใช้มะขามสองพันธุ์ คือ สีทองกับศรีชมพู และแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ การคัดแยกรูปร่าง (ฝักตรง ดาบ และโค้ง) ในส่วนนี้จะพิจารณาอัตราส่วนเส้นรอบวงกลมล้อมรอบฝัก (C) คือ อัตราส่วนความโค้งฝักต่อรัศมีวงกลม (กำธร, 2548)ได้ผลลัพธ์ออกมามีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การคัดแยกขนาด (เล็ก กลางและใหญ่) จะพิจารณาจากตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว คือ พิจารณาขนาดจากพื้นที่ภาพฉาย เส้นรอบฝัก และความยาวฝัก โดยวิธีแปลงภาพถ่ายฝักมะขามให้เป็นภาพถ่ายขาว-ดำ แล้วจึงพิจารณาหาขนาดจากภาพดังกล่าว และการคัดแยกฝักแตก (ตำหนิ) เป็นการพิจารณาถึงความสมบูรณ์ของฝักโดยใช้หลักการ การเลือกระดับตัดภาพ (Thresholding)(Sonka et al. , 1998) ซึ่งเป็นการตรวจหาความเข้มแสงที่แตกต่างกันบนฝักมะขามโดยฝักแตกที่สามารถเห็นถึงเนื้อใน สีเนื้อจะมีความเข้มแสงมากกว่าสีผิวเปลือก การคัดแยกทั้งหมดที่กล่าวมาถูกทดสอบทั้งในแบบฝักมะขามอยู่นิ่งกับที่และแบบมีการเคลื่อนที่ ภายใต้ปัจจัยควบคุม คือ ความเร็วสายพาน 3 ระดับ(10.28 13.34 และ 17.47 เมตร/นาที) ลักษณะการวางตำแหน่งฝัก8ทิศทาง แต่ละทิศทางห่างกัน 45องศา โดยยึดตำแหน่งขั้วฝักเป็นหลัก และระยะห่างของการวางฝักมะขาม 3 ระยะ (20 25 และ 30เซนติเมตร) เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยควบคุมต่อตัวแปรกำหนดขนาดนั้น การทดลองได้รวมเอาการทดสอบการคัดแยกฝักมะขามหวานเพื่อระบุจุดตั้งค่าThresholdที่หาได้ จากนั้นประมวลผลหาประสิทธิภาพ Ew อัตราส่วนสิ่งเจือปน Cr และสมรรถนะของการคัดแยก Q (บัณฑิต, 2544)

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองปรากฏว่าไม่มีปัจจัยควบคุมใดที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรกำหนดคุณภาพทั้งสามส่วน คือ การคัดแยกรูปร่าง ขนาด และรอยแตกที่ระดับนัยสำคัญ 5% อุปกรณ์วัดสามารถคัดแยกฝักมะขามหวานตามรูปร่าง ขนาด รอยแตกประสิทธิภาพ อัตราส่วนสิ่งเจือปน และสมรรถนะได้ค่าดังนี้

ค่า C ของแต่ละรูปร่าง ฝักที่มีความโค้งมากก็จะให้ค่าที่มากกว่า โดยค่าดังกล่าวแสดงใน Table 1 โดยฝักโค้งจะมีค่ามากที่สุด >68% และฝักตรงจะมีค่าน้อยที่สุด 51-55%

Table 1 Percentage of Curvature of the Sweet Tamarind

Shape	Percentage of Curvature
Straight	51 - 55 %
Sword – like	57 - 65 %
Curved	greater than 68 %

ขนาดของฝักมะขามซึ่งถูกคัดมาจากเกษตรกรทั้งสองพันธุ์แบ่งเป็น 3 ขนาดแสดงค่าใน Table 2 ซึ่งเป็นขนาดที่ได้จากการอ่านค่าของระบบการวัด แบ่งออกเป็น 3 ตัวแปร คือ ความยาว พื้นที่ภาพฉาย และเส้นรอบรูป ค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพันธุ์สีทองมีลักษณะทางกายภาพที่ใหญ่กว่าพันธุ์ศรีชมพู

Table 2 Grading of Sweet Tamarind

	Average Grading			
Variables	Sri - Tong		Sri - Chompu	
	Grade	Average	Grade	Average
length pod (cm)	1	13.58	1	11.34
	2	12.31	2	9.35
	3	10.57	3	8.68
Project area (cm^2)	1	36.85	1	26.56
	2	31.7	2	20.48
	3	26.29	3	16.52
Circumference (cm)	1	27.56	1	23.98
	2	24.68	2	19.64
	3	22.03	3	17.72

การตรวจสอบรอยแตก(ตำหนิ)ที่เกิดขึ้นกับฝักมะขามหวานนั้นพบว่ารอยแตกยิ่งมีขนาดของรอยที่กว้างมากเท่าใด เครื่องมือวัดก็ยิ่งสามารถอ่านค่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และรอยแตกขนาดเล็กที่สุดที่ระบบสามารถตรวจจับเจอคือ รอยแตกที่มีขนาดพื้นที่ 0.49 ตารางเซนติเมตร ซึ่งสามารถตรวจเจอได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลใน Table 3

Table 3 Blemish testing at varies diameter.

Blemish Testing				
	Diameter of blemish			
Total sample = 50	5 mm	7 mm	10 mm	13 mm
Totally detected	33	50	50	50
%	66	100	100	100

การคัดแยกเพื่อหาประสิทธิภาพ อัตราส่วนของสิ่งเจือปน และสมรรถนะ ถูกแบ่งตามพันธุ์ของฝักมะขามหวาน Table 4 แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์คัดแยกมะขามหวานพันธุ์ศรีชมพูให้ Ew, Cr, Q เป็น 94.3%, 5.7 และ 1491 ฝัก/ชม ในขณะที่พันธุ์สีทองให้ Ew, Cr, Q เป็น 89.8%, 10.2 และ 1517 ฝัก/ชม พันธุ์ศรีชมพูให้ประสิทธิภาพและอัตราส่วนของสิ่งเจือปนที่ดีกว่าพันธุ์สีทอง เพราะว่าลักษณะทางกายภาพของพันธุ์นั้นไม่มีส่วนหยักส่วนเว้าเหมือนพันธุ์สีทอง เครื่องมือคัดแยกสามารถประมวลได้ถูกต้องกว่า แต่สมรรถนะจะทำได้น้อยกว่าเพราะว่าด้วยลักษณะของฝักที่กลมทำให้การวางค่อนข้างมีปัญหา จึงทำให้เกิดความล่าช้า

Table 4 Efficiency Contaminate and Performance of sorting sweet tamarind

Cultivar	E_W %	C_R %	Q Pods/Hour
Sri-Tong	89.8	10.2	1517
	± 0.023	± 0.023	± 47
Sri-Chompu	94.3	5.7	1491
	± 0.019	± 0.019	± 53

สรุป

การคัดขนาดและตรวจสอบตำหนิของฝักมะขามหวาน เพื่อหาตัวแปรที่ใช้ในระบบการคัดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยรูปภาพนั้น พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในการคัดแยกและสามารถใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพจัดการได้แบ่งตามกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ การคัดขนาดจะตัวแปรที่มีผลคือ ความยาวฝัก พื้นที่ภาพฉาย และเส้นรอบรูปฝัก การตรวจสอบตำหนิ มีตัวแปร คือ สีรอยตำหนิ ความกว้างของตำหนิที่เกิดขึ้น การคัดแยกรูปร่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ อัตราส่วนเส้นรอบวงกลมล้อมรอบฝักหรือ C

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่กรุณาสนับสนุนการทุนวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2549. **สินค้าการเกษตรส่งออก**. แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticResult/Tamarind. 25 เมษายน 2549.

กำธร เรือนฝายกาศ. 2548. **การวัดเปอร์เซ็นต์ความโค้งของฝักมะขาม**. แหล่งที่มา : http://www.north.rit.ac.th/elecgmt2/tip/mkm.pd. 14 กุมภาพันธุ์ 2548.

บัณฑิต จริโมภาส. 2544. **เครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุหีบห่อผลไม้**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. แปลจาก Peleg, K. 1985.

Produce Handling, Packageing and Distribution AVI Pub.Co. Inc. Connecticut 625 p.

Sonka M., V. Hlavac and R. Boyle. 1998. **Image Processing, Analysis, and Machine Vision**. PWS Publishing, second Ed. 1998.