การวิจัยและพัฒนาเครื่องมือทดสอบความแก่อ่อนของทุเรียนแบบไม่ทำลาย

Research and Development of Instrument for Maturity Determination of Durian by Nondestructive Method

วริศชนม์ นิลนนท์[1] และประมวล ศรีกาหลง[2]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี, 22000

[2]สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 10520

บทคัดย่อ

ระบบการวัดคุณภาพแบบไม่ทำลายได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านสรีรวิทยาและทางเคมีที่มีความสัมพันธ์ต่อลักษณะทางคุณภาพ ความแก่อ่อน และความแน่นแข็งของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เครื่องมือแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานและตัวแปรทางสรีรวิทยา ผลการวิจัยในการเปลี่ยนแปลงของทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเนื้อผล ขั้วผล เปลือกมีการหดตัวและเกิดการสูญเสียน้ำ ซึ่งมีผลต่อปริมาณเส้นใย ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อผล ส่วนความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา พบว่ามีค่าปานกลางถึงต่ำ อย่างไรก็ตามค่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างค่าความต้านทานกับตัวแปรในส่วนของขั้วผลมีความสัมพันธ์กันมากกว่าส่วนอื่นที่ทำการทดสอบ

คำสำคัญ: ทุเรียน กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ความแก่อ่อน

Abstract

A nondestructive quality measurement system was developed for the assessment of some chemical and physiological parameters which might have some qualitative relations with the maturity, firmness and other quality-related properties of 'Morn-Thong' durian. The present study quantitatively addressed the linkage between electric resistance and physiological parameters of the fruits. In durian post-harvested, the results showed that changes in pulp softening, stem and husk shrinkage, and water loss, lead to the increasing of fiber, fat, protein, and carbohydrate with color changes. For qualitative relations, the result showed weakly related between changes in resistant values and physiological changes, a non monotonic complex relationship (medium to low). However, the relationship between resistant values and the physiological parameters of stem was found to be stronger than the other parts.

Keyword: durian, post harvest, maturity

1.บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยเฉพาะเขตภาคตะวันออก ในแต่ละปีมีผลผลิตทุเรียนวางจำหน่ายในตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ปัญหาของทุเรียนที่พบมากคือทุเรียนด้อยคุณภาพ ซึ่งสาเหตุเกิดจากผู้ผลิตหรือชาวสวนตัดผลทุเรียนก่อนกำหนด การใช้สารเคมีเร่งให้สุก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านของสภาพแวดล้อมที่ทำให้ทุเรียนร่วงก่อนกำหนด ทำให้ชาวสวนจำเป็นต้องตัดทุเรียนขณะที่ยังอ่อน ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อคุณภาพของทุเรียนและอุตสาหกรรมการส่งออก ซึ่งมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง การตรวจวัดคุณภาพผลทุเรียนทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวทำได้ยาก เนื่องจากผลทุเรียนมีโครงสร้างที่ซับซ้อน มีขนาดใหญ่ เปลือกหนา ผิวไม่เรียบ มีหนามแหลมและมีรูปทรงไม่แน่นอน นักวิจัยจึงพัฒนาเครื่องต้นแบบตรวจหาความแก่อ่อนของทุเรียนด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ เช่น การวัดแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Tensile Machine การสั่นสะเทือนด้วยความถี่ และการใช้อัลตร้าโซนิก แต่วิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้มีราคาสูง และไม่สะดวกในการพกพา หรือนำใช้ไปในพื้นที่ภาคสนาม รวมทั้งยังไม่มีการนำเครื่องมือเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่อย่างจริงจัง ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาเครื่องมือทดสอบการวัดความแก่อ่อนของทุเรียน ด้วยวิธีการตรวจวัดคุณภาพแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Quality Testing) โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของทุเรียนในการสร้างเครื่องมืออย่างง่าย เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพและวิถีของท้องถิ่น ซึ่งผลสำเร็จจากการทำวิจัยนี้ สามารถนำไปต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้

2.วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนก่อนและหลังเก็บเกี่ยว

2.2 เพื่อสร้างเครื่องมือทดสอบความอ่อนแก่ของผลทุเรียนโดยไม่ทำลายผลทุเรียน

3.วิธีการวิจัย

3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียน โดยใช้ทุเรียนพันธุ์หมอนทองอายุการเก็บเกี่ยว 110 วัน (ก่อนการเก็บเกี่ยว) และ 120 วัน (หลังการเก็บเกี่ยว) โดยที่อายุของทุเรียนเป็น treatment แต่ละ treatment มี 10 ซ้ำ นำส่วนของเปลือก ขั้วและเนื้อผลมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เส้นใย ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) ลักษณะปรากฏทางกายภาพ (อนุชา, 2547) ค่าสี (Color meter) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและสรีรวิทยาดังกล่าว นำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องมือทดสอบ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T- test

3.2 ศึกษาการออกแบบเครื่องมือทดสอบความแก่อ่อนของทุเรียน โดยอาศัยข้อมูลจากข้อ 3.1 ชุดเครื่องมือประกอบด้วยอุปกรณ์วัดแรงกด เพื่อหาความแข็งแรงขั้วผลและผิวภายนอก วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความแข็งแรงของขั้วผลและผิวภายนอกกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางสรีรวิทยา การเปลี่ยนแปลงของสี และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยวิเคราะห์หาสมการถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression) ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความต้านทานไฟฟ้า

.=h9ใช้ตัวตรวจวัดที่ทำจากโพลิเมอร์นำไฟฟ้าที่มีอนุภาคนำไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นคาร์บอนหรือผงโลหะ จากนั้นดำเนินการทดสอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดความแก่อ่อนในผลทุเรียนด้วยต้นแบบของเครื่องมือทดสอบ

4.ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียน ในด้านปริมาณความชื้น เส้นใย ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ของเปลือก ขั้วผล และเนื้อทุเรียน ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว พบว่ามีความแตกต่างกัน ขณะที่ปริมาณโปรตีนของเปลือก ขั้วและเนื้อทุเรียน ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

จากการศึกษาค่าสีของเนื้อทุเรียนก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกัน ส่วนค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อทุเรียน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยวมีค่าน้อยกว่าหลังการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 4.5 % และ 26.07 % ตามลำดับ ขณะที่ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดมาลิกของเนื้อทุเรียนก่อนเก็บเกี่ยวมีค่ามากกว่าหลังเก็บเกี่ยว โดยค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.5 และ 6.9 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดมาลิกเท่ากับ 0.18 % และ 0.06 %ตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เปลือก		ขั้วผล		เนื้อผล	
	ก่อนเก็บเกี่ยว	หลังเก็บเกี่ยว	ก่อนเก็บเกี่ยว	หลังเก็บเกี่ยว	ก่อนเก็บเกี่ยว	หลังเก็บเกี่ยว
ความชื้น	81.15	21.78	82.06	24.06	63.91	34.45
โปรตีน	3.70	3.25	9.01	10.09	4.90	5.29
เยื่อใย	8.60	21.97	3.37	14.22	4.61	11.40
ไขมัน	2.88	3.45	1.91	2.73	3.9	4.65
เถ้า	1.09	0.34	1.27	0.60	2.1	0.03
คาร์โบไฮเดรต	2.58	49.32	2.37	48.30	19.48	44.18

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลของทุเรียนก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

ส่วนของเนื้อผลทุเรียน	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ก่อนการเก็บเกี่ยว	85.089	-3.547	29.491
หลังการเก็บเกี่ยว	79.848	-3.364	36.901

หมายเหตุ: ค่า L* แสดงค่าความสว่าง (+) ค่าความมืด (-)
ค่า a* แสดงค่าสีแดง (+) สีเขียว (-)
ค่า b* แสดงค่าสีเหลือง (+) สีน้ำเงิน (-)

ทุเรียนเป็นผลไม้เขตร้อน (Tropical food) เป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ดังนั้นเมื่อผลแก่จัดหรือเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจของผลจะแตกต่างกันไปตามชนิดและพันธุ์ อายุของผล ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องเก็บรักษาและอัตราการผลิตเอทธิลีน ซึ่งกระบวนการการหายใจนี้มีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผล โดยความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหายใจนี้จะช่วยกระตุ้นให้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆได้เร็วขึ้น และยังทำให้เกิดคายน้ำของผลไม้ด้วย จึงทำให้ผลไม้ที่เริ่มสุกมีอัตราการคายน้ำที่มากขึ้น โดยการหายใจของพืชนั้นมี 4 ระยะ คือ 1) pre-climacteric 2) climacteric 3) climacteric peak 4) post-climacteric ระยะการหายใจนั้นจะสัมพันธ์กับการสร้างเอทธิลีน ซึ่งเอทธิลีนจะเป็นตัวกระตุ้นกระบวนการต่างๆให้เกิดขึ้น เช่น กระบวนการสุกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เป็นต้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

ในการคายน้ำ พืชผลต่างๆต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ โดยจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล ทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วยโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) จากการทดลองจะเห็นว่าทุเรียนที่มีอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้นลักษณะภายนอกจะมีลักษณะที่แห้ง ทั้งในส่วนของเปลือกทุเรียนนั้นที่มีพื้นที่ผิวมากซึ่งเป็นปัจจัยในการคายน้ำ ซึ่งหากมีการคายน้ำมากจะมีผลทำให้ลักษณะของผลเหี่ยวลง (อนุชา จันทรบูรณ์, 2547) และส่วนขั้วโดยปกติผลไม้จะได้รับน้ำและสารอาหารผ่านทางขั้วซึ่งจะขนถ่ายมาทาง ลำต้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2536) เมื่อทุเรียนถูกตัดจากลำต้นแล้ว น้ำยังคงถูกกักเก็บไว้ในขั้วทำให้ลักษณะของขั้วทุเรียนยังสดและเปล่ง แต่น้ำที่มีอยู่นั้นยังลำเลียงไปที่ผลทุเรียนทำให้ขั้วทุเรียนมีความชื้นลดลงทำให้มีลักษณะที่แห้งเหี่ยว ในด้านสรีระของผลทุเรียนนั้น เนื้อเป็นส่วนที่ถูกห่อหุ้มไว้ด้วยเปลือก ทำให้ในระหว่างกระบวนการสุก เนื้อจึงไม่สูญเสียน้ำมากจากการคายน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆและเนื้อยังได้รับน้ำ สารอาหารที่ถูกส่งมาจากส่วนขั้วอีกด้วย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2536)

ในการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ลักษณะที่อ่อนนิ่มของผลเป็นเครื่องบ่งชี้ว่ากำลังเข้าสู่กระบวนการสุกของผลไม้ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลต่างๆภายในเซลล์ โดยเฉพาะเพคติน เมื่อผลไม้ยังไม่สุกจะอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของเพคตินมาจากการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ polygalacturonase (PG)และpectinesterase (PME) โดย polygalacturonase จะย่อยโมเลกุลของ Polygalacturonic acid ให้สั้นลง ในขณะที่ pectinesterase จะย่อยเอากลุ่มเมธิลบนโมเลกุลของ galacturonic acid ออก เมื่อผลไม้สุก โปรโตเพคตินจะถูกสลายตัวกลายเป็นเพคตินและกรดเพคติค ซึ่งละลายได้ในน้ำ (soluble pectin) โดยอาศัยกระบวนการ depolymerization และ desterification (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) จากกระบวนการที่กล่าวมานี้เห็นได้ว่าผลไม้ที่สุกนั้นจะมีลักษณะที่อ่อนนิ่มลง ทั้งในส่วนเปลือกและส่วนของเนื้อ โดยในส่วนของเปลือกสังเกตได้จากการสามารถบีบหนามเข้าหากันมีลักษณะหยุ่นเหมือนสปริง (อนุชา จันทรบูรณ์, 2547) แสดงว่าในส่วนเปลือกของทุเรียนซึ่งเจริญมาจากผนังรังไข่นี้ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ระหว่างการสุก เช่นเดียวกันกับผลไม้ชนิดอื่นๆและในส่วนเนื้อนั้นจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของการอ่อนนิ่มของเนื้อได้อย่างชัดเจน เนื้อสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายของผนังเซลล์ แต่การย่อยสลายของผนังเซลล์ในแต่ละส่วนนั้นแตกต่างกัน เนื่องจากการ

ทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยที่ในส่วนของเนื้อนั้นเกิดการอ่อนนุ่มขึ้น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ β-galactosidase และ polygalacturonase โดยเฉพาะ β- galactosidase จะมีบทบาทสำคัญ (จริงแท้ ศิริพานิช, ลำแพน ขวัญพูล, 2538)

สารอาหารสะสมตามธรรมชาติหลักของทุเรียนคือคาร์โบไฮเดรต โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลไม้มี 5 – 20 เปอร์เซ็นต์ ในทุเรียนมีถึง 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญด้านรสชาติในผลไม้แล้ว ยังมีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและเพคติน ซึ่งจะมีผลในแง่ของเนื้อสัมผัส แป้งภายใน plastid ที่เรียกเฉพาะว่า amyloplast เพื่อเป็นแหล่งอาหารสำรอง ในผลไม้จะมีการสะสมแป้งอยู่มาก เมื่อผลไม้สุกแป้งจะถูกที่สะสมอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวาน ในทุเรียนจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงบางส่วน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) จากการทดลองจะเห็นว่าส่วนต่างๆของทุเรียนทั้งในเปลือก ขั้วและเนื้อนั้นจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกัน โดยในส่วนของเนื้อทุเรียนสุกนั้นจะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าส่วนอื่นๆ สังเกตได้จากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อทุเรียนจะมีค่าสูงขึ้น (Hokputsa et al, 2004)

ผลไม้มีสารประเภทไขมันอยู่น้อยมาก ยกเว้นในทุเรียน อะโวกาโด และเมล็ดเคี้ยวมันต่างๆ ไขมันในผลไม้นั้นจะอยู่ในรูปของสารปกคลุมผิว อาหารสะสมและเยื่อหุ้มต่างๆ ในเปลือกและขั้วทุเรียนจะมีสารประเภทไขมันเป็นส่วนปกคลุมผิวของผลิตผลซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันการคายน้ำ โดยที่ในทุเรียนนั้นมีองค์ประกอบของน้ำในปริมาณสูง ทำให้ไขมันถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดสารประกอบที่ไม่อยู่ตัวซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นสารที่มีกลิ่นหืน ทำให้สูญเสียสารปกคลุมผิวส่งผลให้เกิดการคายน้ำ ผลจากการสูญเสียน้ำไปในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ความเข้มข้นของไขมันภายในผลสูงขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) และในส่วนเนื้อทุเรียนจะมีไขมันอยู่ในรูปหยดไขมันภายในเซลล์และอาจอยู่ในรูปของน้ำมันที่ให้กลิ่นรส (essential oil) ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างกระบวนการสุก (สายชล เกตุษา, 2538) โดยสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของกลิ่นทุเรียนเมื่อทุเรียนสุก เมื่อทุเรียนที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น (พันทวี มาไพโรจน์ และ นิศากร สุวรรณ, 2548) และยังทำให้ทุเรียนมีรสชาติที่หอมมันอีกด้วย

กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆในระหว่างการสุกของทุเรียน ทั้งการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนสีในการสุกของผลไม้ การหายใจ การสร้างเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ที่ทำให้เนื้ออ่อนนุ่มลง เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งองค์ประกอบอย่างหนึ่งของเอนไซม์คือโปรตีน โดยกิจกรรมของเอนไซม์ส่วนมากจะเริ่มในระยะที่ทุเรียนใกล้จะสุกและเริ่มลดลงเมื่อผลไม้สุก (Senescence) ซึ่งในส่วนต่างๆของทุเรียนจะมีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า ในการทำงานของเอนไซม์ในส่วนต่างๆนั้นมีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่ใกล้เคียงกัน (สายชล เกตุษา, 2538; Ketsa, & Daengkanit, 1999; Hokputsa, et al, 2004)

ในระหว่างกระบวนการสุกนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อทุเรียนจากสีเหลืองอ่อนเปลี่ยนสีเหลืองเข้ม ซึ่งสีนั้นจะเป็นตัวบ่งบอกความแก่ของทุเรียนได้ (อนุชา จันทรบูรณ์, 2547) การที่สีของผลไม้เปลี่ยนแปลงนั้น เนื่องจากในผลไม้มีรงควัตถุแคโรทีนอยู่รวมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ เมื่อผลไม้สุกคลอโรฟิลล์จะสลายตัวแต่แคโรทีนจะยังคงอยู่และปรากฏสีเด่นชัด (ดนัย บุญยเกียรติ, 2542) เมื่อผลไม้แก่จัดจะทำให้แคโรทีนปรากฏชัดมาก ผลไม้จะมีสีเหลืองเข้มจนเกือบเป็นสีน้ำตาล ในคลอโรฟิลล์จะมีแร่ธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ถ้าผลไม้ชนิดใดมีสีเขียวมากจะมีแร่ธาตุโพแทสเซียมมาก โดยในทุเรียนที่ยังไม่สุกนั้นจะมีแร่ธาตุมากกว่าทุเรียนสุก และจะมีการสร้างเอทธิลีนขึ้นมา โดยที่เอทธิลีนที่ถูกสร้างขึ้นใน

ระหว่างกระบวนการสุกจะเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิดในกระบวนการเสื่อมของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์รงควัตถุกลุ่มแอนไซยานินและแคโรทีนอยด์ (สายชล เกตุษา, 2538; Kays, 1991)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนนี้ก็คล้ายกับผลไม้ประเภท climacteric ทั่วไป คือ ในขณะผลดิบจะมีแป้งสะสมอยู่ในผลมากแต่เมื่อผลสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลด้วยเอนไซม์อะไมเลสทำให้ผลไม้มีรสหวานและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (สายชล เกตุษา, 2538) นอกจากนี้ในระหว่างการสุกยังมีกระบวนการสลายสารโมเลกุลใหญ่อื่นๆทำให้เกิดเป็นสารโมเลกุลเล็กๆที่สามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือโมเลกุลคู่ต่างๆ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจลดลงเนื่องจากผลิตผลมีการหายใจตลอดเวลา โดยจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำตาลที่ใช้ไปในกระบวนการหายใจส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลกลูโคส นอกจากนี้ผลทุเรียนยังมีการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ภายในผลสูงขึ้น กรดที่พบในทุเรียนคือ กรดมาลิก โมเลกุลของกรดนี้มี Carboxylic เป็นองค์ประกอบที่ให้ความเป็นกรด ในทุเรียนอ่อนจะมีปริมาณกรดสูงและค่าความเป็นกรดด่างต่ำ ซึ่งทำให้ผลไม้มีรสชาติเปรี้ยวไม่เหมาะกับการรับประทาน ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดมักลดต่ำลง ทำให้รสชาติดีขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) โดยกรดอาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสะสมหรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการสุก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) ดังนั้นปริมาณกรดของทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวจึงลดต่ำลงเนื่องจากถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ทุเรียนนั้นมีรสชาติหวานขึ้น

4.2 เครื่องมือทดสอบความแก่อ่อนของทุเรียน

เครื่องมือทดสอบความแก่อ่อนของทุเรียนในงานวิจัยมีลักษณะดังรูปที่ 1 ก หัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าประกอบด้วยแกนหัววัดโลหะ 2 แกน เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 เซนติเมตร ยาว 1.2 เซนติเมตร มีปลายแหลม ระยะห่างของแกนวัดโลหะ 0.5 เซนติเมตร นำแกนวัดโลหะมาเคลือบพลาสติกและต่อสายไฟ นำหัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมาหุ้มด้วยฟิล์มหดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร มีน้ำหนักรวม 68 กรัม

นำหัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นต่อเข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 1 ข และ 1 ค) และวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า เมื่อปรับสวิทช์บนตัวเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าและวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าไปที่ตำแหน่งที่มีสัญลักษณ์ Ω เรียบร้อยแล้ว กดปลายหัววัดลงไปบนตัวอย่างที่ต้องการทราบค่าความต้านทาน กระแสไฟฟ้าจะถูกจ่ายไปยังบริเวณที่ต้องการวัดในพื้นที่ระหว่างขั้วของหัววัด และแสดงผลของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่จอแสดงผล นำเครื่องมือทดสอบความแก่อ่อนของทุเรียนที่ออกแบบไว้มาทดสอบกับทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่เก็บเกี่ยวแล้วช่วงอายุ 120 วัน ในสภาพของการเก็บรักษาและขนส่งเพื่อรอการจำหน่าย วิเคราะห์คุณลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น ความยาวรอบผล ส่วนสูง และสีของเนื้อผล และค่าความต้านทาน 4 ตำแหน่ง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี a* b* L* และค่าความต้านทาน แสดงในตารางที่ 3 จากตารางพบว่าสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบหลายตัวแปรระหว่างน้ำหนักของผลทุเรียน ความหนาแน่นของผลทุเรียน ความยาวรอบผลทุเรียน ความยาวของผลทุเรียนและความต้านทานที่ตำแหน่งวัดต่างๆ ต่อค่าสี a* b* L* ค่า R^2 อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ ถึงแม้ว่าค่า R^2 ที่ได้จะอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ แต่ค่าตัวแปรต่างๆเหล่านี้ยังแสดงถึงความสัมพันธ์ที่ยังคงมีอยู่ โดยไม่ได้ถูกตัดทิ้งจากกระบวนการสร้างสมการความสัมพันธ์แบบหลายตัวแปร (ENTER) โดย

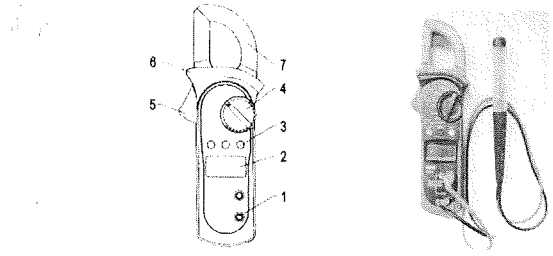
สมการที่มีค่า R^2 ในระดับสูงที่สุด คือ 0.429, 0.416 และ0.498 จากสมการ a* b* และ L* ตามลำดับ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้ในตำแหน่งการวัดที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งบริเวณกลางขั้วและตำแหน่งระหว่างขั้วและเปลือก โดยค่าสี a* b* L* ที่ได้จากการทำนายของสมการนั้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าความสุกแก่ที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากผลการทดสอบในตำแหน่งกลางขั้วและตำแหน่งระหว่างขั้วและเปลือกนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ดีกว่าส่วนด้านบนของขั้วและส่วนเปลือก โดยปกติผลไม้จะได้รับน้ำและสารอาหารผ่านทางขั้วซึ่งจะขนถ่ายมาทางลำต้น เมื่อทุเรียนถูกตัดจากลำต้นแล้วน้ำยังคงถูกกักเก็บไว้ในขั้วทำให้ลักษณะของขั้วทุเรียนยังสดและเปล่งแต่น้ำที่มีอยู่นั้นยังลำเลียงไปที่ผลทุเรียนทำให้ขั้วทุเรียนมีความชื้นลดลงทำให้มีลักษณะที่แห้งเหี่ยว ส่วนเปลือกซึ่งเป็นตัวห่อหุ้มเนื้อไว้ ทำให้ในระหว่างกระบวนการสุกเนื้อจึงไม่สูญเสียน้ำมากจากการคายน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆและเนื้อยังได้รับน้ำสารอาหารที่ถูกส่งมาจากส่วนขั้วอีกด้วย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2536) อย่างไรก็ตามผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (ตารางที่ 1) เนื่องจากปริมาณของเส้นใยของเปลือกมีมากกว่าส่วนของขั้วไม่ว่าจะเป็นก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว และปริมาณโปรตีนของก้านขั้วที่มีมากกว่าส่วนของเปลือกและเนื้อ จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ส่วนของขั้วหรือตำแหน่งการวัดจากก้านขั้วส่วนกลางมีความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานไฟฟ้ากับตัวแปรต่างๆได้ดีกว่าตำแหน่งอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวุฒิ เนียมสอน (2546) ซึ่งพบว่าค่าพารามิเตอร์ของความแข็งแรงของก้านมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งมากที่สุดคือพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกดและระยะยุบตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)= 0.808 เมื่อวิเคราะห์หาสมการถดถอย สำหรับประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งโดยวิธีการถดถอยเชิงพหุ พบว่าสมการที่ได้เหมาะสมสำหรับประเมินค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้ง

5.ข้อเสนอแนะ และการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยดังกล่าว เนื่องจากการทดสอบให้ค่าความสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงต่ำ ดังนั้นจึงยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งมีสาเหตุมาจากความจำกัดของข้อมูล และปริมาณของผลผลิต อย่างไรก็ตามข้อมูลของความสัมพันธ์ที่ได้นี้ ในส่วนของขั้วผลให้ค่าความสัมพันธ์กับค่าความต้านทานที่สูงกว่าส่วนอื่นที่ทำการทดสอบ จึงเป็นข้อมูลที่น่าสนใจสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาขั้นต่อไป รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาด้านอื่นๆต่อไป

6.กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2554



(a) (b) (c)

รูปที่ 1 การออกแบบเครื่องมือทดสอบวัดความแก่อ่อนของทุเรียน (ก) หัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (ข) เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (ค) หัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า

1. Input Terminates 2. LCD Display 3. Functional Buttons
4. Rotary Switch 5. Trigger: press the lever to open the transformer jaws
6. Hand Guards 7. Transformer jaws

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (a* b* L*) และค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จากตำแหน่งทดสอบที่แตกต่างกันของผลทุเรียนด้วยเครื่องมือทดสอบวัดความแก่อ่อน

ตำแหน่งทดสอบ	R^2	Relative linear equations
1	0.383	a = -0.319WEIG + 0.465DENSI – 5.47 X 10^{-3}ROUND – 6.11 X 10^{-2}HEIG – 1.49 X 10^{-2}P1 – 0.815
2	0.380	a = -0.184WEIG + 0.390DENSI – 1.53 X 10^{-2}ROUND – 8.65 X 10^{-2}HEIG – 4.89 X 10^{-3}P2 – 5.25 X 10^{-2}
3	0.429	a = -6.74 X 10^{-2}WEIG + 0.269DENSI – 1.32 X 10^{-2}ROUND – 0.101HEIG – 4.82 X 10^{-2}P3 + 0.928
4	0.410	a = -1.86 X 10^{-2}WEIG + 0.449DENSI – 2.28 X 10^{-2}ROUND – 0.103HEIG – 6.10 X 10^{-2}P4 + 1.349
ตำแหน่งทดสอบ	R2	Relative linear equations
1	0.372	b = -0.471WEIG – 1.797DENSI – 9.31 X 10-2ROUND + 0.317HEIG + 0.233P1 + 25.26
2	0.416	b = -0.2549WEIG - 0.595DENSI + 5.962 X 10-2ROUND + 0.711HEIG + 9.054 X 10-2P2 + 12.784
3	0.174	b = -2.888WEIG -0.701DENSI + 6.299 X 10-2ROUND + 0.738HEIG + 4.417 X 10-2P3 + 15.216
4	0.232	b = -1.906WEIG -0.563DENSI + 2.376 X 10-2ROUND + 0.631HEIG – 0.355P4 + 25.603
ตำแหน่งทดสอบ	R^2	Relative linear equations
1	0.253	L = 2.683WEIG + 0.434DENSI + 0.101ROUND - 0.168HEIG – 1.04 X 10^{-2}P1 + 73.061
2	0.261	L = 2.828WEIG + 0.431ENSI + 9.338 X 10^{-2}ROUND - 0.188HEIG + 1.554 X 10^{-2}P2 + 72.848
3	0.498	L = 1.799WEIG + 1.67DENSI + 7.089 X 10^{-2}ROUND – 5.71 X 10^{-2}HEIG + 0.442P3 + 62.238
4	0.257	L = 2.557WEIG + 0.322DENSI + 0.105ROUND - 0.161HEIG + 9.205 X 10^{-2}P4 + 71.055

หมายเหตุ:

WEIG = น้ำหนักของผลทุเรียน DENSI = ความหนาแน่นของผลทุเรียน ROUND= ความยาวรอบผลทุเรียน HEIG = ความยาวของผลทุเรียน
P1 = ความต้านทาน ที่ตำแหน่งวัดที่ 1 (ด้านบนขั้วผล) P2= ความต้านทาน ที่ตำแหน่งวัดที่ 2 (ส่วนกลางขั้วผล)
P3= ความต้านทาน ที่ตำแหน่งวัดที่ 3 (จุดเชื่อมต่อระหว่างขั้วผลและส่วนเปลือก) P4 = ความต้านทาน ที่ตำแหน่งวัดที่ 4 (ส่วนเปลือก)

8.เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช และลำแพน ขวัญพูล. (2538). *การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ระหว่างการแตกของผลและการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2541). *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2549). *ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.

ดนัย บุญยเกียรติ. (2542). *เอกสารประกอบการสอนวิชา Postharvest Physiology Horticultural and Crops*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐวุฒิ เนียมสอน. (2546). *การหาดัชนีความสุกแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้ความถี่ธรรมชาติและความแข็งแรงก้าน*.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันทวี มาไพโรจน์ และนิศากร สุวรรณ. (2548). *ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางเคมีของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง*. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2536). *สรีรวิทยาของพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายชล เกตุษา. (2538). *เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

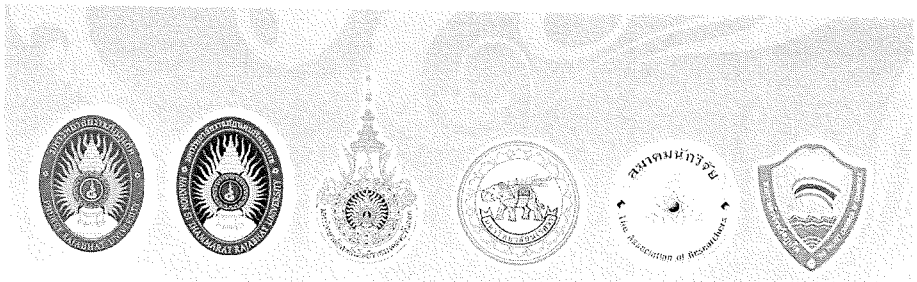
อนุชา จันทรบูรณ์. (2547). *เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาหลักการไม้ผล*. น่าน: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตน่าน.

A.O.A.C. (1990). *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists Inc, VA: Author.

Hokputsa, S., Gerddit, W., Pongsamart, S., Inngjerdingen, K., Heinze, T., Kosehella, A., Harding, S.E., & Paulsen, B.S. (2004). Water–soluble polysaccharides with pharmaceutical importance from Durian rinds (*Durio zibethinus* Murr.) : isolation, fractionation, characterization and bioactivity. *Carbohydrate Polymers, 56*: 471-481.

Kays, S.J. (1991). *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. New York: The AVI publishing.

Ketsa, S., & Daengkanit, T. (1999). Firmness and activities of polygalacturonase pectinaseterase β- galactosidase and cellulose in ripening durian harvested at different stages of maturity. *Sci. Hortic*, *80*:181-188.



การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

26-28 ธันวาคม 2556

ณ ห้องประชุมชั้น ๔ อาคาร ๔๐ พรรษา มหาวชิราลงกรณ
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

นำเสนอภาคบรรยาย

"บูรณาการสหวิทยา พัฒนาองค์ความรู้สู่อาเซียน"

Integrating Multidisciplinary Research and Sustainable Development towards ASEAN Community

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความจากภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

1	รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา บุญส่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
2	รองศาสตราจารย์ ดร.นงเยาว์ เนาวรัตน์	มหาวทยาลัยเชียงใหม่
3	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ชยากรโศภิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
4	รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา พัฒนกนก	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
5	รองศาสตราจารย์จิรา ธีระสุวรรณจักร	ข้าราชการบำนาญ
6	รองศาสตราจารย์เสาวภา เกษมศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา อัครนุพงศ์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
8	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจันทร์ เงียบประเสริฐ	ข้าราชการบำนาญ
9	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรี นภาพรรณสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
10	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระพล แจ่มสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
11	ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณนิธี ลีลารัศมี	นักวิชาการอิสระ
12	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นัทธนัย ประสานนาม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
13	ดร.จำเริญ จิตหลัง	โรงเรียนบ้านเขาหลัก จ.ตรัง
14	ดร.จิดาภา สุวรรณฤกษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
15	ดร.ชาตรี ทองสาริ	สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ
16	ดร.นพมาตร พวงสุวรรณ	โรงเรียนเทพศิรินทร์
17	ดร.ประพรศรี นรินทร์รักษ์	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดภูเก็ต
18	ดร.ประภา นัครา	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดภูเก็ต
19	ดร.ปราโมทย์ อิสโร	โรงเรียนบ้านควนสนิท จ.สงขลา
20	ดร.เผอิญ ณ พัทลุง	โรงพยาบาลสงขลา
21	ดร.พจนี ทรัพย์สมาน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
22	ดร.ภทรพร ยุทธาภรณ์พินิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
23	ดร.ศิริพร ศรีวรกานต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
24	ดร.ษิรินุช นิ่มตระกูล	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
25	ดร.สุทธิพร บุญมาก	มหาวิทยาลัยทักษิณ
26	ดร.สุวรรณา หล่อโลหะการ	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดภูเก็ต

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

1 รองศาสตราจารย์ ดร.ชิรวัฒน์ นิจเนตร
2 รองศาสตราจารย์เครือวัลย์ ชัชกุล
3 รองศาสตราจารย์นิศา ชัชกุล
4 รองศาสตราจารย์ประภาศรี อิ่งกุล
5 รองศาสตราจารย์สุวัฒน์ วิรุฬสิงห์
6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลวรา สุวรรณพิมล
7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญานิศ ลือวานิช
8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ ภาวดี
9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เงียบประเสริฐ
10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี พรผล
11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายธาร ทองพร้อม
12 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตร พงศ์วัชร์
13 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา วงศ์ธนะบูรณ์
14 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวนิช ชัยนาค
15 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิชา วิริยมานุวงศ์
16 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนงนาฏ ไพนุพงศ์
17 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุจน์ มะโนธรรม
18 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุศักดิ์ ห้องเสงี่ยม
19 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรไท ครุธเวโช
20 ดร.ณัฐพร รัตนพรรณ์
21 ดร.ดวงใจ พานิชเจริญกิจ
22 ดร.ปรียานุช ทองภู่
23 ดร.พีระพงษ์ พึ่งแย้ม
24 ดร.เพียงเพ็ญ ณ พัทลุง
25 ดร.วิญญู วีรยางกูร
26 ดร.ศิรวิทย์ ศิริรักษ์
27 ดร.ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ
28 ดร.หิรัญ ประสารการ
29 ดร.อดุล นาคะโร
30 ดร.อทิพันธ์ เสียมไหม