



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)
ปริญญา

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพและการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่สุก

Effect of Relative Humidity on Quality and Finger Drop of Ripening 'Kluai Khai'
(Musa AA Group)

นามผู้วิจัย นางสาวจิรนุช แสงปุก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จรัสแท้ ศิริพานิช, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์พุทธพร ส่องศรี, D.Eng.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 เดือน เมษายน พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพและการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่สุก

Effect of Relative Humidity on Quality and Finger Drop of Ripening 'Kluai Khai'
(*Musa* AA Group)

โดย

นางสาวจิรณัฐ แสงปุก

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1342-3

จิรนุช แสงปลูก 2549: ผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพและการหลุดร่วงของผล
กล้วยไข่สุก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) สาขาวิชา
เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธาน
กรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D. 103 หน้า
ISBN 974-16-1342-3

การศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพและการหลุดร่วง (finger drop) ของผล
กล้วยไข่ระหว่างการสุก โดยทำการเก็บรักษาผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกที่อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศา
เซลเซียส ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$) เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ผล
กล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงเกิดการหลุดร่วงมากขึ้นเมื่อผลสุกมากขึ้น ในขณะที่
ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไม่พบการหลุดร่วง ผลกล้วยไข่สุกภายใต้
ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณน้ำในเปลือกสูงกว่าของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นต่ำ
ขณะที่มีการสูญเสียน้ำหนักของหวี, ความแน่นเนื้อของเปลือก, และแรงต้านทานการหลุดร่วงต่ำ
กว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้น
สัมพัทธ์ต่ำและสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของสีผิวเปลือกและเนื้อ, ความแน่นเนื้อของเนื้อ
ผล, soluble solids, titratable acidity และคุณภาพการรับประทาน เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นมี
กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME), polygalacturonase (PG), pectate lyase (PL)
และปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำได้ (water-soluble pectin, WSP) ในเปลือกผลเพิ่มสูงขึ้นจนถึง
ประมาณวันที่ 4-5 ของการทดลองจากนั้นจะลดต่ำลง การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PME, PG,
PL และปริมาณ WSP สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA และโซเดียม
คาร์บอเนต โดยเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมี
กิจกรรมของเอนไซม์ PME, PG, PL และปริมาณ WSP มากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผล
ของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกมีปริมาณ
เส้นใยในเปลือกเพิ่มขึ้น โดยเปลือกบริเวณโคนผลมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าเปลือกบริเวณกลางผล
และเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใย
มากกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง

จิรนุช แสงปลูก

ลายมือชื่อนิติ



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

27 / 3 / 49

Cheranuch Sangpuk 2006: Effect of Relative Humidity on Quality and Finger Drop of Ripening 'Kluai Khai' (*Musa* AA Group). Master of Science (Postharvest Technology), Major Field: Postharvest Technology, Interdisciplinary Graduate Program.
Thesis Advisor: Professor Saichol Ketsa, Ph.D. 103 pages
ISBN 974-16-1342-3

The effect of the relative humidity (RH) on quality and finger drop of 'Kluai Khai' bananas was studied during ripening. Bananas ripened at color index 3-4 were kept at 25 ± 0.2 °C under low ($67.8 \pm 2.6\%$) and high ($93.5 \pm 0.6\%$) RH conditions for 9 days. The results showed that the degree of finger drop of bananas held under high RH rapidly increased when ripening advanced, while bananas held under low RH did not show finger drop during 9-day study period. Bananas held under high RH had higher water content in the peel pedicel adjacent to the rupture area than that of bananas held under low RH. Water loss of the banana hand, peel firmness and resistance to finger drop force of bananas held under high RH were lower than that of bananas held under low RH. Bananas held under low and high RH had no significant difference in peel and pulp color, pulp firmness, soluble solids, titratable acidity and eating quality. Activities of pectin methylesterase (PME), polygalacturonase (PG), pectate lyase (PL) and water-soluble pectin (WSP) content in the bananas peel increased as ripening advanced and reached the maximum on day 4-5 and decreased thereafter. An increase in PME, PG, PL activities and WSP content was concomitant with a decrease in CDTA-soluble pectin and sodium carbonate-soluble pectin. Peel at the pedicel adjacent to the rupture area of bananas held under high RH had higher activities of PME, PG, PL and WSP content than that of the peel at the same area and at the middle of fruit held under low RH. Fiber content in the peel at the pedicel adjacent to the rupture area held under both low and high RH were higher than in the middle of the fruit and increased as ripening advanced. Peel at the pedicel adjacent to the rupture area of bananas held under high RH had higher fiber content than that of the peel at the same area held under low RH.

Cheranuch Sangpuk

Student's signature

Saichol Ketsa 27, 3, 06

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ สายชล เกตุษา ประธานกรรมการ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษาตลอดการทดลอง และช่วยเหลือด้านการเรียน รองศาสตราจารย์ จริ่งแท้ ศิริพานิช กรรมการสาขาวิชาเอก อาจารย์พุทธพร ส่องศรี กรรมการสาขาวิชารอง และดร. สมโภช น้อยจินดา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณฝ่ายปฏิบัติการวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้ให้สถานที่ทำการทดลอง และโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้ง น.ส. บริพัทธ์ ยอดอ้อย ที่ได้เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และให้ประสบการณ์ที่ดีในชีวิต เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยวทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำงานครั้งนี้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ คุณแม่ คุณยายและพี่สาวที่ได้ให้ความรัก กำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา

จิรนุช แสงปุก
มีนาคม 2549

สารบ านู

หน้า

สารบ านู	(1)
สารบ านูตาราง	(2)
สารบ านูภาพ	(6)
ค ำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผล	22
วิจารณ์	44
สรุป	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	57

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่า L ของสีผิวเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	78
2	ค่า L ของสีเนื้อของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	79
3	ค่า b ของสีผิวเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	80
4	ค่า b ของสีเนื้อของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	81
5	ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือก (นิวตัน) ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	82
6	ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่ไม่มีเปลือก (นิวตัน) ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	83
7	ปริมาณ soluble solids ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	84
8	ปริมาณ titratable acidity ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้ อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	ความหวานของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	86
10	ความฝาดของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	87
11	เนื้อสัมผัสของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	88
12	กลิ่นผิดปกติของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	89
13	รสชาติของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	90
14	ความชอบของผู้ชิมต่อผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	91
15	การเกิด finger drop ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	92
16	แรงต้านทานการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้ อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
17	การสูญเสียน้ำหนักทั้งหวีของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้ อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	94
18	ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้ อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	95
19	ปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำของเปลือกกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภาย ใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	96
20	ปริมาณเพกตินที่ละลายใน CDTA ของเปลือกกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บ รักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	97
21	ปริมาณเพกตินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตของเปลือกกล้วยไข่ระหว่าง สุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	98
22	กิจกรรมของเอนไซม์ PME ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่ เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	99
23	กิจกรรมของเอนไซม์ PG ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษา ภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
24	กิจกรรมของเอนไซม์ PL ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$ และ $93.5\pm0.6\%$	101
25	ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$ และ $93.5\pm0.6\%$	102
26	ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง) ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$ และ $93.5\pm0.6\%$	103

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	31
2	อุณหภูมิของบรรยากาศรอบผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	32
3	การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L) ผิวเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	33
4	การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า b) ผิวเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	34
5	ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่มีเปลือก (A) และไม่มีเปลือก (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	35
6	ปริมาณ soluble solids (A) และปริมาณ titratable acidity (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	36
7	คะแนนคุณภาพการรับประทานของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	37
8	การหลุดร่วง (A) และแรงต้านทานการหลุดร่วง (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
9	การสูญเสียน้ำหนักของกล้วยทั้งหวี ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	39
10	ปริมาณ water content ที่เปลือกบริเวณโคนผล (A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	40
11	ปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำในเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	41
12	ปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	42
13	ปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	43
14	กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล(B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	44
15	กิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
16	กิจกรรมของเอนไซม์ pectate lyase ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	46
17	ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และ กลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$)และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	47
18	ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง) ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และ สูง ($93.5 \pm 0.6\%$)	48
ภาพผนวกที่		
1	กราฟมาตรฐานของ D-galacturonic acid ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเพกติน	72
2	กราฟมาตรฐานของกรดแอสติค ใช้สำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME)	73
3	กราฟมาตรฐานของ D-galacturonic acid ใช้สำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG)	74
4	กราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin ใช้สำหรับการวิเคราะห์โปรตีนของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ pectin methylesterase (PME)	75

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
5	กราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin ใช้สำหรับการวิเคราะห์โปรตีนของเอนไซม์ pectate lyase (PL)	76
6	แสดงวิธีการวัดแรงต้านทานการหลุดร่วง (resistance to finger drop)	77

ผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพและการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่สุก

Effect of Relative Humidity on Quality and Finger Drop of 'Kluai Khai' (*Musa AA Group*)

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการส่งออกกล้วยไข่ไปยังต่างประเทศ ซึ่งตั้งแต่ปี 2531 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน กล้วยที่ส่งออกส่วนใหญ่ คือ กล้วยไข่ (*Musa acuminata* AA group) ซึ่งเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีรสชาติดีและสีส้มสวยงามเป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค โดยประเทศที่มีการรับซื้อกล้วยไข่มากที่สุด คือ ฮองกง รองลงมาคือ สิงคโปร์และยุโรป (เบญจมาศ, 2545) แต่เนื่องจากกล้วยไข่มีอายุการเก็บรักษาสั้นและเป็นผลไม้ที่สูญเสียง่ายหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งเมื่อกล้วยสุกมักเกิดปัญหาการหลุดร่วง (finger drop) ของผลกล้วยออกจากหวี ซึ่งสาเหตุนี้เกิดจากการอ่อนตัวของเปลือกบริเวณโคนผลที่เชื่อมผลกล้วยกับหวีกล้วย (Baldry *et al.*, 1981) จึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างยิ่งในการขนส่ง การเก็บรักษาและการจัดจำหน่ายสู่ผู้บริโภค

การอ่อนนุ่มของเปลือกผลกล้วยในระหว่างการสุก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการหลุดร่วงนั้น น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากการสลายตัวขององค์ประกอบในผนังเซลล์ (Gowen, 1995) ซึ่งคล้ายกับการอ่อนนุ่มในระหว่างการสุกของผลไม้หลายๆชนิด องค์ประกอบของผนังเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากคือเพกทิน (จริงแท้, 2538) ความเร็วในการอ่อนนุ่มเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ทำให้อายุการวางขายสั้น เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายและยังเป็นที่กำหนดระยะเวลาในการขนส่งและระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นการศึกษาถึงกลไกและปัจจัยที่มีผลต่อการอ่อนนุ่มและการหลุดร่วงจึงเป็นแนวทางที่ดีในการพัฒนาคุณภาพของกล้วยไข่

ได้มีรายงานวิจัยที่ผ่านมาหลายเรื่องชี้ให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการหลุดร่วงของผลกล้วย ได้แก่ อุณหภูมิ (Silvis *et al.*, 1976 ; Semple and Thompson, 1988) เอทิลีนและอายุของผลกล้วย (Paull, 1996) รวมทั้งความชื้นสัมพัทธ์ โดยพบว่ากล้วยกลุ่ม Cavendish ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะมีอัตราการหลุดร่วงต่ำ (Semple and Thompson, 1988) เช่นเดียวกับที่พบในผลกล้วยหอมทอง โดยผลกล้วยหอมทองที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงเกิดการหลุดร่วงเร็วกว่าผล

กล้วยสุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (Imsabai, 2004) และอภิวรา (2542) รายงานว่าผลกล้วยไข่ที่วางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์นาน 24 ชั่วโมงแล้วย้ายไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการหลุดร่วงน้อยที่สุด ส่วนผลกล้วยไข่ที่วางไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ตลอดเวลาที่มีการหลุดร่วงมากที่สุด ดังนั้นการศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ในระหว่างการเก็บรักษาน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการหลุดร่วงในกล้วยไข่และเพื่อให้ได้กล้วยไข่ที่มีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุก
2. ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อคุณภาพของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุก
3. ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีในเปลือกผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกเมื่อได้รับความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

กล้วยจัดอยู่ในวงศ์ Musaceae ลำดับ Scitamineae หรือ Zingiberales สกุล *Musa* เป็นไม้ผลเขตร้อน ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตอนใต้ กล้วยรับประทานได้จัดอยู่ใน Section Eumusa ซึ่งถือกำเนิดมาจากกล้วยป่า 2 species คือ *Musa acuminata* Colla (A genome) และ *M. balbisiana* Colla (B genome) ซึ่งกล้วยป่าทั้งสองชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบ Indo – Malayan (เบญจมาศ, 2545; Simmonds, 1982) กล้วยกินได้ส่วนใหญ่ผลมีการเจริญเป็นแบบ parthenocarpic คือ มีการพัฒนาการของเนื้อได้โดยไม่ผ่านการผสมพันธุ์ กล้วยไข่มิชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa* (AA group) ‘Kluai Khai’ เป็นกล้วยที่มีจำนวนโครโมโซม 2 ชุด (diploid) ที่มีลักษณะ *acuminata* และมี genome แบบ AA กล้วยไข่มิชื่อเรียกในแต่ละประเทศต่างกัน ดังนี้ กล้วยกระเจี๊ยบอง (ไทย) Pisang Mas (มาเลเซีย, อินโดนีเซีย) Lady’s finger (ฮาวาย) Sagale nete – pyaw (พม่า) Sury kadali (อินเดียตอนใต้) Sucrier หรือ Honey หรือ Fingue sucee หรือ de Rosa (West Indies) Bocadillo (โคลัมเบีย) และ Banana ouro (บราซิล) สำหรับรูปร่างและลักษณะสำคัญของต้นกล้วยไข่มิคือ มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนเหลือง มีประดำหนา ด้านในสีชมพูแดง ก้านใบสีเขียวอมเหลือง มีร่องกว้าง โคนก้านใบมีปีกสีชมพู ก้านช่อดอกมีขนอ่อน ใบประดับรูปไข่มีวุ้นจืด ปลายค่อนข้างแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างที่โคนกลีบชิด กลีบรวมใหญ่สีขาว ปลายสีเหลือง กลีบรวมเดี่ยวไม่มีสี เกสรตัวผู้และตัวเมียมีความยาวใกล้เคียงกัน แต่เกสรตัวเมียสูงกว่าเล็กน้อย เกสรตัวเมียมีสีเหลือง ส่วนเกสรตัวผู้มีสีชมพู เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก กว้าง 2 – 3 เซนติเมตร ยาว 8 – 10 เซนติเมตร ก้านผลสั้น เปลือกค่อนข้างบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองสดใส บางครั้งมีจุดดำเล็กๆ ประปราย เนื้อสีครีมอมส้ม รสหวาน (เบญจมาศ, 2545)

ในการผลิตกล้วยเป็นการค้าจะทำการเก็บเกี่ยวผลกล้วยในขณะที่ผลยังมีสีเขียว ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยเป็นผลผลิตที่มีอายุสั้นหลังจากผลสุก ซึ่งเมื่อกกล้วยสุกงอมกลีบค่อนข้างแรง เนื้อในก็จะเริ่มเละ เปลือกและขั้วจะอ่อนและหลุดง่าย ดังนั้นในการขนส่งระยะทางไกลจึงต้องขนส่งในขณะที่ผลยังเขียวและขนส่งภายใต้อุณหภูมิต่ำจนถึงปลายทางและทำให้สุกที่ปลายทาง ระยะบรรพบุรุษของผลกล้วยที่เหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยวจะขึ้นอยู่กับระยะทางของตลาดและอายุผลที่ตลาดต้องการ ผลกล้วยที่ส่งขายในตลาดท้องถิ่นจึงมีการเก็บเกี่ยวในระยะที่แก่กว่าที่ส่งออก ซึ่งถ้าผลกล้วยแก่เกินไปเมื่อเก็บเกี่ยวผลกล้วยมักจะเกิดการปริแตกของผลในขณะที่เก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่กล้วยเพิ่งได้รับน้ำจากการให้น้ำหรือมีฝนตก และผลที่แก่เกินไปอาจจะเกิดการสุกใน

ระหว่างการขนส่ง (เบญจมาศ, 2545; Gowen, 1995; Mitra, 1997) ในการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลกล้วยมีความแก่ประมาณ 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ ความแก่ในระยะนี้ยังคงเห็นเหลี่ยมเด่นชัด ซึ่งผลกล้วยจะมีสีเขียวอยู่ได้ 2 – 7 วันในอุณหภูมิห้อง และ 5 – 20 วันในห้องเย็น แต่ถ้าต้องการส่งไปต่างจังหวัดภายในประเทศควรเก็บเกี่ยวเมื่อแก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายใน 1 – 2 อาทิตย์ หรือมีความแก่ประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ มีเหลี่ยมไม่ค่อยเด่นชัด แต่ถ้าส่งตลาดภายในจังหวัดหรือบริเวณใกล้ๆ ควรเก็บเกี่ยวผลที่แก่เต็มที่ หรือไม่มีเหลี่ยมเลย ซึ่งจะสุกภายในเวลาไม่ถึงอาทิตย์ สำหรับมาตรฐานความแก่ของกล้วยโดยการสังเกตเหลี่ยมของผลกล้วย มีดังนี้ (เบญจมาศ, 2545)

Full หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลย เรียกว่า แก่เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์

Full $\frac{3}{4}$ หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

Light Full $\frac{3}{4}$ หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัด มีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

Light หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมชัดเจนมาก หรือมีความแก่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

นอกจากการสังเกตจากเหลี่ยมผลแล้วยังอาจจะอาศัยหลักเกณฑ์อื่นๆ เช่น จำนวนวันหลังแทงปลี จำนวนวันหลังจากเริ่มเห็นหวีดินเต่า การแห้งของใบธง อัตราส่วนของเนื้อต่อเปลือก ความเปรี้ยวของเกสรตัวเมียและกลีบดอกที่ปลายผลและขนาดของผล (วิจิตร, 2530) มาใช้ประกอบกันในการพิจารณาความบริบูรณ์ที่เหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยว เพื่อจะได้ผลกล้วยที่มีความแก่ตามต้องการได้ดียิ่งขึ้น

กล้วยเป็นผลไม้ประเภท climacteric คือ เมื่อผลกล้วยสุกจะมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งการหายใจแบบ climacteric นี้ มีความสัมพันธ์กับการสุกของผลไม้และการผลิตก๊าซเอทิลีนเป็นอย่างมาก (จรัสแท้, 2538) โดยมีอัตราการสร้างเอทิลีนขึ้นสูงสุดก่อนเกิดการหายใจสูงสุด (Leopold and Kriedemann, 1975) ผลไม้ที่เป็น climacteric ต้องการเอทิลีนกระตุ้นให้กระบวนการสุกต่างๆ เกิดขึ้น เอทิลีนนี้อาจเกิดจากผลไม้สร้างขึ้นเองหรือได้รับจากภายนอก ก็สามารถทำให้ผลไม้สุกได้เหมือนกัน อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีเอทิลีนผลไม้จะไม่สุก (Burg and Burg, 1965) เมื่อผลกล้วยที่อยู่ในระยะแก่เต็มที่แต่ยังไม่สุก (preclimacteric) ระดับการสร้างเอทิลีนและปริมาณเอทิลีนภายในยังคงอยู่ในระดับต่ำ จนกระทั่งผลสุกการสร้างเอทิลีนจะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นหลังจากผลมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น การสร้างเอทิลีนและอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุด (climacteric peak) จากนั้นการสร้างเอทิลีนและอัตราการหายใจจะ

ค่อยๆ ลดลง (Palmer, 1971) ซึ่งการสร้างเอทิลีนและการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ผลกล้วยสุกทำให้เกิดการอ่อนนุ่ม การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายใน จึงนำไปสู่การเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้นของผลกล้วย กล้วยเป็นผลไม้ที่สูญเสียง่ายหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างยิ่งในการขนส่ง การเก็บรักษาและการจัดจำหน่ายสู่ผู้บริโภค

ในระหว่างกระบวนการสุกของผลกล้วยนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในผล สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก ซึ่งขั้นตอนในการสุกของกล้วยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวดังนี้ (Anonymous, 1972)

- ระยะที่ 1 ผิวเปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก
- ระยะที่ 2 ผิวเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวออกเหลืองนิดๆ
- ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวออกเหลืองมากขึ้น แต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง
- ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว
- ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ที่ปลายผลยังเป็นสีเขียว
- ระยะที่ 6 สีผิวทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)
- ระยะที่ 7 ผิวมีสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่และมีกลิ่นหอม)
- ระยะที่ 8 ผิวมีสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป, เนื้ออ่อนตัวมาก, มีกลิ่นแรง)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในผล พบว่า ในระหว่างการสุก มีปริมาณแป้งลดลง และมีการสลายตัวของแป้งบางส่วนที่สะสมไว้ภายในผลให้เป็นน้ำตาล (Wills *et al.*, 1989) มีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ภายในผลผลิต (Seymour *et al.*, 1993) ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต

ผลกล้วยจะสะสมอาหารในรูปของแป้ง โดยจะสะสมอยู่ในผลผลิตภายใน plastid ที่เรียกเฉพาะว่า amyloplast แต่เมื่อผลสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาล (จริงแท้, 2538) เมื่อผลกล้วยไขสุกปริมาณของแป้งจะลดลงอย่างมาก โดยแป้งจะเริ่มลดลงเมื่อกล้วยเริ่มมีการเปลี่ยนสี

(เบญจมาศ, 2545) ปกติเนื้อกล้วยที่ยังไม่สุกจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบประมาณ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ในระหว่างการสุกแป้งจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วทำให้มีปริมาณลดลง โดยเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้งได้แก่ α -amylase, β -amylase, α -1,6 glucosidase (Garcia and Lajolo, 1988) และ phosphorylase (Areas and Lajolo, 1981) แป้งที่สะสมในผลจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลต่างๆ ได้แก่ ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส สำหรับน้ำตาลที่พบปริมาณมากเมื่อผลกล้วยสุก คือน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีอยู่ประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ (Palmer, 1971) สำหรับเปลือกนั้น พบว่า มีแป้งเป็นองค์ประกอบประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด และในระหว่างการสุกแป้งจะถูกย่อยสลายเช่นเดียวกับในเนื้อกล้วย (Areas and Lajolo, 1981)

2. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

ในผลกล้วยมีปริมาณของ lysine และ cysteine สูง แต่มี methionine ต่ำ ส่วนกรด อะมิโนอิสระที่พบมากคือ histidine, serine, valine, leucine และ arginine (Stover and Simmonds, 1987) ปริมาณโปรตีนในผลกล้วยเมื่อสุกไม่พบการเปลี่ยนแปลง โดยในผลสุกมีปริมาณ protein ประมาณ 0.5 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ (Simmonds, 1982)

3. การเปลี่ยนแปลงของไขมัน

ในระหว่างการสุกของผลกล้วยน้ำหนักรวม (total weight) ของไขมันจากส่วนเปลือกและเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง ในเนื้อมีไขมันอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และ 6.5 เปอร์เซ็นต์ในเปลือกโดยกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ palmitic (16 : 0), oleic (18 : 1), linoleic (18 : 2) และ linolenic (18 : 3) ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มที่จะสูญเสียกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นจากทั้งเนื้อและเปลือกผลในระหว่างการสุก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในเปลือกสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคลอโรพลาสต์ และการย่อยสลายของคลอโรฟิลล์ในระหว่างการสุก (Goldstein and Wick, 1969)

4. การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์

ในผลกล้วยไม่มีปริมาณของกรดตั้งแต่ดิบจนสุกก่อนข้างต่ำ (เบญจมาศ, 2545) Marriott (1980) รายงานว่าในระหว่างการสุกของผลกล้วย จะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งกรดที่พบใน

กล้วยได้แก่ กรดมาลิก, กรดซิตริก และกรดออกซาลิก (Palmer, 1971) กรดอินทรีย์ในผลกล้วยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของกรดมาลิก ซึ่งมีประมาณ 4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด (จริงแท้, 2538) และมีการสะสมของกรดนี้เพิ่มจนถึงระดับสูงสุดเมื่อผลสุก ซึ่งมีผลต่อรสชาติที่เกิดขึ้นภายหลังการสุก (Simmonds, 1982) การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดทั้งในส่วนเปลือกและเนื้อทำให้ค่า pH ลดลงจากที่อยู่ในช่วง 5.4 และ 6.0 ในผลดิบลดลงเหลือประมาณ 4.0 ในผลที่สุกเต็มที่ (Gowen, 1995)

5. การเปลี่ยนแปลงของสารสี

ผลกล้วยที่เข้าสู่กระบวนการสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวผล จากสีเขียวกลายเป็นสีเหลือง โดยปกติผลกล้วยที่ยังไม่สุกจะประกอบด้วยสารสีที่สำคัญได้แก่ คลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์ แต่จะถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ เมื่อผลกล้วยเริ่มสุกคลอโรฟิลล์จะถูกย่อยสลายไป ด้วยการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase สีของคาโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็น โดยที่ปริมาณของคาโรทีนอยด์นั้นค่อนข้างคงที่ จึงทำให้เมื่อผลกล้วยสุกจึงเห็นเปลือกเป็นสีเหลือง (จริงแท้, 2538) โดยเมื่อผลกล้วยสุกปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลงจาก 50 – 100 $\mu\text{g/gFW}$ ในผลดิบลดลงเหลือเกือบเป็น 0 ในผลสุก ในขณะที่ระดับของคาโรทีนอยด์ค่อนข้างคงที่ คือ 8 $\mu\text{g/gFW}$ (Seymour *et al.*, 1993) ชนิดของคาโรทีนอยด์ที่พบในผลกล้วยได้แก่ α -carotene, β -carotene และ lutein (Gross *et al.*, 1976) โดยพบว่าในเปลือกผลกล้วยมี lutein เป็น 65 เปอร์เซ็นต์ของคาโรทีนอยด์ทั้งหมด (Gowen, 1995)

6. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิก

ในเนื้อเยื่อผลกล้วยโดยเฉพาะที่ส่วนของเปลือก พบว่า มีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณมาก ซึ่งสารประกอบที่สำคัญได้แก่ 3,4 - dihydroxyphenyl ethylamine และ 3,4 - dihydroxy phenylalanine ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้เป็น quinone ซึ่งจะรวมตัวเป็นสารโมเลกุลใหญ่ขึ้น และมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว (Jayaraman *et al.*, 1987)

แทนนินเป็นส่วนประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำ ซึ่งพบทั้งในเปลือกและเนื้อของผลกล้วย ในผลกล้วยที่สุกไม่เต็มที่กล้วยนั้นจะยังคงมีรสฝาดอยู่ แต่เมื่อผลกล้วยสุกแทนนินจะเกิดการ

รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ทำให้รสฝาดหายไป ซึ่งความเข้มข้นของแทนนินในผลกล้วยจะแตกต่างกันไปตามอัตราการสุกของผลที่เก็บเกี่ยวในฤดูที่แตกต่างกัน (Mittra, 1997)

7. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส

ในระหว่างการสุก ผลไม้เกือบทุกชนิดจะอ่อนนุ่มลง ความแน่นเนื้อลดลง การอ่อนนุ่มของผลไม้เป็นผลมาจาก 1 ใน 3 กลไก ได้แก่ การสูญเสียแรงดันเต่ง การย่อยสลายแป้ง หรือการสลายตัวของผนังเซลล์ โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการสุกส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการสลายตัวของผนังเซลล์ (Seymour *et al.*, 1993) โดยเกิดการย่อยสลายขององค์ประกอบของผนังเซลล์ด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ได้แก่ endo และ exo – polygalacturonase (PG) และเอนไซม์ pectin methyl esterase (PME) (Hultin and Levine, 1965) รวมทั้งเอนไซม์ pectate lyase (PL) ซึ่งพบว่าในเนื้อผลกล้วยที่กำลังสุกมีกิจกรรมเอนไซม์ PL เพิ่มขึ้น (Marín-Rodríguez, 2003)

8. การเปลี่ยนแปลงของสารระเหย

ในผลกล้วยมีสารระเหยมากกว่า 300 ชนิด แต่สารที่ให้กลิ่นของผลกล้วยที่สำคัญได้แก่ 2 – hexanol ในกล้วยที่ยังเขียวอยู่ และ eugenol ในผลกล้วยสุก และ isopentanol ในผลกล้วยที่อมแล้ว (จริงแท้, 2538) ในกล้วยสุกหลายๆ พันธุ์ จะได้กลิ่นสารระเหยหอมออกมาซึ่งสารนั้นได้แก่ ester, alcohol, ketone, aldehyde และ phenol โดยสารระเหยที่พบในกล้วยส่วนใหญ่เป็นพวกสารประกอบ ester ซึ่งจะพบ ester ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของสารระเหยทั้งหมด เมื่อผลกล้วยสุกจะมีปริมาณสารระเหยมากขึ้นทำให้เกิดกลิ่น เมื่อสุกจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลการสร้างสารระเหยจะเริ่มคงที่หรือลดลง (Macku and Jennings, 1987)

9. การเปลี่ยนแปลงของวิตามิน

ผลกล้วยเป็นแหล่งที่ดีของวิตามิน A, C และ B6 (Stover and Simmonds, 1987 ; Robinson, 1999) โดยปริมาณวิตามิน C ในผลกล้วยจะแตกต่างกันไปตามระยะการสุกของผลและพันธุ์กล้วย (Gowen, 1995) ในผลกล้วยน้ำว่าเมื่อผลสุกจะมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มมากขึ้น และจะค่อยๆ ลดลงในช่วงที่ผลนั้นสุกเต็มที่ ส่วนในผลกล้วยหักมุกจะมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นในผลสุก ส่วนในผลดิบทั้งของกล้วยน้ำว่าและกล้วยหักมุกจะมีปริมาณวิตามินเอมากกว่ากล้วยสุก (Ratapa, 1989)

เนื้อของผลไม้ส่วนใหญ่มักประกอบขึ้นด้วยเซลล์พาราไคมา (parenchyma) ซึ่งมีผนังเซลล์บาง ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างของเซลล์ที่ให้ความแข็งแรงกับเซลล์และเนื้อเยื่อโดยรวม ดังนั้นปัจจัยใดๆ ที่จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอลงหรือทำให้การยึดตัวระหว่างผนังเซลล์ของเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ย่อมทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผลไม้ขึ้นได้ ผนังเซลล์ของพืช ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 5 – 10 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังอาจมี lignin, cutin, suberin, phenolics, wax, silica และสารอนินทรีย์อื่นๆ เป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ด้วย แต่มักพบในเซลล์ที่พัฒนาไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง เช่น ท่อน้ำ, ท่ออาหารและเนื้อเยื่อผิว เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ คือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพกทิน (pectin) คาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 ประเภทนี้แม้ว่าจะไม่เกี่ยวข้องกับรสชาติของผักและผลไม้โดยตรง แต่มีส่วนสำคัญในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) โดยที่เซลลูโลสทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ของพืช ส่วนเฮมิเซลลูโลสจะแทรกและยึดตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสในผนังเซลล์ มีส่วนให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์เช่นกัน สำหรับเพกทินเป็นโพลิเมอร์ของกรด galacturonic ได้แก่ โมเลกุลของ galactose ซึ่งคาร์บอนอะตอม ตำแหน่งที่ 6 อยู่ในรูปของกลุ่มคาร์บอกซิลิก (carboxylic group) และอาจมีกลุ่มเมทิล (methyl group) มาเกาะอยู่ด้วย โมเลกุลของเพกทินจะแทรกอยู่ระหว่างเซลลูโลสเช่นเดียวกับเฮมิเซลลูโลส แต่ส่วนมากจะอยู่ในบริเวณระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ที่เรียกกันว่า middle lamella ทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่างๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกันและยังทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงกันด้วย ลักษณะโมเลกุลของ pectin มีทั้งที่เป็นเส้นยาวและโมเลกุลที่มีแขนงประสานกันเป็นโครงข่ายและอาจเชื่อมต่อกันด้วยอออนของแคลเซียม เช่น โมเลกุลของ homogalacturonan ที่ไม่มีกลุ่มเมทิลจับกับหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยพันธะอออน โดยมีแคลเซียมเป็นตัวกลางในรูปแบบที่เรียกว่า ‘junction zone’ ซึ่งถ้าหลายๆ โมเลกุลเชื่อมต่อกันในลักษณะนี้จะทำให้ได้โครงสร้างที่เรียกว่า ‘egg box’ ช่วยยึดให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยในพืชใบเลี้ยงคู่องค์ประกอบของผนังเซลล์โดยทั่วไปมีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวเป็น 30 : 30 : 35 ส่วนที่เหลือเป็นโปรตีน สำหรับในผลไม้จะมีเพกทินมากเป็นพิเศษ คือ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของผนังเซลล์ทั้งหมด (จริงแท้, 2538, 2547)

เมื่อผลไม้เริ่มสุกความแน่นเนื้อจะลดลง สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลและการเปลี่ยนสี การอ่อนตัวของผลไม้ในระยะสุกนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในผนังเซลล์ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสลายของผนังเซลล์เองหรือของวัตถุที่เชื่อมผนังเซลล์เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะในบริเวณ middle lamella ซึ่งเป็นบริเวณที่มี pectin ในปริมาณมาก ดังปรากฏหลักฐานจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในผลอะโวคาโด

แอปเปิ้ล และสาลี่ ซึ่งพบว่าบริเวณ middle lamella ของผลที่ยังไม่สุกนั้นจะมีลักษณะเป็นบริเวณที่ติดสีเข้มแต่เมื่อผลสุกบริเวณนี้จะปรากฏให้เห็นเป็นบริเวณที่ติดสีจาง แสดงให้เห็นว่าโมเลกุลของสารในบริเวณนี้ถูกย่อยหายไป (จริงแท้, 2547) จากการศึกษาในระดับชีวเคมี พบว่า การเปลี่ยนแปลงหลักของผนังเซลล์ คือ การเปลี่ยนแปลงของเพกทิน ส่วน hemicellulose และ cellulose นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (Seymour *et al.*, 1993) โดยเพกทินแต่เดิมอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำ (มี methyl group อยู่บนโมเลกุลของ polygalacturonic acid มาก) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ (Fischer and Bennett, 1991) ดังเช่นที่พบใน ส้มโอ (ปริดา, 2535) มะเขือเทศ (Gross and Wallner, 1979 ; Carrington *et al.*, 1993) อะโวคาโด (Wakabayashi *et al.*, 2000) apricot (Femenia *et al.*, 1998) กีวีฟรุต (Redgwell *et al.*, 1992) carambola (Chin *et al.*, 1999) มะละกอ (Paull *et al.*, 1999) และกล้วย (Brady, 1976)

โดยทั่วไปการอ่อนนุ่มมักเกิดขึ้นพร้อมกับการละลายของ pectin ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) polygalacturonase (PG) และ pectate lyase (PL) (Fischer and Bennett, 1991; White, 2002) เอนไซม์ PME ทำหน้าที่ย่อยเอากลุ่มเมทิล (deesterified) ออกไปจากโมเลกุลของ galacturonan ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH และประจุภายในเซลล์ ยอมให้เกิดพันธะอออนเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลของเพกทินโดยอออนของแคลเซียมและทำให้ PG เข้าย่อยสลายโมเลกุลของเพกทินให้เล็กลง โดยส่วนใหญ่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้ มีอยู่ค่อนข้างสูงในผลไม้ทั้งที่ยังไม่สุกและที่กำลังสุก (จริงแท้, 2547) โดย PME จะทำงานร่วมกับ PG ในการย่อยสลาย pectin ในระหว่างการสุกของผลไม้ (Collmer and Keen, 1986) เอนไซม์ PME อาจจะมีกิจกรรม เพิ่มขึ้น ลดลง หรือคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุกของผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ PME เพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการสุก เช่น ส้มโอ (ปริดา, 2535) กล้วย (Hultin and Levine, 1965; De Swardt and Maxie, 1967) ท้อ (Brummell *et al.*, 2004) มะเขือเทศเชอร์รี่ (Inari *et al.*, 2002) ทุเรียน (Ketsa and Daengkanit, 1998a, 1998b, 1999) และ เชอร์รี่ (Barrett and Gonzalez, 1994) แต่จะมีกิจกรรมลดลงในอะโวคาโด (Awad and Young, 1979) ฝรั่ง (Jain *et al.*, 2003) มะม่วงพันธุ์ 'Keitt' (Roe and Bruemmer, 1981) และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Ketsa *et al.*, 1998) ส่วนผลไม้ที่มีกิจกรรมของ PME ค่อนข้างจะคงที่ตลอดระยะเวลาการสุก เช่น bush butter (Missang *et al.*, 2004) สาลี่ พันธุ์ 'Bartlett' (Ahmed and Labavitch, 1980)

PG เป็นเอนไซม์ที่พบว่ามีกิจกรรมเปลี่ยนแปลงมากเมื่อผลไม้หลายชนิดสุก เอนไซม์นี้ทำหน้าที่กระตุ้นการย่อยสลายโมเลกุลของเพกทิน โดยจะย่อยพันธะ α - 1, 4 ระหว่างหน่วย

galacturonic acid ที่ถูกดึง methyl group ออกไปแล้ว (Seymour *et al.*, 1993) โดยใช้น้ำเข้าร่วมในปฏิกิริยาคาย (hydrolytic) (Fischer and Bennett, 1991) เอนไซม์ที่พบมีทั้ง exo และ endo PG โดย endo PG จะเข้าย่อยโดยการสุม ส่วน exo PG จะย่อยพันธะ α -1,4 จากปลาย non-reducing เท่านั้น (จริงแท้, 2547) ซึ่งในผลกล้วยสุกมีรายงานว่าพบทั้ง exo และ endo PG (Markovic *et al.*, 1975) สำหรับผลไม้ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ PG เพิ่มขึ้นในช่วงการสุก เช่น มะเขือเทศ (Gross *et al.*, 1979) ท้อ (Brummell *et al.*, 2004) มะเฟือง (Chin *et al.*, 1999) bush butter (Missange *et al.*, 2004) เชอรี่ (Barrett and Gonzalez, 1994) แตงกวา (Miller *et al.*, 1989) สาลี่ (Ahmed and Labaviteh, 1980; Carrillo-Lopez *et al.*, 2002) ทุเรียน (Ketsa and Daengkanit, 1998b, 1999) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Ketsa *et al.*, 1998) และฝรั่ง (Abu-Goukh and Bashir, 2003; Jain *et al.*, 2003) แต่ในผลไม้บางชนิดอาจไม่พบ PG เลยหรือพบในปริมาณต่ำ เช่น ส้มโอ (ปริดา, 2535) สตรอเบอร์รี่ (Huber, 1984) และ muskemelon (McCollum *et al.*, 1989)

PL เป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นการย่อยสลาย pectate ซึ่งเป็นรูป deesterified ของเพกทิน และเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ชั้นต้นในพืชชั้นสูง (Carpita and Gibeaut, 1993) ซึ่งการทำงานของ PL จำเป็นต้องมี Ca^{2+} อยู่ด้วย (Marín-Rodriguez *et al.*, 2002) โดย PL จะย่อยสลายพันธะ α -1,4 ด้วยปฏิกิริยา β -elimination (Fischer and Bennett, 1991) ระหว่างหน่วย galacturonic acid ที่ methyl group ถูกดึงออกไปแล้ว (Nedjma *et al.*, 2001) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาบทบาทของเอนไซม์ PL ที่มีต่อการอ่อนนุ่มของผลไม้ โดยพบว่า PL มีความสัมพันธ์กับการสุกของผลไม้ ได้แก่ สตรอเบอร์รี่ (Medina-Escobar *et al.*, 1997) และกล้วย (Pau *et al.*, 2001) ซึ่งมีการสะสม PL transcript ในผลสุก แต่ไม่พบในผลดิบ และจากการศึกษาในเนื้อผลกล้วยพบว่ามียีน PL เพิ่มขึ้นเมื่อสุก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์นี้สอดคล้องกับการละลายของ polyuronide ในเนื้อผลกล้วย (Marín-Rodriguez *et al.*, 2003; Payasi and Sanwal, 2003)

กล้วยเป็นผลไม้ประเภท climacteric ซึ่งมีอัตราการหายใจสูงในช่วงการสุกทำให้ผลกล้วยสุกเร็วและเน่าเสียง่าย (Seymour *et al.*, 1993) เมื่อผลกล้วยสุกงอมส่วนเปลือกและข้าวผลจะอ่อนแอและหลุดร่วงง่าย (อาการ finger drop) (เบญมาศ, 2545) finger drop คือ การที่ผลกล้วยหลุดออกจากมือของกล้วย เนื่องมาจากการอ่อนตัวของเปลือกบริเวณโคนผลที่เชื่อมระหว่างผลกล้วยกับมือของกล้วย (Baldry *et al.*, 1981) และไม่พบการสร้าง abscission zone ในเปลือกบริเวณที่เกิดการหลุดร่วงแต่อย่างใด (Imsabai, 2004) และจากการศึกษาโดยนักโรคพืชพบว่า การอ่อนตัวของเปลือกบริเวณโคนผลซึ่งเป็นสาเหตุของการหลุดร่วงนั้นไม่น่าจะเกิดจากเชื้อรา (Coursey *et al.*, 1974) การ

หลุดร่วงนี้ น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเพกทินที่บริเวณผนังเซลล์ชั้นต้นและ middle lamella (Huber, 1983) และน่าจะเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเปลือกกล้วยในระหว่างการสุก นอกจากนี้ยังมีการพบเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพกทินในผลกล้วยสุกด้วย (Markovic *et al.*, 1975) และมีรายงานว่าเอนไซม์ย่อยสลายเพกทินมีบทบาทหลักต่อการอ่อนนุ่มของผลกล้วยมากกว่าเอนไซม์ cellulase (Prabha and Bhagyalakshmi, 1998) การหลุดร่วงจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการสุกของผลกล้วย และจะเกิดกับกล้วยบางพันธุ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้วยในกลุ่ม tetraploid (New and Marriott, 1974) และยังพบการหลุดร่วงในกล้วยกลุ่ม triploid ด้วยเช่นกัน (Hicks, 1934; Semple and Thompson, 1988) นอกจากนั้นสภาพบรรยากาศในระหว่างการสุกของผลไม้ก็มีผลกระทบต่อการหลุดร่วง (Silvis *et al.*, 1976; Semple and Thompson, 1988) จากการศึกษาในกล้วยกลุ่ม triploid (*Musa* AAA group, Cavendish Subgroup) พบว่า อุณหภูมิระหว่างการสุกในช่วง 15 – 30 องศาเซลเซียส จะทำให้เปลือกบริเวณโคนผลอ่อนแอมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่การสุกภายใต้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้กล้วยเกิดการหลุดร่วงขึ้นทั้งนี้ เนื่องจากการหลุดร่วงมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำ คือถ้าเซลล์มีการสูญเสียจากเซลล์มากจะทำให้เปลือกเหนียวจึงทำให้การหลุดร่วงลดลง นอกจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการสุกก็มีผลต่อการหลุดร่วงเช่นกัน คือถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (35%) ก็จะมีอัตราการหลุดร่วงต่ำและเปลือกบริเวณโคนผลมีความแข็งแรงมากกว่ากล้วยที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง (97%) (Semple and Thompson, 1988) และในกล้วยหอมทองพบว่ากล้วยหอมทองที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (65-70%) จะเกิดการหลุดร่วงช้ากว่ากล้วยที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (90-95%) (Imsabai, 2004) การให้เอทิลีนกับผลกล้วยจะช่วยลดการหลุดร่วงได้รวมทั้งในกล้วยที่มีอายุมากมีแนวโน้มว่าจะมีอัตราการหลุดร่วงมากกว่าผลกล้วยที่มีอายุน้อย (Paull, 1996)

ในเปลือกของผลกล้วยมีปริมาณเส้นใย (fiber) สูงกว่าในเนื้อผล ในกล้วย (plantain) พบว่าในเปลือกมีปริมาณเส้นใยค่อนข้างคงที่ในระหว่างการสุก ส่วนในเนื้อผลมีแนวโน้มว่ามีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น (Gowen, 1995) เส้นใยประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, mucilages, microscopic polysaccharides, pectins, gums และลิกนิน (Anonymous, 2006) ลิกนินเป็นองค์ประกอบหนึ่งของผนังเซลล์และเป็นโพลิเมอร์ของสารฟีนอลิก ซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น (Boudet, 1998) ลิกนินได้จากเมทาบอลิซึมของฟีนอลิก (phenolic metabolism) ผ่านวิถี phenylpropanoid (phenylpropanoid pathway) การสร้างลิกนินเกี่ยวข้องกับการที่พืชเกิดความเครียดจากสาเหตุต่างๆ เช่น การขาดน้ำ, การเกิดบาดแผล, สารเคมีและการเข้าทำลายของเชื้อโรค โดยความเครียดที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเมทาบอลิซึม

ของฟีนอลิก เช่น phenylalanine ammonia-lyase (PAL), peroxidase (POD) และ polyphenol oxidase (PPO) ทำให้เกิดการสังเคราะห์ขึ้นมาหลายชนิดรวมทั้งลิกนิน (Ke and Saltveit, 1989; Ketsa and Atantee, 1998; Uritani, 1998; Degenhardt and Gimmier, 2000 ; Bunsiri *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006) เพื่อซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายและรักษาโครงสร้างของเซลล์ไว้ (Dizengremel, 2001) ฮอร์โมนเอทิลีนเกี่ยวข้องกับสภาพเครียดต่างๆในพืช โดยพบว่าสภาพเครียดจะกระตุ้นให้พืชมีการสร้างก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้น (Apelbaum and Yang, 1981; Coker *et al.*, 1985; Mathooko *et al.*, 1995; Morgan and Drew, 1997; Chen *et al.*, 2002; Liang, 2003; Stearns and Glick, 2003; Zapata *et al.*, 2003) ซึ่งฮอร์โมนเอทิลีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างลิกนิน โดยเอทิลีนสามารถกระตุ้นเอนไซม์บางตัวที่เกี่ยวข้องกับการสร้างลิกนิน (จริงแท้, 2547) ในพืชหลายชนิดพบว่า เมื่ออยู่ภายใต้สภาพเครียดจะมีการสร้างก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้น และพบการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PAL, POD และปริมาณลิกนินในเนื้อเยื่อที่เกิดความเครียดเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเอทิลีน (Hyodo *et al.*, 1991; Chen *et al.*, 2002; Zhao *et al.*, 2005) เนื่องจากที่ผิวของเปลือกกล้วยมีปากใบอยู่จึงทำให้มีการคายน้ำออกจากผลอยู่ตลอดเวลาแม้จะตัดออกมาจากต้นแล้วก็ตาม ซึ่งระดับของการคายน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Simmonds, 1966) ในระหว่างการสุกของผลกล้วยพบว่าการคายน้ำเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกผล (Palmer, 1971) จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า ผลกล้วยที่สุกภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกมากและผลกล้วยเหล่านี้เกิดการหลุดร่วงลดลง (Semple and Thompson, 1988; Imsabai, 2004) และจากการศึกษาในผลพลัมพันธุ์ 'Tonewase' ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำพบว่าผลพลัมมีการสร้างก๊าซเอทิลีนสูงกว่าผลพลัมที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (Nakano *et al.*, 2002) ดังนั้นการหลุดร่วงที่ลดลงอาจมีสาเหตุจากการที่ในเปลือกมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกมากอาจทำให้เปลือกผลกล้วยอยู่ในสภาพเครียดจึงกระตุ้นให้มีการสร้างก๊าซเอทิลีนและปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลกล้วยไข่ที่ใช้ในงานทดลองเป็นกล้วยไข่จากสวนของเกษตรกรที่ อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี โดยคัดเลือกผลกล้วยที่มีความแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นวัยของผลกล้วยที่เกษตรกรตัดขาย คือ ผลยังดิบ เปลือกมีสีเขียว และยังมีเหลี่ยมอยู่ ขนส่งจากสวนของเกษตรกรมายังห้องปฏิบัติการโดยใช้รถห้องเย็น อุณหภูมิประมาณ 20 – 23 องศาเซลเซียส นำผลกล้วยมาล้างทำความสะอาดใน Clorox[®] 200 พีพีเอ็ม แล้วแช่ผลกล้วยไข่ลงในสารละลายกันรา (fungicide) โดยใช้เบนเลท (benlate) ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นานประมาณ 3 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเน่าเสียในระหว่างทำการทดลอง จากนั้นจุ่มในเอทิฟอนความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นาน 2 นาที เพื่อให้ผลกล้วยสุกพร้อมและสม่ำเสมอทั้งผล ฝักรกล้วยให้แห้งแล้วนำไปบ่มในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้อง รอจนกระทั่งเปลือกกล้วยเปลี่ยนสีอยู่ในช่วง color index 3 – 4 จึงนำกล้วยไข่สุกไปใช้ในการทดลอง โดยนำผลกล้วยไข่สุกใส่ในตะกร้าตะกร้าละ 3 หวี นำไปเก็บรักษาในห้องที่มีอุณหภูมิ 25.2 ± 0.2 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน 2 ระดับคือ ห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$ RH) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$ RH) ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะรักษาระดับความชื้นด้วยการใช้ถุงพลาสติกคลุมตะกร้าที่ใส่ผลกล้วยร่วมกับการฉีดพ่นน้ำเป็นระยะ ส่วนห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะรักษาระดับความชื้นด้วยการใช้เครื่องดูดความชื้นร่วมกับการใช้ silica gel ที่เปลี่ยนทุก 4 ชั่วโมง เก็บรักษากล้วยไข่สุกเป็นเวลา 9 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 หวี และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี *t*-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95-99% สำหรับการเกิดการหลุดร่วงของผลกล้วย การเปลี่ยนแปลงสีผิวและเนื้อ แรงต้านทานการหลุดร่วง ความแน่นเนื้อ ปริมาณ soluble solids ปริมาณกรด (titratable acidity) การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) และคุณภาพการรับประทานของผลกล้วยไข่สุกที่เก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำและสูงทุกวัน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant different (LSD) สำหรับปริมาณของน้ำในเปลือก กิจกรรมของเอนไซม์ polygalaturonase, pectin methylesterase, pectate lyase, ปริมาณเพกทินและปริมาณเส้นใยในส่วน โคนผลและกลางผลของเปลือกกล้วยไข่ที่เก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน บันทึกผลการทดลองดังนี้

1. การหลุดร่วงของผลกล้วย (finger drop) โดยวัดจากการยกหวีกล้วยขึ้นมาสูง 15 เซนติเมตร ในแนวตั้งจากกับพื้น เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนับจำนวนผลกล้วยที่หลุดจากหวีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

2. ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ บันทึกความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติ HIOKI[®] Logger (HIOKI E.E. corporation) รุ่น 3631 – 20 สามารถบันทึกได้ทั้งความชื้นและอุณหภูมิ โดยกำหนดให้บันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที ติดตั้งเครื่องบันทึกไว้ในภาชนะบรรจุผลกล้วยไข่

3. การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อผลกล้วยไข่ โดยทำการวัดสีของเปลือกที่ตำแหน่งกลางผล ผลละ 2 ตำแหน่ง และสีของเนื้อผลที่ตัดตามขวางผลละ 2 ตำแหน่งด้วยเครื่อง color difference meter (Minolta CR – 300) ในระบบ Hunter's scale รายงานผลเป็น L และ b

ค่า L หมายถึง ความสว่าง โดย L = 0 หมายถึง สีดำ และ L = 100 หมายถึง สีขาว

ค่า b ค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง ค่าเป็นลบ หมายถึง สีนํ้าเงิน

4. ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกและไม่มีเปลือก วัดด้วย fruit firmness tester (Effigi) ที่รับแรงกด 5 กิโลกรัม และใช้แท่งกด (plunger) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เซนติเมตรในกล้วยดิบ และ 0.5 เซนติเมตรในกล้วยสุก โดยกดลงลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ตำแหน่งต่อผลและแปลงค่าแรงกดจากกิโลกรัมเป็นนิวตัน (Newtons, N)

ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน = ค่าที่วัดได้ (กิโลกรัม) x 9.807

5. ปริมาณ soluble solids (SS) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อกล้วยมาหาปริมาณ SS ด้วย hand refractometer อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

6. ปริมาณกรด (titratable acidity, TA) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อกล้วยปริมาตร 5 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วย NaOH 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็น indicator จนถึง end point นำค่าปริมาตรต่างมาตรฐานที่ใช้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดมาลิก (Hulme, 1971) จากสูตร

$$\% \text{ กรดมาลิก} = \frac{N \text{ base} \times \text{มล. base} \times \text{meq.wt. ของกรดมาลิก}}{\text{มล. ของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของ NaOH

มล. Base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt ของกรดมาลิก = 0.067

7. แรงต้านทานการหลุดร่วง (resistance to finger drop) โดยนำผลกล้วยที่ตัดออกมาจากหวีสอดเข้าไปในช่องของแผ่นไม้ที่เจาะเป็นรูไว้ แล้วใช้เครื่องวัดแรงต้านทาน (capacitor) ขนาด 5 หรือ 1 กิโลกรัม ดึงออกไปในแนวนานกับพื้น จนข้าวหลุดจากผล อ่านค่าแรงดึงที่ได้เป็นกิโลกรัม (ภาพภาคผนวกที่ 6)

8. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ของกล้วยทั้งหวี โดยคำนวณได้จาก

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนทำการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังจากทำการทดลอง}}{\text{น้ำหนักก่อนทำการทดลอง}} \times 100$$

9. ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อ (water content) ของเปลือกบริเวณโคนผลและกลางผล โดยนำเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลไปอบแห้งที่ตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท จากนั้นชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำมาหาปริมาณน้ำ

$$\% \text{ ปริมาณน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

10. คุณภาพการรับประทานให้เป็นคะแนน ดังนี้

ความหวาน

หวานน้อยมาก	ให้คะแนน	1
หวานน้อย	ให้คะแนน	2
หวานปานกลาง	ให้คะแนน	3
หวานค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
หวานมาก	ให้คะแนน	5

ความฝาด

ฝาดน้อยมาก	ให้คะแนน	1
ฝาดน้อย	ให้คะแนน	2
ฝาดปานกลาง	ให้คะแนน	3
ฝาดค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
ฝาดมาก	ให้คะแนน	5

เนื้อสัมผัส

ไม่ละเอียด	ให้คะแนน	1
ละเอียดเล็กน้อย	ให้คะแนน	2
ละเอียดปานกลาง	ให้คะแนน	3
ละเอียดค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
ละเอียดมาก	ให้คะแนน	5

กลิ่นผิดปกติ

กลิ่นปกติ	ให้คะแนน	1
กลิ่นผิดปกติเล็กน้อย	ให้คะแนน	2
กลิ่นผิดปกติปานกลาง	ให้คะแนน	3
กลิ่นผิดปกติค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
กลิ่นผิดปกติมาก	ให้คะแนน	5

รสชาติ

รสชาติปกติ	ให้คะแนน	1
รสชาติผิดปกติเล็กน้อย	ให้คะแนน	2
รสชาติผิดปกติปานกลาง	ให้คะแนน	3
รสชาติผิดปกติค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
รสชาติผิดปกติมาก	ให้คะแนน	5

ความชอบ

ชอบน้อยมาก	ให้คะแนน	1
------------	----------	---

ชอบน้อย	ให้คะแนน	2
ชอบปานกลาง	ให้คะแนน	3
ชอบค่อนข้างมาก	ให้คะแนน	4
ชอบมาก	ให้คะแนน	5

ทดสอบโดยใช้ผู้ชิมจำนวน 5 คน

11. การวิเคราะห์ปริมาณสารเพกทินที่เปลือกของผลกล้วยไข่ทั้งที่บริเวณโคนผลและกลางผล โดยสกัดเพกทินออกจากเนื้อเยื่อตามวิธีการของ Robertson (1979) และวิเคราะห์ปริมาณกรด uronic ตามวิธีการของ Blumenkrantz and Asboe-Hansen (1973) มีขั้นตอน ดังนี้

11.1 เตรียม alcohol insoluble solids (AIS) นำเปลือกผลกล้วยไข่ 10 กรัม มาต้มในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นนำมาปั่นแล้วล้างด้วย เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามด้วย methanol : chloroform (3 : 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และล้างครั้งสุดท้ายด้วย acetone ปริมาตร 200 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ทิ้งให้กากตะกอนที่เหลือนบนกระดาษกรองแห้ง จึงนำกากตะกอน (AIS) มาเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดที่มี silica gel บรรจุอยู่ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเพกทินต่อไป

11.2 การสกัดเพกทิน นำ AIS 30 มิลลิกรัม จากข้อ 12.1 มาละลายในน้ำ 30 มิลลิลิตร เขย่าด้วยความเร็ว 150 rpm นาน 16 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 11,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เทส่วนใสเก็บไว้ในขวดพลาสติก แล้วนำกากตะกอนที่เหลือไปเขย่าในน้ำ 20 มิลลิลิตร ด้วยความเร็ว 150 rpm นาน 5 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่แรงเหวี่ยง 11,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เทส่วนใสที่ได้รวมกับส่วนใสในขั้นตอนแรก จากนั้นนำกากตะกอนที่เหลือมาละลายใน CDTA (trans-1,2-diaminocyclohexane-N,N,N',N'-tetraacetic acid) เข้มข้น 50 mM (ในสารละลาย imidazol เข้มข้น 1 M pH 7) แล้วทำขั้นตอนเหมือนข้างต้นที่กล่าวไว้ จะได้ส่วนใสและนำส่วนใสทั้งสองครั้งที่สกัดด้วย CDTA เก็บไว้ในขวดพลาสติก นำตะกอนที่เหลือจากการสกัดด้วย CDTA มาละลายในโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 0.05 M แล้วทำตามขั้นตอนข้างต้น และนำส่วนใสทั้งสองครั้งที่สกัดด้วยโซเดียมคาร์บอเนตมารวมกันและเก็บไว้ในขวดพลาสติก นำส่วนใสที่สกัดด้วยสารทั้ง 3 ชนิดไปวิเคราะห์หาปริมาณเพกทินต่อไป

11.3 การวิเคราะห์ปริมาณเพกทิน นำสารละลายเพกทินที่สกัดได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปแช่ในน้ำแข็ง แล้วเติมสารละลายโซเดียมเตตราโบเรต ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) เข้มข้น 0.0125 M (ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย mixer นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำมาแช่ในน้ำแข็งทันที เติมสารละลาย *m*-hydroxydiphenyl เข้มข้น 0.15% (ในสารละลาย NaOH 0.5%) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันวางทิ้งไว้ 15 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ 520 นาโนเมตร เทียบกับ blank ของแต่ละตัวอย่างโดย blank เตรียมได้จากสารละลายตัวอย่างที่ผ่านปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีเดียวกัน แต่ใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.5% ปริมาตร 100 ไมโครลิตรแทน *m*-hydroxydiphenyl เปลี่ยนค่า A_{520} ที่ได้เป็นปริมาณเพกทินโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรด D-galacturonic ที่มีความเข้มข้นตั้ง 0 – 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพภาคผนวกที่ 1) ซึ่งผ่านปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีเดียวกัน

12. ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) และ polygalacturonase (PG) ที่เปลือกของกล้วยไข่ทั้งที่บริเวณโคนผลและกลางผล มีขั้นตอนดังนี้

12.1 การสกัดเอนไซม์ PME และ PG ทำตามวิธีการของ Abu-Goukh and Bashir (2003) โดยนำเปลือกกล้วยไข่ 2.5 กรัม เติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมแอสซิเตต ความเข้มข้น 100 mM pH 6.6 ที่เย็น พร้อมกับเติมโซเดียมไคไทโอไธโอไนท์และ PVPP เข้มข้น 0.2% และ 1% (โดยน้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ บดด้วย homogenizer จนละเอียด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 x g นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เทสารละลายใส่ทิ้งไป ส่วนตะกอนที่ได้นำมาเติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมแอสซิเตตเข้มข้น 1 M pH 6.0 ที่มี โซเดียมคลอไรด์ 6% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำตะกอนที่ละลายแล้วมาปรับให้มี pH เท่ากับ 8.2 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 N แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 x g นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้ไป dialyze ด้วยน้ำ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารละลายเอนไซม์ที่ได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PG ได้ทันที ส่วนสารละลายเอนไซม์ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PME ต้องนำไปปรับให้สารละลายมีค่า pH เท่ากับ 7.5 ก่อนนำไปวิเคราะห์

12.2 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PME ทำตามวิธีการของ Hagerman and Austin (1986) ซึ่งเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนสีของสารละลายซึ่งเกิดจากหมู่ H^+ ของกรด uronic ที่ได้

จากปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ PME ทำให้ pH ของสารละลายลดลง มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของ bromthymol blue ที่ใช้เป็น indicator ดังนั้นสารละลายที่ใช้ทั้งหมดในการวิเคราะห์ (เพกทิน น้ำ และ bromthymol blue) ต้องปรับให้มี pH เท่ากับ 7.5 ด้วย NaOH 2 N ก่อนเริ่มปฏิกิริยาเพื่อให้มี pH เริ่มต้นเท่ากัน

นำหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายเพกทินเข้มข้น 0.5% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร สารละลาย bromthymol blue เข้มข้น 0.01% (เตรียมในสารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมฟอสเฟต pH 7.5 เข้มข้น 0.003 M) 0.2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.7 มิลลิลิตร นำไป incubate ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่มีน้ำไหลเวียน ปฏิกิริยาเริ่มเมื่อใส่เอนไซม์ที่สกัดได้ 0.1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วย mixer (ปริมาตรสุทธิ 3 มิลลิลิตร) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร (A_{620}) หลังจากใส่เอนไซม์ที่สกัดได้ลงไป 1 นาที ส่วน blank ใช้ น้ำกลั่นแทนเอนไซม์ PME ที่สกัดได้เปลี่ยนค่า A_{620} ที่ได้เป็นไมโครโมลของกรดที่ถูกปลดปล่อย เนื่องจากปฏิกิริยาของ PME โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอซิดิกที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0 – 0.8 ไมโครโมล (ภาพภาคผนวกที่ 2) ซึ่งผ่านปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีเดียวกัน

วัดปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นสารมาตรฐาน (ภาพภาคผนวกที่ 4) คำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PME เป็นนาโนโมลของกรดแอซิดิก/ไมโครกรัมโปรตีน/นาที

12.3 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PG ทำตามวิธีการของ Yoshida *et al.* (1984)

โดยนำสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้เติมลงในสารละลายที่ส่วนผสมของสารละลายกรด polygalacturonic (เพกทินจากผลส้ม จากบริษัท Sigma, P9135) เข้มข้น 0.5% สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 M และสารละลายบัฟเฟอร์ โซเดียมแอซิเตต pH 4.5 เข้มข้น 0.4 M อย่างละ 0.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เข้มข้น 30 % (ในสารละลาย $Na_2S_2O_3$ เข้มข้น 5%) ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร และสารละลาย 3,6 – dinitro-phthalic acid monopyridium salt ความเข้มข้น 0.3% ลงไปอย่างละ 0.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำออกมาวางให้เย็น เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร เทียบกับ blank ซึ่งใช้สารละลายบัฟเฟอร์แทนสารละลายเอนไซม์ นำค่า A_{450} ที่ได้มาคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PG โดยเทียบกับกราฟ

มาตรฐานของกรด D-galacturonic ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0 – 500 นาโน โมล (ภาพภาคผนวกที่ 3) ซึ่งผ่านปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีเดียวกัน

วัดปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นสารมาตรฐาน (ภาพภาคผนวกที่ 4) คำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PG เป็นนาโนโมลของ D-galacturonic acid/ไมโครกรัมโปรตีน/นาที

13. ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ pectate lyase (PL) ที่เปลือกของกล้วยไข่ทั้งที่บริเวณโคนผลและกลางผล ดัดแปลงตามวิธีการของ Payasi and Sanwal (2003) มีขั้นตอนดังนี้

13.1 การสกัดเอนไซม์ PL นำเปลือกกล้วยไข่ 4 กรัม เติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.02 M pH 7.0 (ที่มีส่วนผสมของ Triton X – 100 เข้มข้น 1%) ที่เย็น ปั่นด้วย homogenizer จนละเอียด นำไปเหี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 x g นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายเอนไซม์ที่เหี่ยงแยกออกมาได้ไปวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ PL

13.2 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PL โดยนำสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ 1.5 มิลลิลิตร เติมลงในสารละลายที่มีส่วนผสมของสารละลายกรด polygalacturonic (เพกทินจากผลส้มจากบริษัท Sigma, P9561) เข้มข้น 1% (ในสารละลายบัฟเฟอร์ Tris – HCl เข้มข้น 0.05 M pH 8.5) 2.5 มิลลิลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาด้วยสารละลาย $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 9% และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 M อย่างละ 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะเกิดลักษณะเป็นวุ้นขึ้น นำไปเหี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 x g นาน 10 นาที นำส่วนใสที่ได้ 2.5 มิลลิลิตร เติมลงในสารละลายที่มีส่วนผสมของสารละลายกรดไฮโอบาร์บิทรिक ความเข้มข้น 0.04 M ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร สารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวางไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำออกมาแช่น้ำเย็นทันที ทิ้งไว้ให้หายเย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร เทียบกับ blank ซึ่งใช้สารละลายบัฟเฟอร์ Tris – HCl เข้มข้น 0.05 M pH 8.5 แทนสารละลายเอนไซม์ นำค่า A_{550} ที่ได้ มาคำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น เทียบกับหลอดควบคุม

ซึ่งจะเติมสารละลายเอนไซม์หลังจากหยุดปฏิกิริยาแล้ว โดยให้ 1 ยูนิตของเอนไซม์ PL คือ ปริมาตรของเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงไป 0.01

วัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นสารมาตรฐาน (ภาพภาคผนวกที่ 5) คำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PL เป็น ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน

14. ปริมาณเส้นใย (fiber) ในเปลือกบริเวณโคนผลและกลางผลของกล้วยไข่ ดัดแปลงตามวิธีการของ Śmiechowska and Dmowski (2006) โดยนำเปลือกสดของกล้วยไข่หนัก 50 กรัม มาต้มในสารละลายกรด H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.255 M ที่กำลังเดือด โดยต้มนาน 30 นาที จากนั้นนำเนื้อเยื่อมาล้างด้วยน้ำร้อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh แล้วนำเนื้อเยื่อไปต้มในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.313 M ที่กำลังเดือด โดยต้มเนื้อเยื่อนาน 30 นาที จากนั้นนำเนื้อเยื่อมาล้างด้วยน้ำร้อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh จนเหลือแต่เส้นใยบนตะแกรงแล้วจึงล้างเส้นใยที่เหลือบนตะแกรงด้วยแอลกอฮอล์ 95 % นำเส้นใยที่เหลือไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของเส้นใยที่เหลือ น้ำหนักที่ได้นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เส้นใยในเนื้อเยื่อเทียบกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ดังนี้

14.1 เปอร์เซนต์เส้นใย (เทียบกับน้ำหนักสด)

$$\% \text{ เส้นใย} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยหลังจากอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักสดของตัวอย่าง}}$$

14.2 เปอร์เซนต์เส้นใย (เทียบกับน้ำหนักแห้ง) ทำการหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่าง 5 กรัม มาอบในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำมาคำนวณเปอร์เซนต์เส้นใยเทียบกับน้ำหนักแห้งของแต่ละตัวอย่าง ดังนี้

$$\% \text{ เส้นใย} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยหลังจากอบ} \times 100}{10 \times \text{น้ำหนักแห้ง}}$$

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

งานวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือน ตุลาคม 2547 – สิงหาคม 2548

ผล

ความชื้นสัมพัทธ์ ในห้องทำการทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งมีการใช้ถุงพลาสติกคลุมตะกร้าที่วางกล้วย ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำเป็นระยะบรรยากาศรอบผลกล้วยมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ 92.4 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดคือ 94.6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดการทดลองคือ 93.5 ± 0.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในห้องทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำโดยใช้เครื่องดูดความชื้น ร่วมกับการใช้ silica gel ที่เปลี่ยนทุก 4 ชั่วโมง พบว่า ความชื้นของบรรยากาศรอบผลกล้วย มีค่าต่ำสุด คือ 64.04 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสูงสุด คือ 74.6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดการทดลองคือ 67.8 ± 2.6 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 1)

อุณหภูมิ บรรยากาศรอบผลกล้วยที่สูงทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีอุณหภูมิอยู่ในระดับใกล้เคียงกันคือ 25 – 26 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) โดยในห้องทำการทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 24.9 และสูงสุดคือ 25.6 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองคือ 25.2 ± 0.2 องศาเซลเซียส ส่วนในห้องทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 24.9 และสูงสุดคือ 25.7 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 25.2 ± 0.2 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

การเปลี่ยนแปลง (ค่า L) สีผิวของเปลือก ผลกล้วยไข่ที่สูงทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีการเปลี่ยนแปลงค่า L ของผิวเปลือกใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 9 (ตารางภาคผนวกที่ 1) เมื่อผลกล้วยสุกเพิ่มขึ้น ค่า L ค่อยๆ เพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดในวันที่ 3 ของการสุก คือ ประมาณ 73 และเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ของการสุก มีค่าต่ำสุดในวันที่ 9 ของการสุก คือ ประมาณ 33 (ภาพที่ 3A)

การเปลี่ยนแปลง (ค่า L) ของสีเนื้อ ผลกล้วยไข่ที่สูงทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อกล้วยไข่สุกเพิ่มขึ้น ค่า L ลดลง โดยจะลดลงจากค่าสูงสุดในวันที่ 0 ของการสุก คือ 68.9 ลดลงเหลือประมาณ 59.6 ในวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 3B) การเปลี่ยนแปลงค่า L ของสีเนื้อ มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2)

การเปลี่ยนแปลง (ค่า b) ของสีผิวเปลือก ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีค่า b ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติยกเว้นในวันที่ 4 และ 9 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 3) โดยค่า b ค่อยๆ เพิ่มขึ้น จาก 31.16 ในวันที่ 0 จนมีค่าสูงสุดประมาณ 34 – 35 ในวันที่ 3 ของการสุก หลังจากนั้นค่า b จะลดต่ำลงเรื่อยๆ จนต่ำสุดในวันที่ 9 ของการสุก (ภาพที่ 4A)

การเปลี่ยนแปลง (ค่า b) ของสีเนื้อ การเปลี่ยนแปลงค่า b ของสีเนื้อ ตลอดระยะเวลาการสุกของผลกล้วยไข่ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 2 ระดับ มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางสถิติยกเว้นในวันที่ 4 ของการทดลอง (ตารางภาคผนวกที่ 4) เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น ค่า b ค่อยๆ ลดลง โดยลดลงจากค่าสูงสุดในวันที่ 0 คือ 28.9 ลดลงเหลือประมาณ 26 ในวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 4B)

ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือก ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกไปในทิศทางเดียวกัน คือ ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกมีค่าลดลงเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น โดยมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันแรกของการสุกและตั้งแต่วันที่ 2 เป็นต้นไป ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 4 (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง (ภาพที่ 5A)

ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่ไม่มีเปลือก กล้วยไข่ที่เก็บรักษาทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีค่าความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่ไม่มีเปลือกค่อยๆ ลดลงเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น โดยมีค่าใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 6) โดยลดลงจาก 15.5 นิวตันในวันที่ 0 เหลือประมาณ 9 นิวตันในวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 5B)

ปริมาณ soluble solids (SS) ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีปริมาณ SS เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 0 ถึงวันที่ 2 ของการสุก หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 6A) ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 7)

ปริมาณ Titratable Acidity (TA) เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นปริมาณ TA ลดลงทั้งในสภาพการสุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง โดยปริมาณ TA ลดลงจาก 0.09% ในวันที่ 0 เหลือเพียง 0.04% ในวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 6B) ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีปริมาณ TA ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

ความหวาน ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีความหวานเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุกมากขึ้น โดยความหวานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา จากนั้นความหวานค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 7) โดยกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 2 สภาพมีคะแนนความหวานใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 9)

ความฝาด กล้วยไข่ที่สุกทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีความฝาดลดลงเมื่อผลสุกมากขึ้น โดยความฝาดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 วันแรกของการสุก จากนั้นความฝาดค่อนข้างจะคงที่ (ภาพที่ 7) โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 2 สภาพมีคะแนนความฝาดใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

เนื้อสัมผัส เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นเนื้อสัมผัสของเนื้อกล้วยจะมากขึ้น (ภาพที่ 7) โดยกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 2 สภาพมีคะแนนเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

กลิ่น ผลกล้วยไข่สุกที่สุกนานมากขึ้นมีกลิ่นผิดปกติเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 7) โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 2 สภาพมีคะแนนกลิ่นที่ผิดปกติใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 12)

รสชาติ ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีรสชาติผิดปกติเล็กน้อยในวันที่ 3 – 4 ของการสุก จากนั้นรสชาติของผลกล้วยสุกจะผิดปกติมากขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 7) โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้งต่ำและสูงมีคะแนนรสชาติที่ผิดปกติใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 13)

ความชอบ ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นในช่วง 3 วันแรกของการสุก จากนั้นความชอบลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บ

รักษา (ภาพที่ 7) โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ทั้งต่ำและสูง มีคะแนนความชอบใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 14)

การเกิด finger drop ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีการหลุดร่วงมากขึ้นเมื่อผลกล้วยสุกมากขึ้น โดยเริ่มเกิดการหลุดร่วงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาและมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาของการสุกนานขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.56 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 3 เป็น 89.55 เปอร์เซ็นต์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไม่เกิดการหลุดร่วงในช่วง 9 วันของการสุก (ภาพที่ 8A) โดยการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ที่เก็บรักษาในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่างกัน มีการเกิด finger drop ที่แตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลอง (ตารางภาคผนวกที่ 15)

แรงต้านทานการหลุดร่วง (resistance to finger drop) ผลกล้วยไข่ที่สุกทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแรงต้านทานการหลุดร่วงลดลงเมื่อผลกล้วยสุกมากขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วใน 2 วันแรกของการสุก จากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนถึงวันสุดท้ายของการสุก โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีแรงต้านทานการหลุดร่วงสูงกว่าผลกล้วยไข่ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (ภาพที่ 8B) ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงจะมีค่าแรงต้านทานการหลุดร่วงแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 3, 5, 7, 8 และ 9 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 16)

การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง จะมีการสูญเสียน้ำหนักของทั้งหวีเพิ่มมากขึ้น เมื่อการสุกนานมากขึ้น โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะสูญเสียน้ำหนักของทั้งหวีสูงกว่าผลกล้วยไข่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (ภาพที่ 9) ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 1 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 17)

ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อ (water content, WC) ของเปลือกกล้วยไข่ ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีปริมาณน้ำในเปลือกทั้งส่วนกลางผลและโคนผลต่ำกว่ากล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง เมื่อระยะเวลาสุกของผลกล้วยไข่นานมากขึ้น ปริมาณของน้ำในเปลือกทั้ง 2 สภาพการสุกลดลงเรื่อยๆ (ภาพที่ 10) ปริมาณของน้ำในเปลือกกล้วยไข่ที่สุกภายใต้

สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติใน 4 วันแรกของการสุก หลังจากนั้นจะมีค่าแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 5 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 18)

ปริมาณเพกทิน

ปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำ (WSP) กล้วยไข่ที่สูงทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำของเปลือกผลกล้วยไข่ทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นจนถึงประมาณวันที่ 5 ของการทดลอง จากนั้นจะมีปริมาณลดต่ำลง (ภาพที่ 11) ปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำในเปลือกของกล้วยไข่ทั้งส่วนโคนผลและกลางผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในช่วง 2 วันแรกของการสุก ส่วนตั้งแต่วันที่ 3 เป็นต้นไป ปริมาณเพกทินในเปลือกกล้วยมีค่าต่างกันทางสถิติ โดยเปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำสูงกว่าเปลือกบริเวณกลางผลที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันและเปลือกกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางภาคผนวกที่ 19)

ปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA (CSP) กล้วยไข่ที่สูงทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพกทินที่ละลายใน CDTA ของเปลือกกล้วยไข่ทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลไปในทิศทางเดียวกัน คือเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกจะมีปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ลดลงในช่วงแรกของการสุก จากนั้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการสุก (ภาพที่ 12) ปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ในเปลือกทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลของกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีปริมาณแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 1 ของการสุกโดยเปลือกบริเวณกลางผลของกล้วยไข่สูงที่เก็บรักษาทั้งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีปริมาณสูงกว่าเปลือกบริเวณโคนผล และเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ต่ำสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 20)

ปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนต (SSP) กล้วยไข่ที่สูงทั้งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลมีปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตลดลง (ภาพที่ 13) ปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตในเปลือก ทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีปริมาณแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 1 ของการสุกแต่ไม่แตกต่างกันในวันที่ 4 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 21) โดยเปลือกบริเวณกลางผลมีปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตสูงกว่าเปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง ปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตพบน้อยที่สุดในเปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง

กิจกรรมเอนไซม์ของเปลือกกล้วยไข่

กิจกรรมเอนไซม์ PME ของเปลือกกล้วยไข่บริเวณโคนผลและกลางผลทั้งที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือ มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น และจะมีกิจกรรมลดลงในช่วงหลังของการสุก โดยพบว่าผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME ลดลงก่อนกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงเริ่มลดลงในวันที่ 5 – 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 14) เปลือกผลกล้วยไข่บริเวณโคนผลและกลางผลมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME แตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 8 ของการสุกและมีกิจกรรมไม่แตกต่างกันในวันที่ 9 ของการสุก โดยเปลือกทั้งบริเวณโคนผลและกลางผลกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME เพิ่มขึ้นสูงกว่าเปลือกของกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ตารางภาคผนวกที่ 22) และเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME เพิ่มขึ้นมากที่สุด

กิจกรรมเอนไซม์ PG ของเปลือกผลกล้วยไข่บริเวณโคนผลและกลางผลทั้งที่สูงภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ วันแรกมีกิจกรรมของ PG ต่ำ และค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น กิจกรรมเอนไซม์ PG สูงสุดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการสุก (ภาพที่ 15) กิจกรรมของเอนไซม์ PG

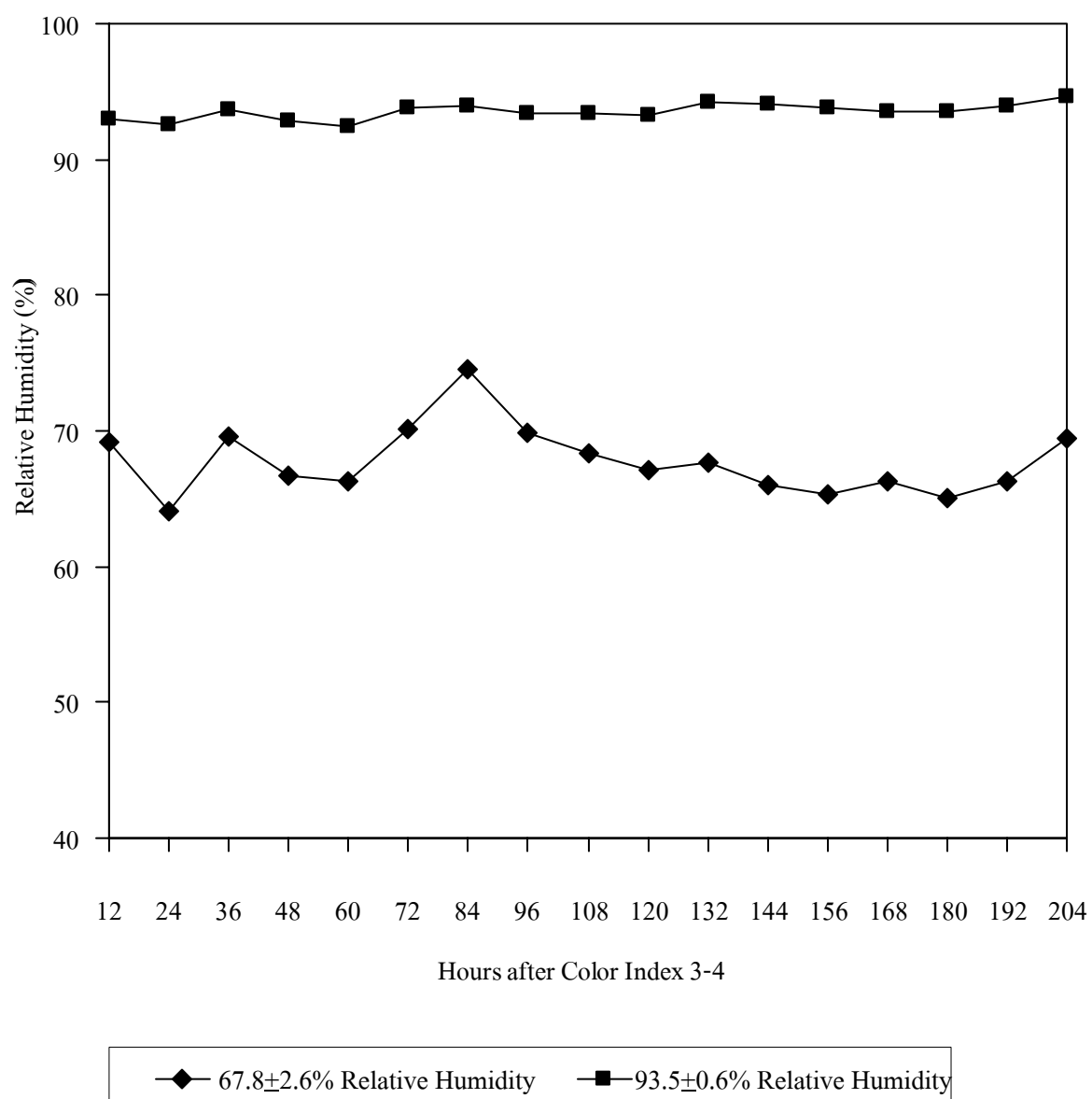
ของเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีความแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา โดยมีกิจกรรมเอนไซม์ PG สูงกว่าเปลือกบริเวณกลางผล และโคนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ตารางภาคผนวกที่ 23)

กิจกรรมเอนไซม์ PL ของเปลือกผลกล้วยไข่บริเวณโคนผลและกลางผลทั้งที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น ซึ่งจะมีกิจกรรมเพิ่มสูงสุดในวันที่ 4 – 5 ของการสุกจากนั้นในเปลือกกล้วยไข่จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ PL ลดลง (ภาพที่ 16) โดยเปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงทั้งส่วนโคนผลและกลางผล มีกิจกรรมของเอนไซม์ PL เพิ่มขึ้นสูงกว่าเปลือกของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 2, 4 และ 9 ของการสุก (ตารางภาคผนวกที่ 24) โดยเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PL เพิ่มขึ้นสูงที่สุด

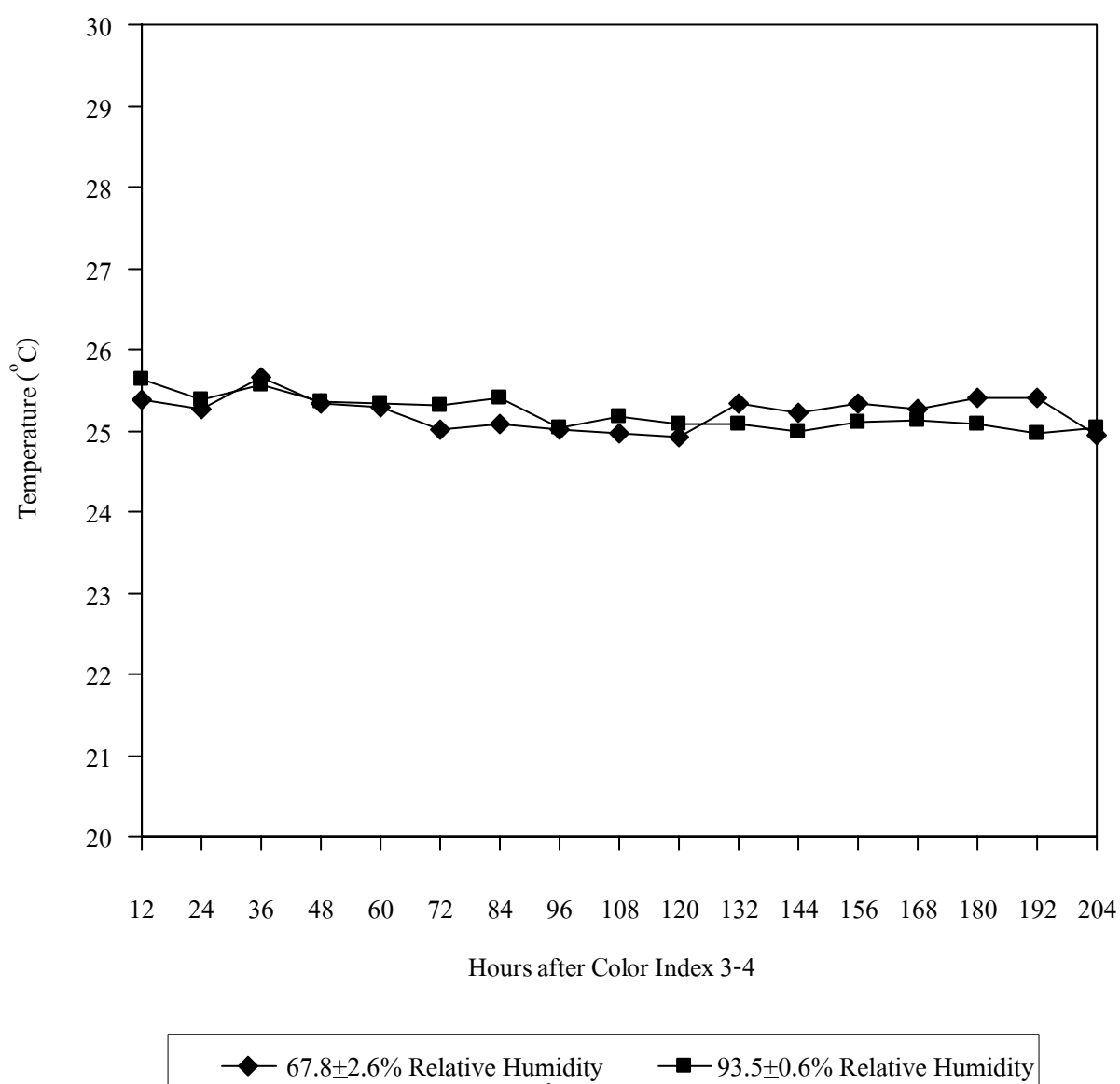
ปริมาณเส้นใยในเปลือกกล้วยไข่

ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกทั้งบริเวณโคนผลและกลางผลมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยเปลือกบริเวณโคนผลมีปริมาณเส้นใยมากกว่าเปลือกบริเวณกลางผล และเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใยมากที่สุด (ภาพที่ 17) และมีความแตกต่างทางสถิติจากเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 25)

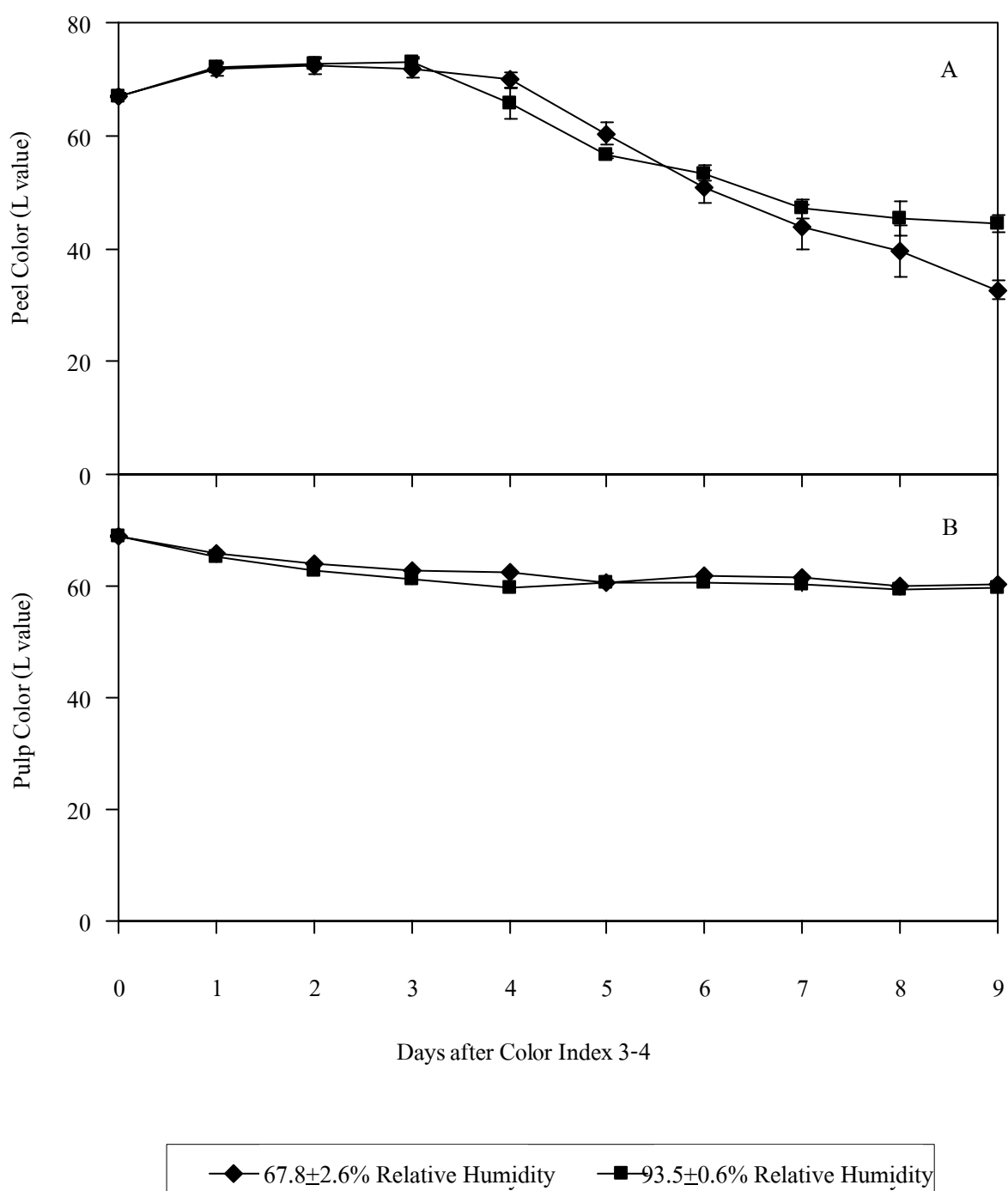
ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง) เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกมีปริมาณเส้นใยทั้งในส่วนโคนผลและกลางผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก โดยเปลือกบริเวณโคนผลมีปริมาณเส้นใยมากกว่าเปลือกบริเวณกลางผล และเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใยมากที่สุด (ภาพที่ 18) และมีความแตกต่างทางสถิติจากเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงในวันที่ 2 และ 7 ของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 26)



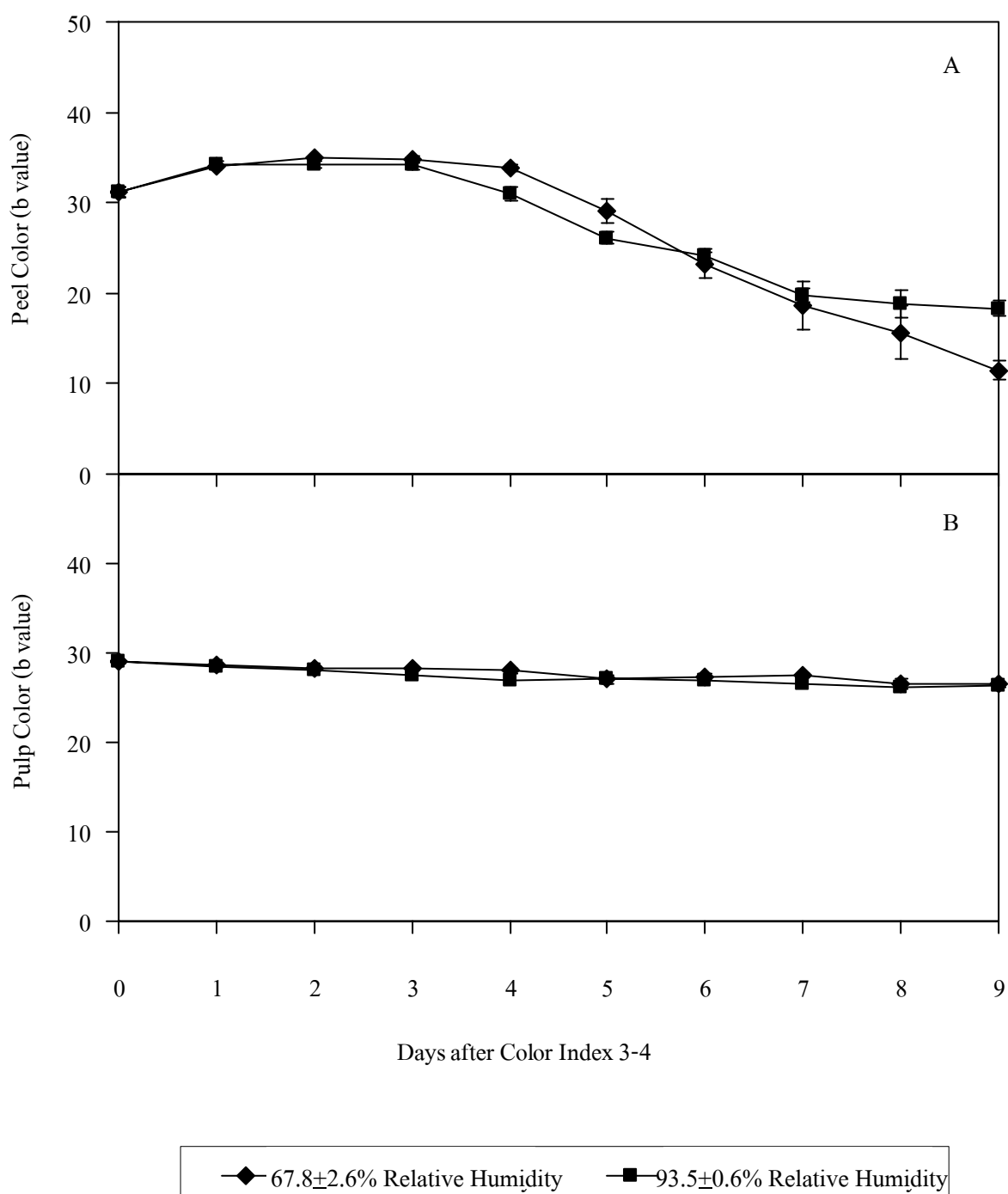
ภาพที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบผลกล้วยไ้ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



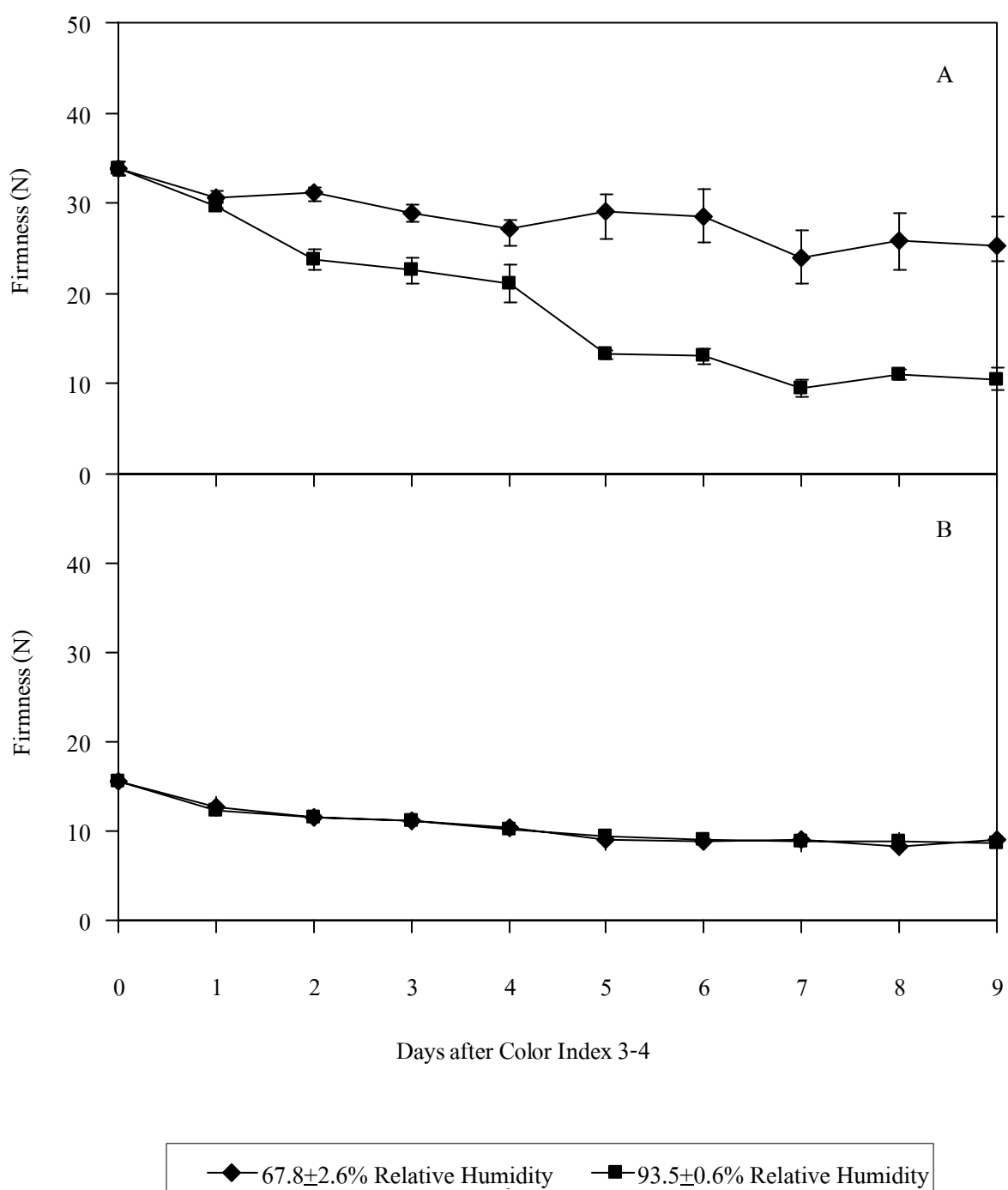
ภาพที่ 2 อุณหภูมิของบรรยากาศรอบผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



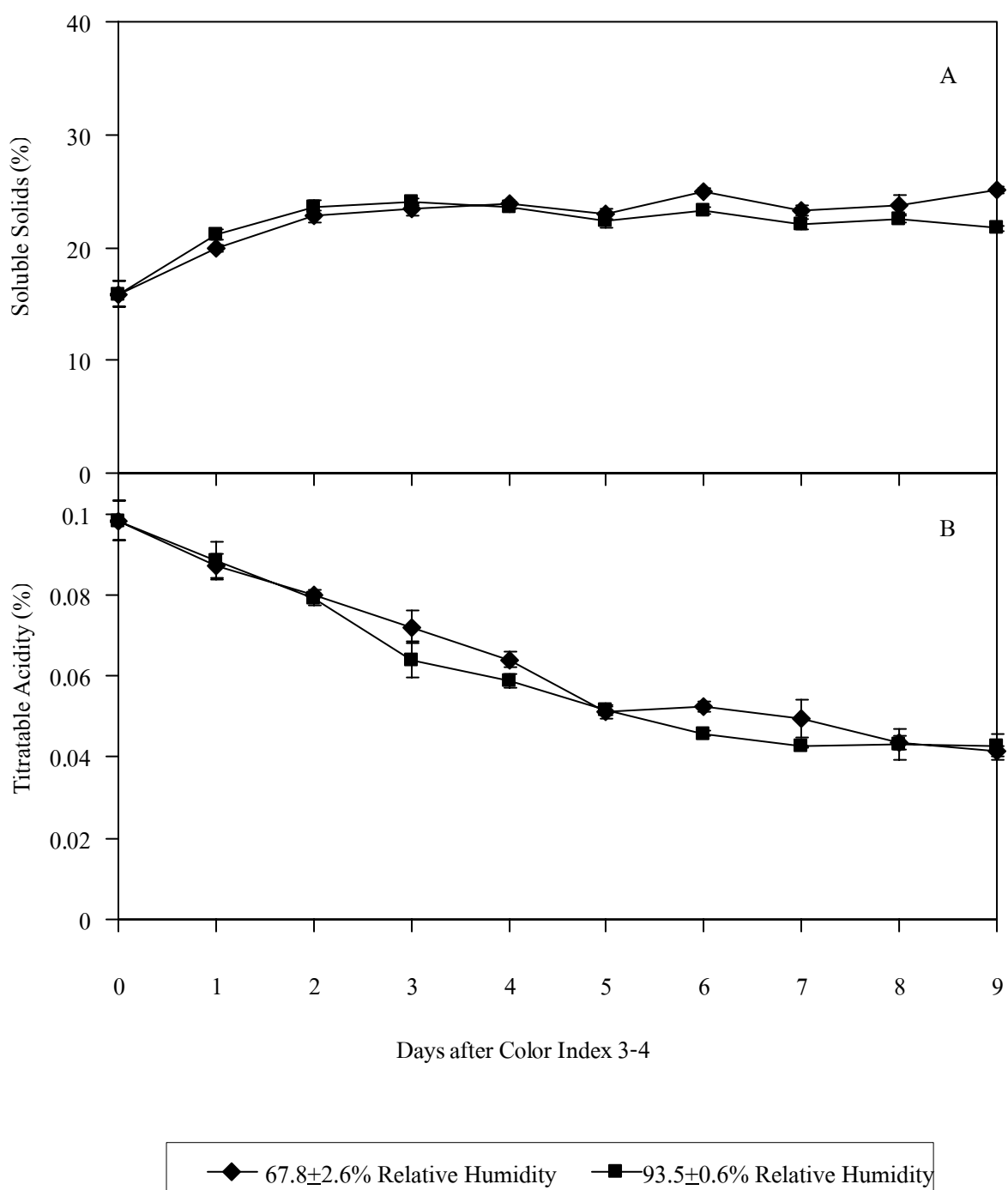
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L) ผิวเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



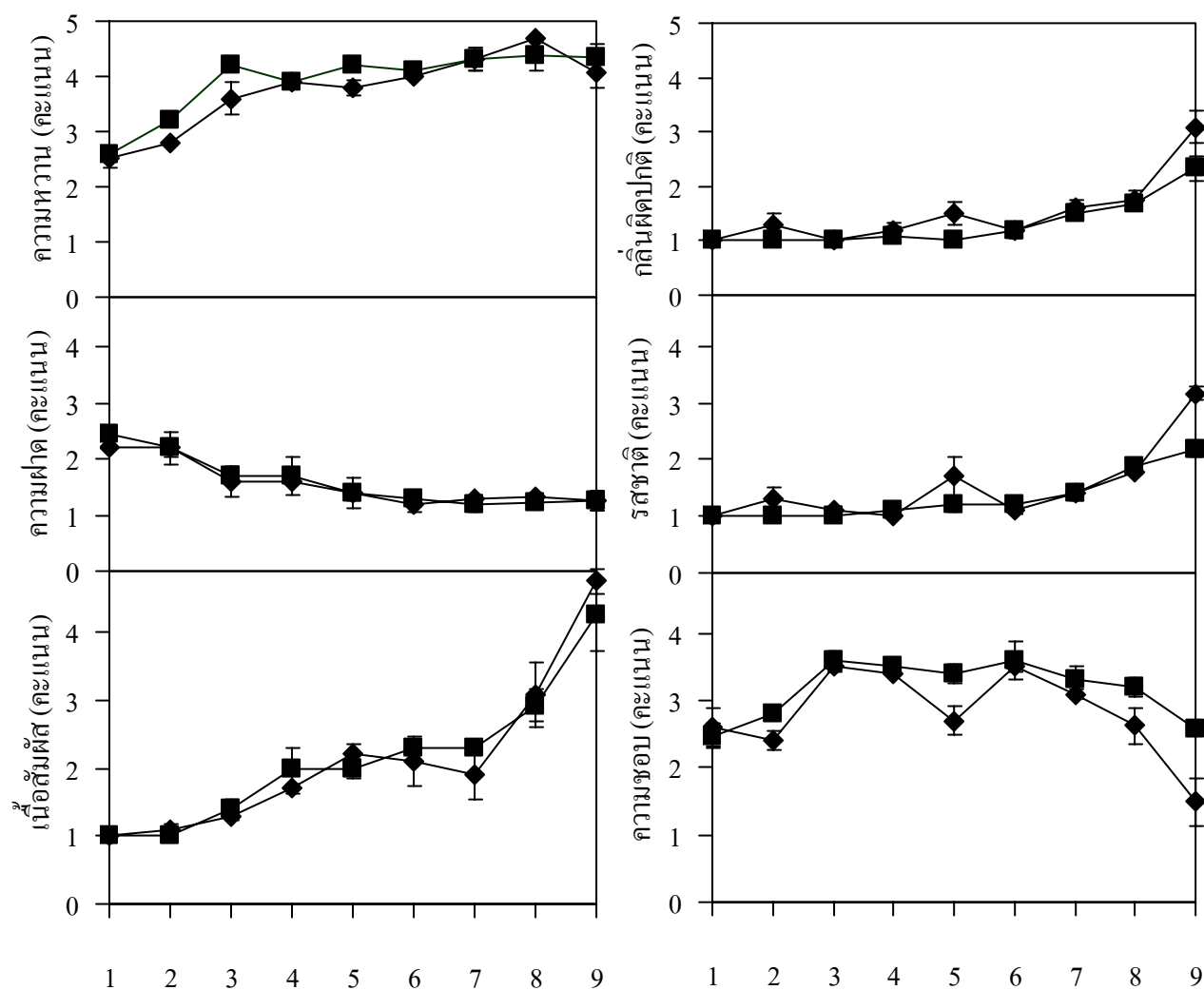
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า b) ผิวเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



ภาพที่ 5 ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือก(A) และไม่มีเปลือก (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



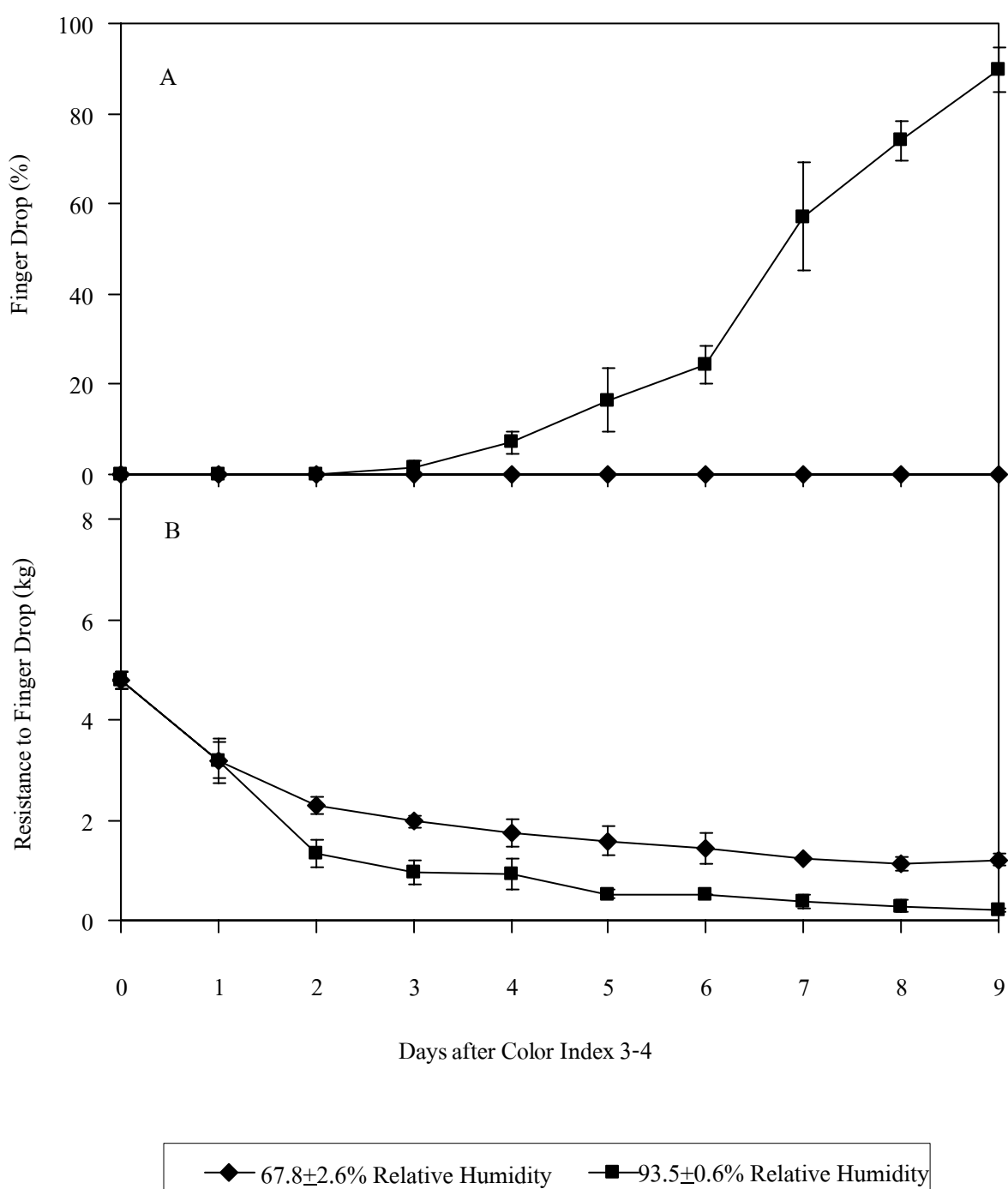
ภาพที่ 6 ปริมาณ soluble solids (A) และปริมาณ titratable acidity (B) ของผลกล้วยไ้ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



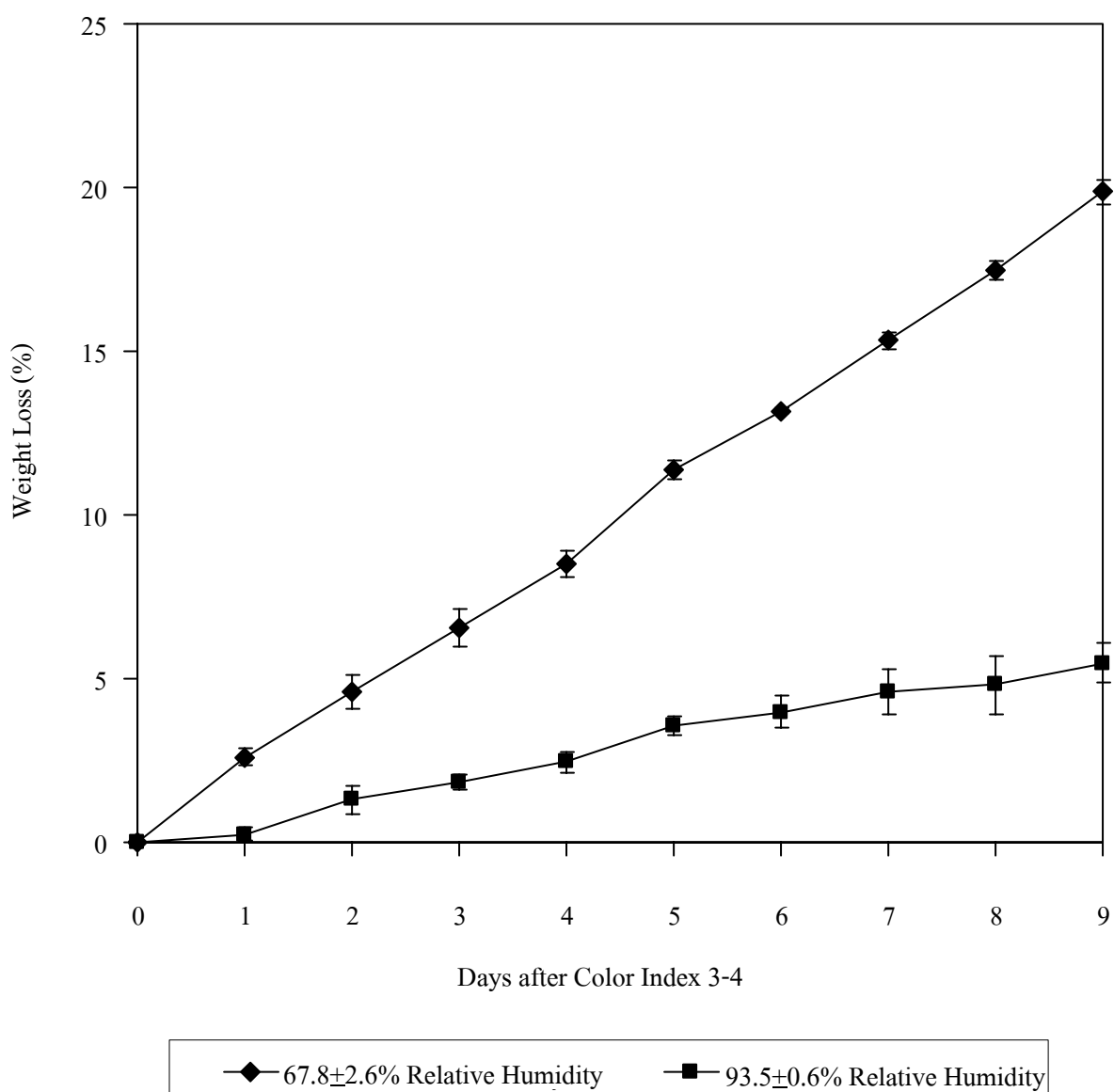
Days after Color Index 3-4

—◆— 67.8±2.6% Relative Humidity —■— 93.5±0.6% Relative Humidity

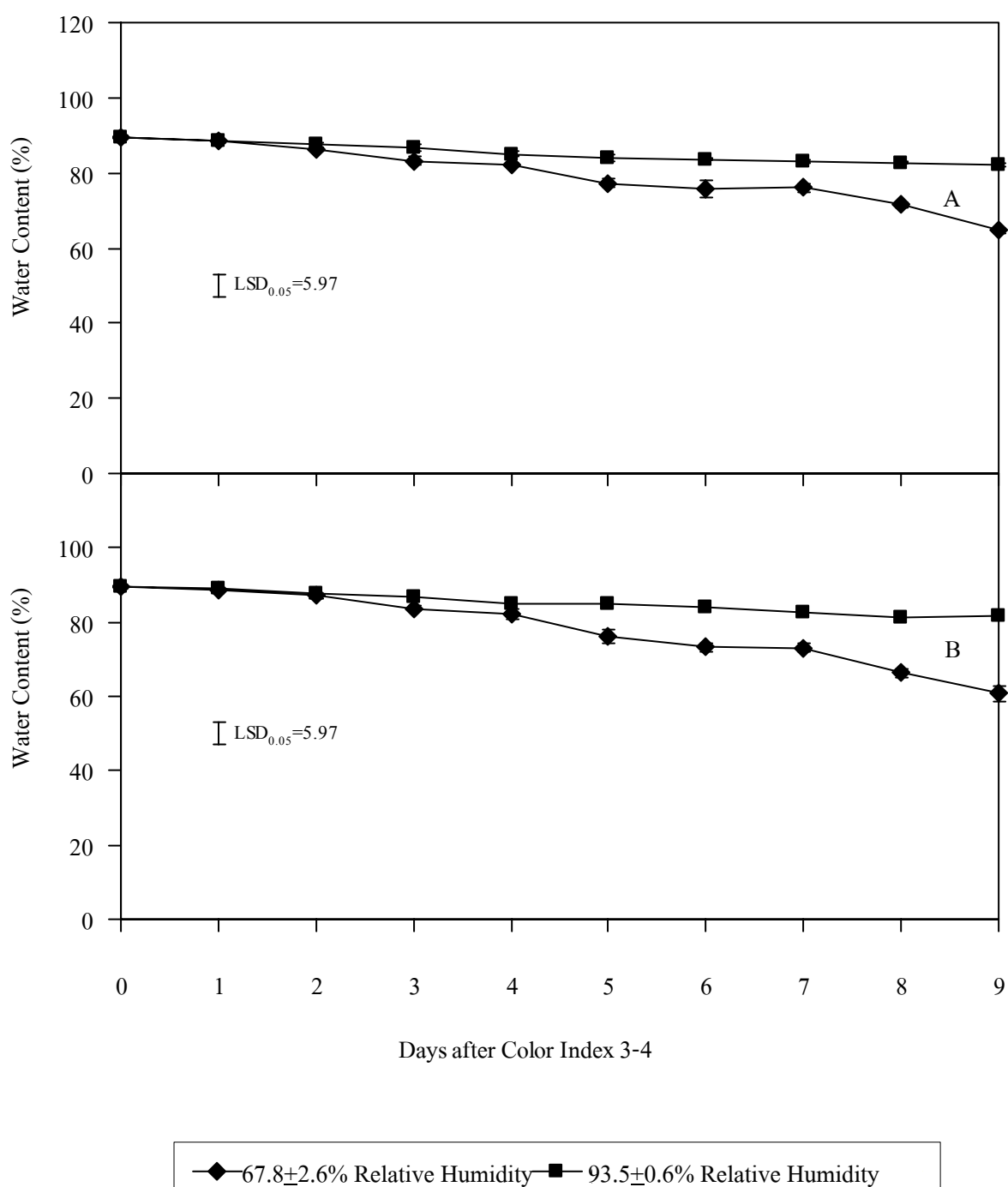
ภาพที่ 7 คะแนนคุณภาพการรับประทานของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



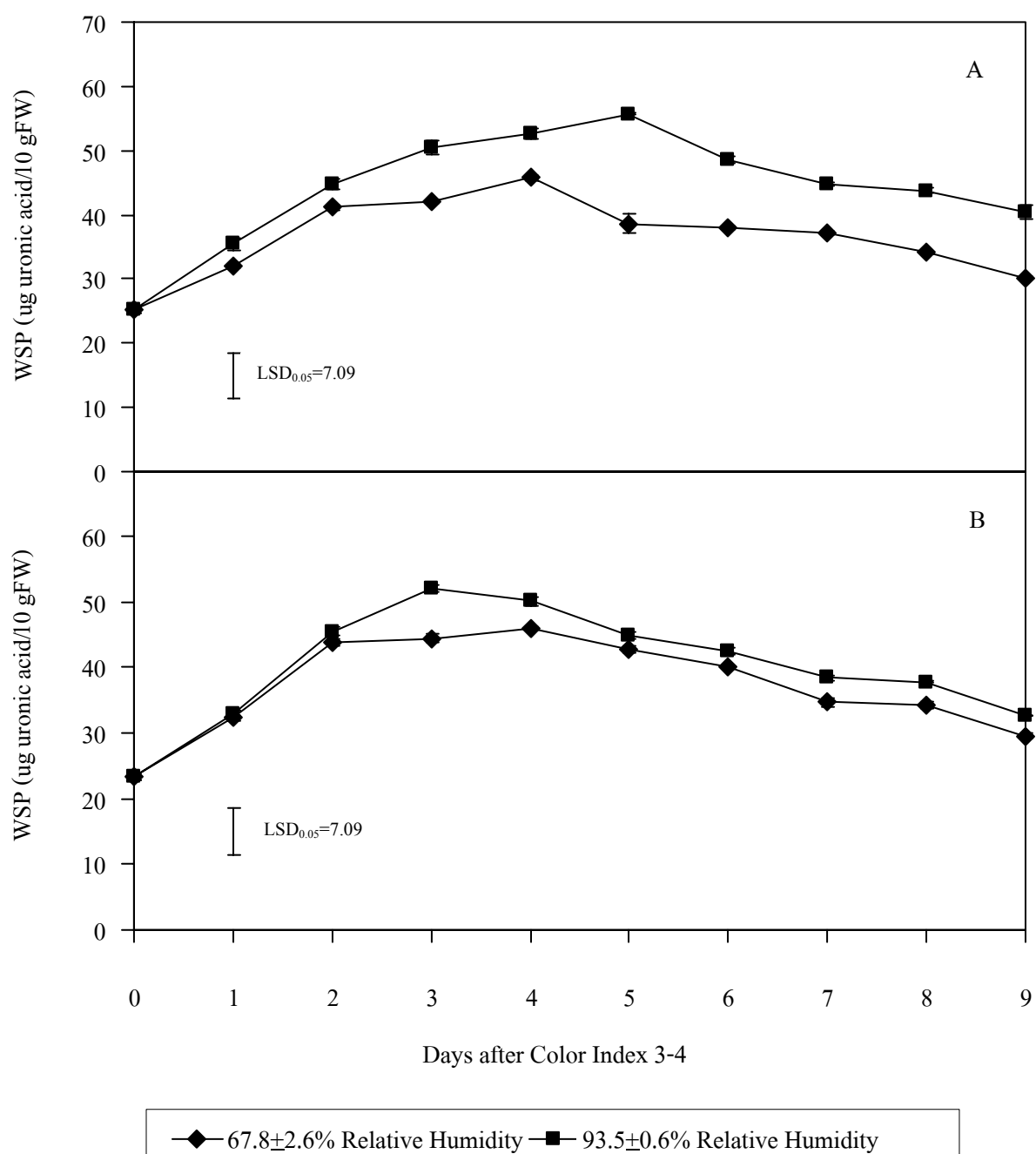
ภาพที่ 8 การหลุดร่วง (A) และแรงต้านทานการหลุดร่วง (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุก ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)



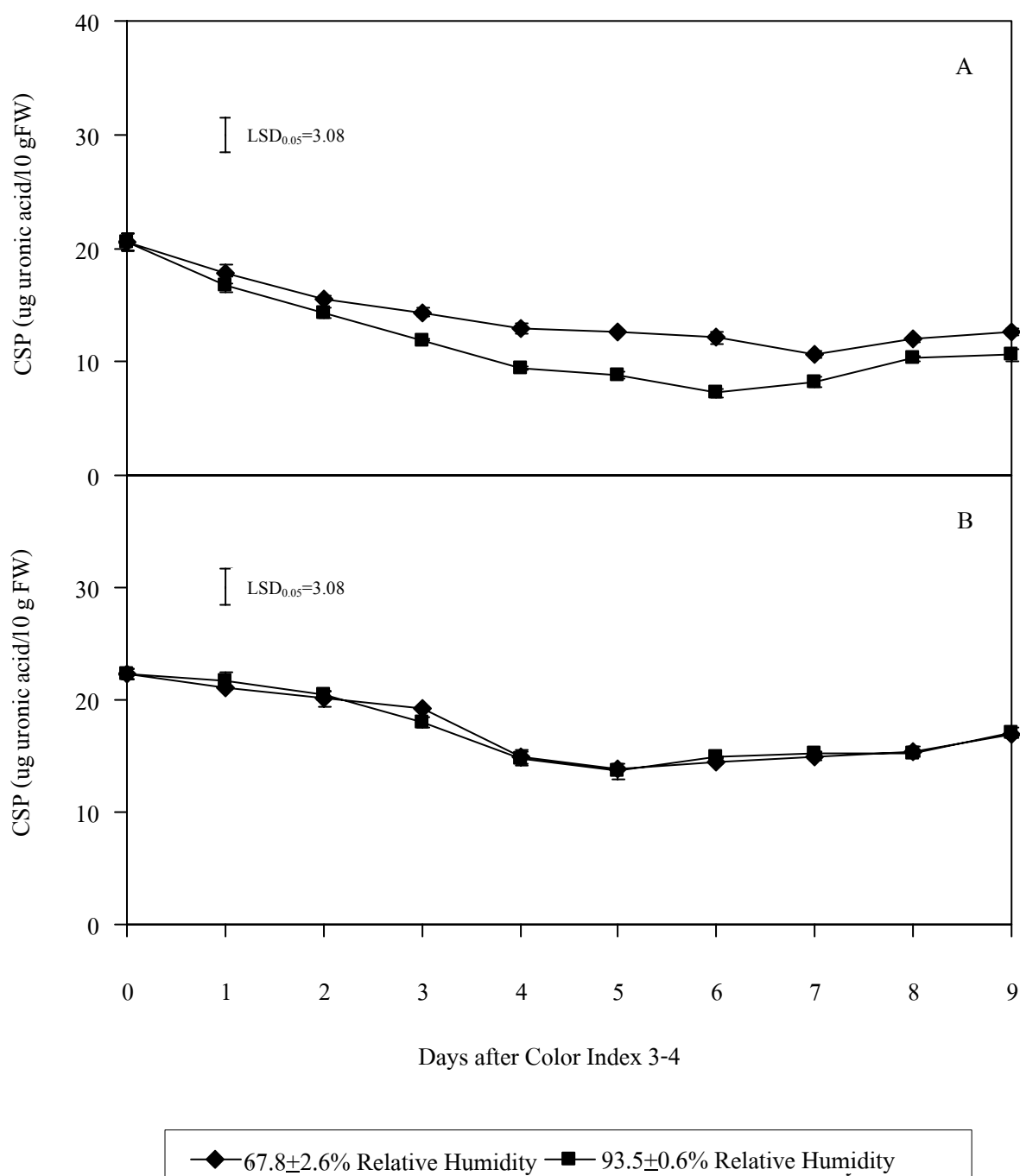
ภาพที่ 9 การสูญเสียน้ำหนักของกล้วยทั้งหวี ของผลกล้วยไประหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)



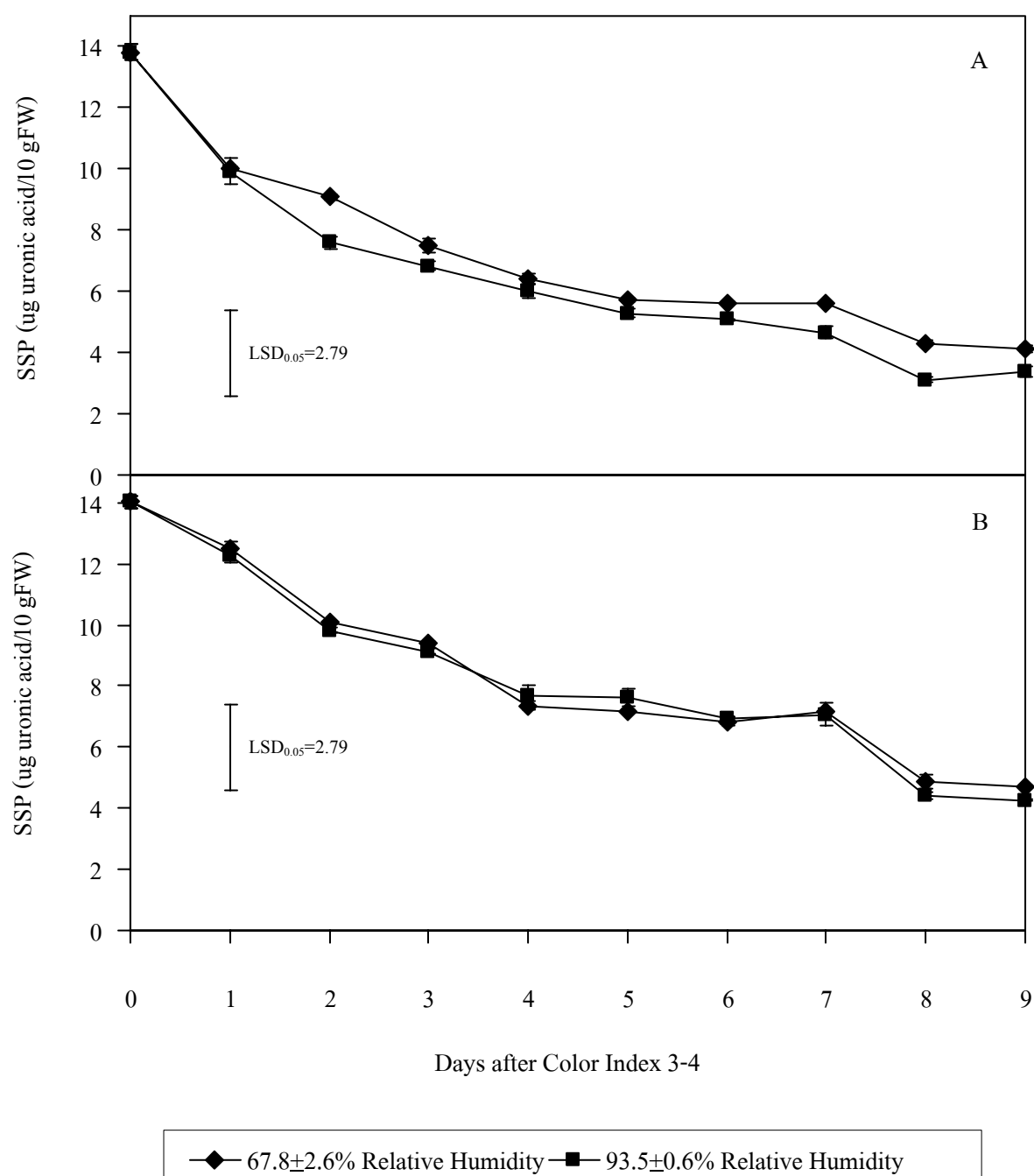
ภาพที่ 10 ปริมาณ water content ที่เปลือกบริเวณ โคนผล (A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไข่ ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)



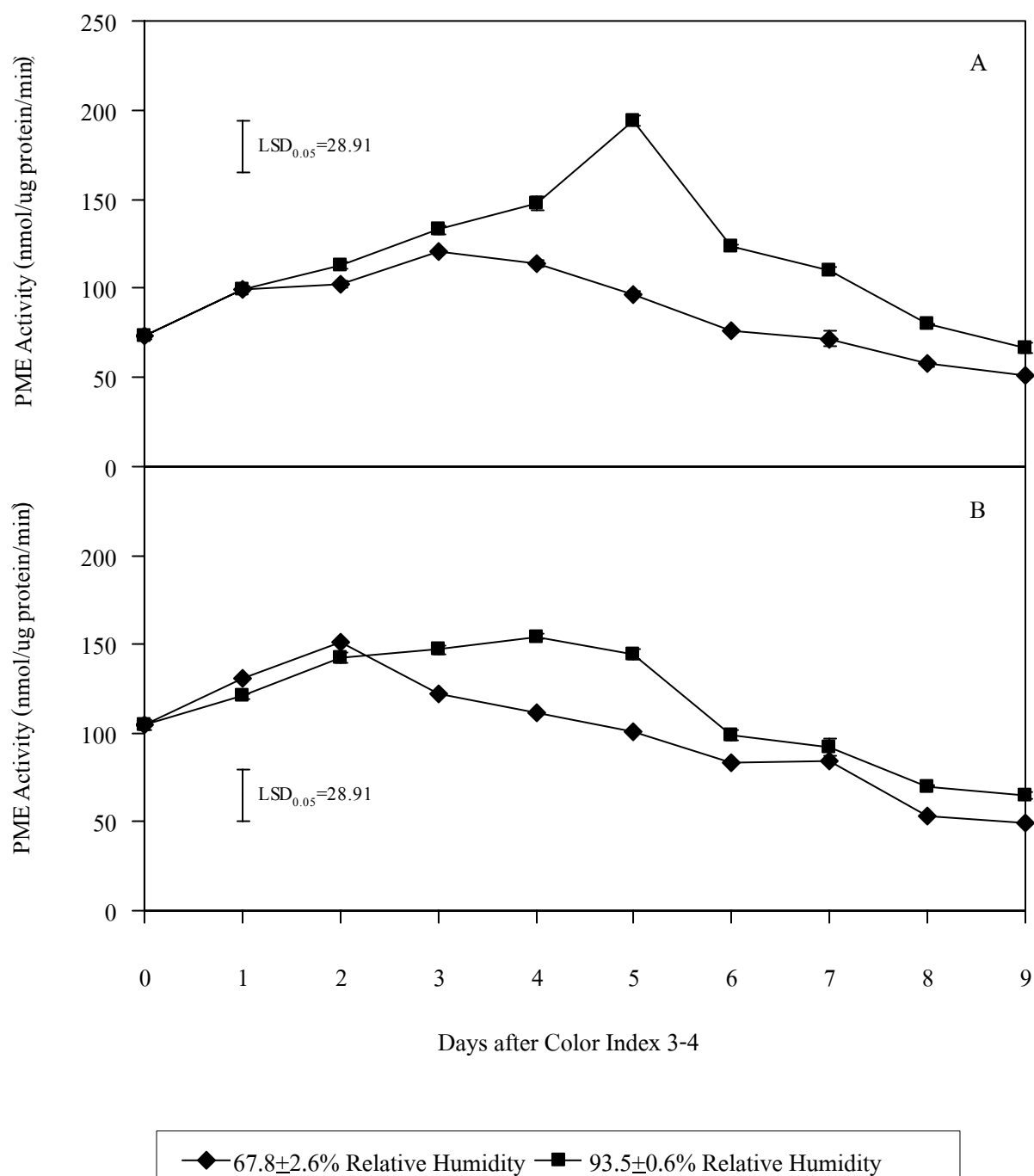
ภาพที่ 11 ปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำในเปลือกบริเวณ โคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไข่ ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



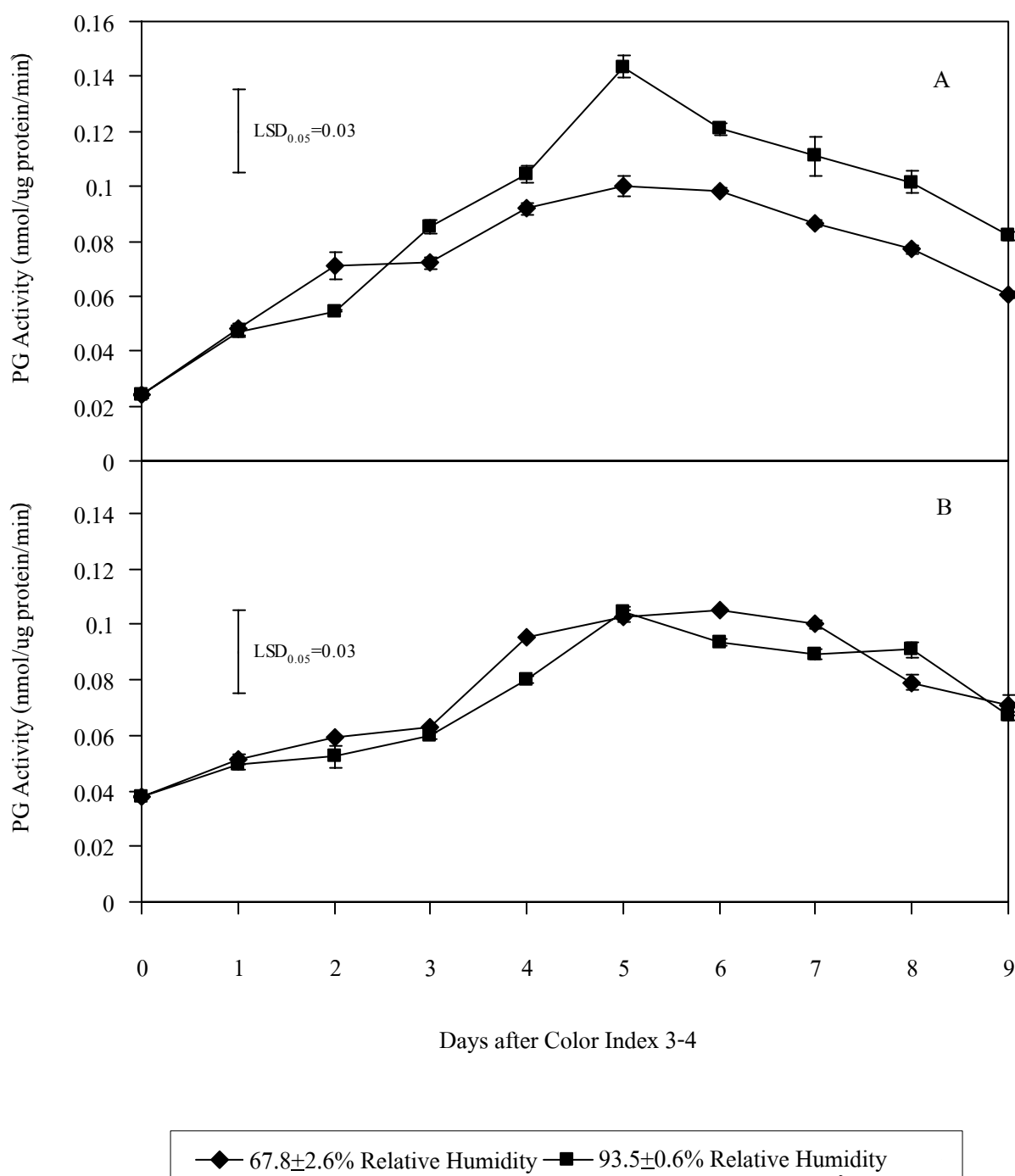
ภาพที่ 12 ปริมาณเพกทินที่ละลายใน CDTA ของเปลือกบริเวณ โคนผล(A) และกลางผล (B) ของ ผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



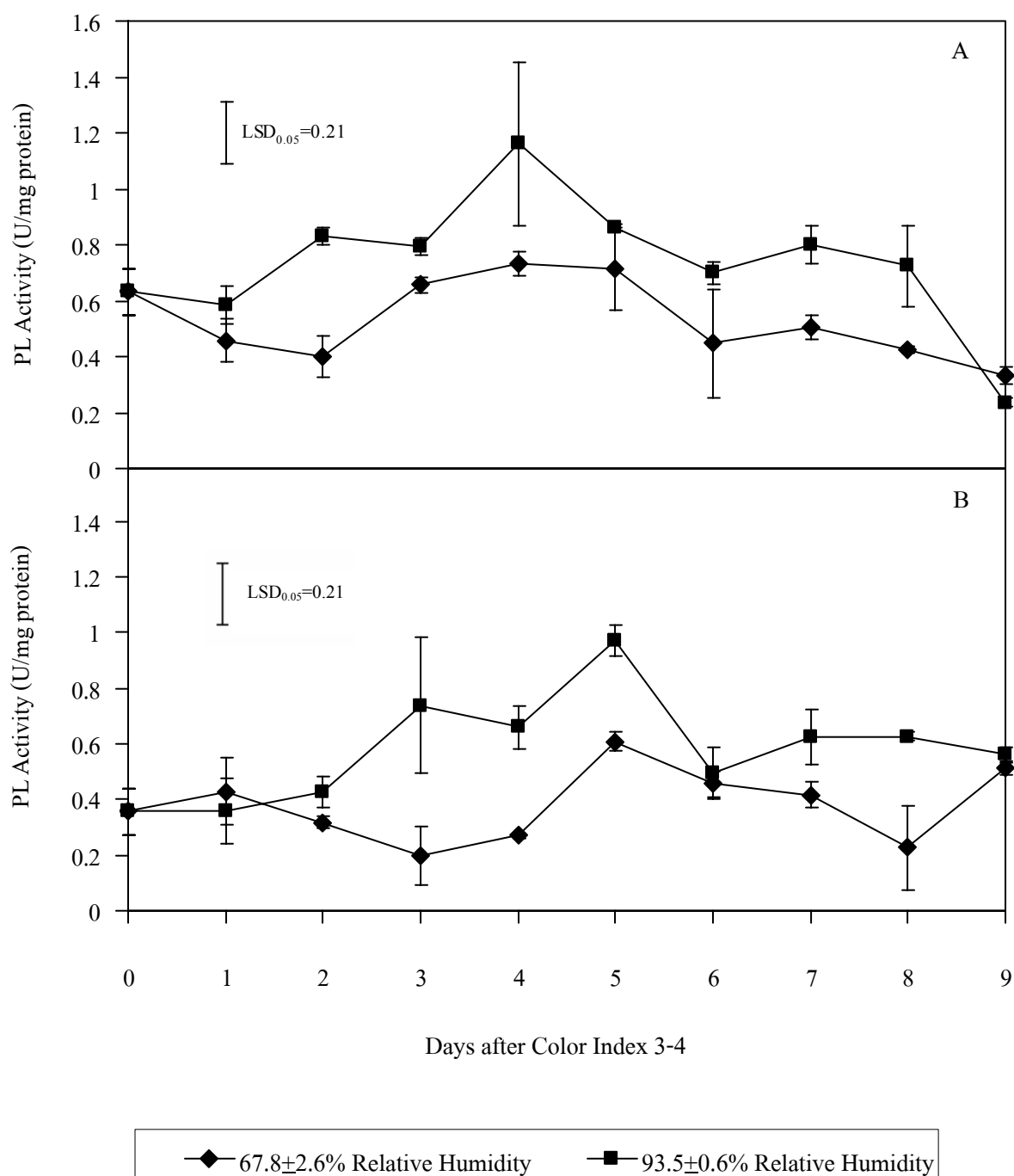
ภาพที่ 13 ปริมาณเพกทินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



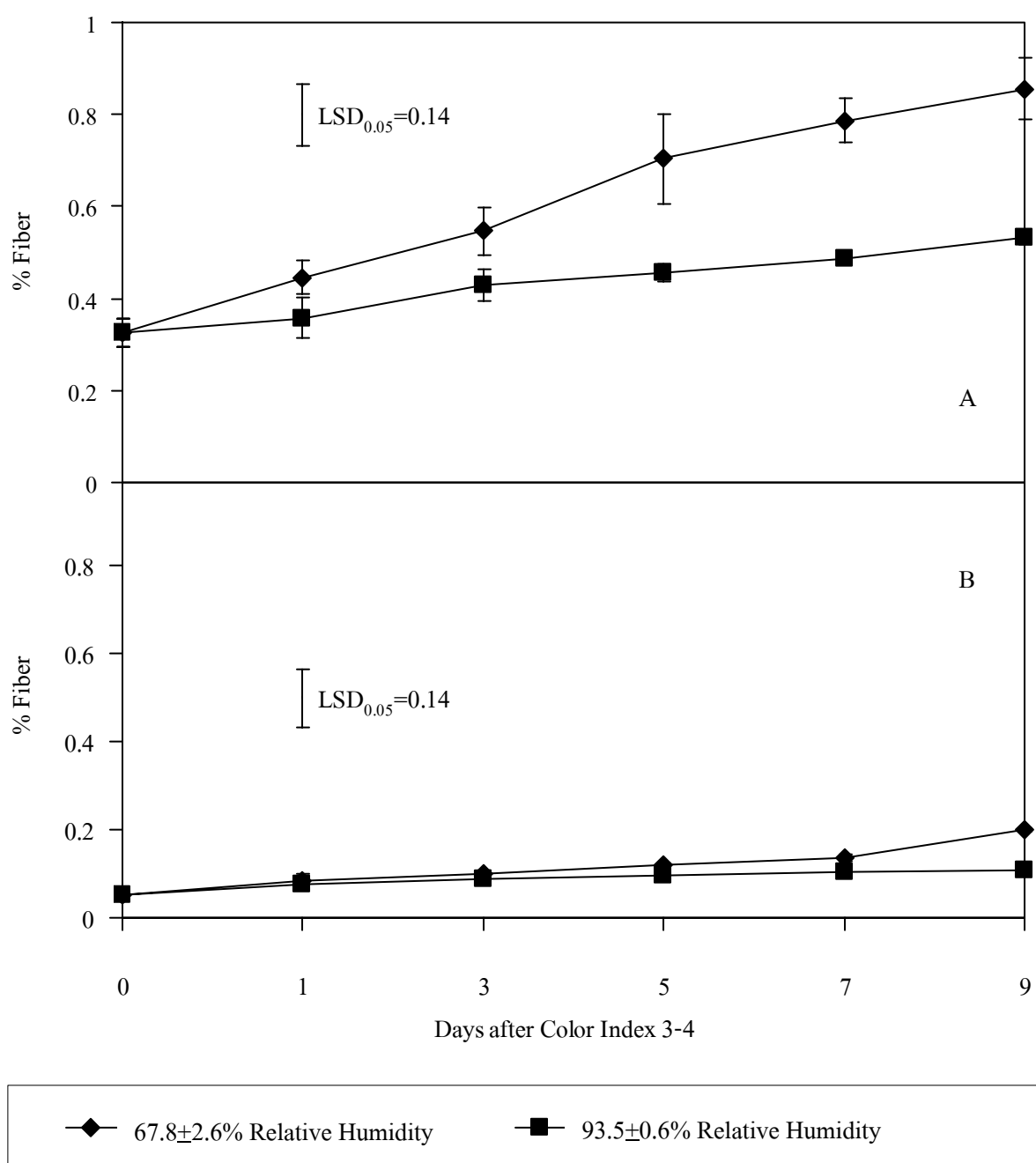
ภาพที่ 14 กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase ของเปลือกบริเวณ โคนผล(A) และกลางผล(B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



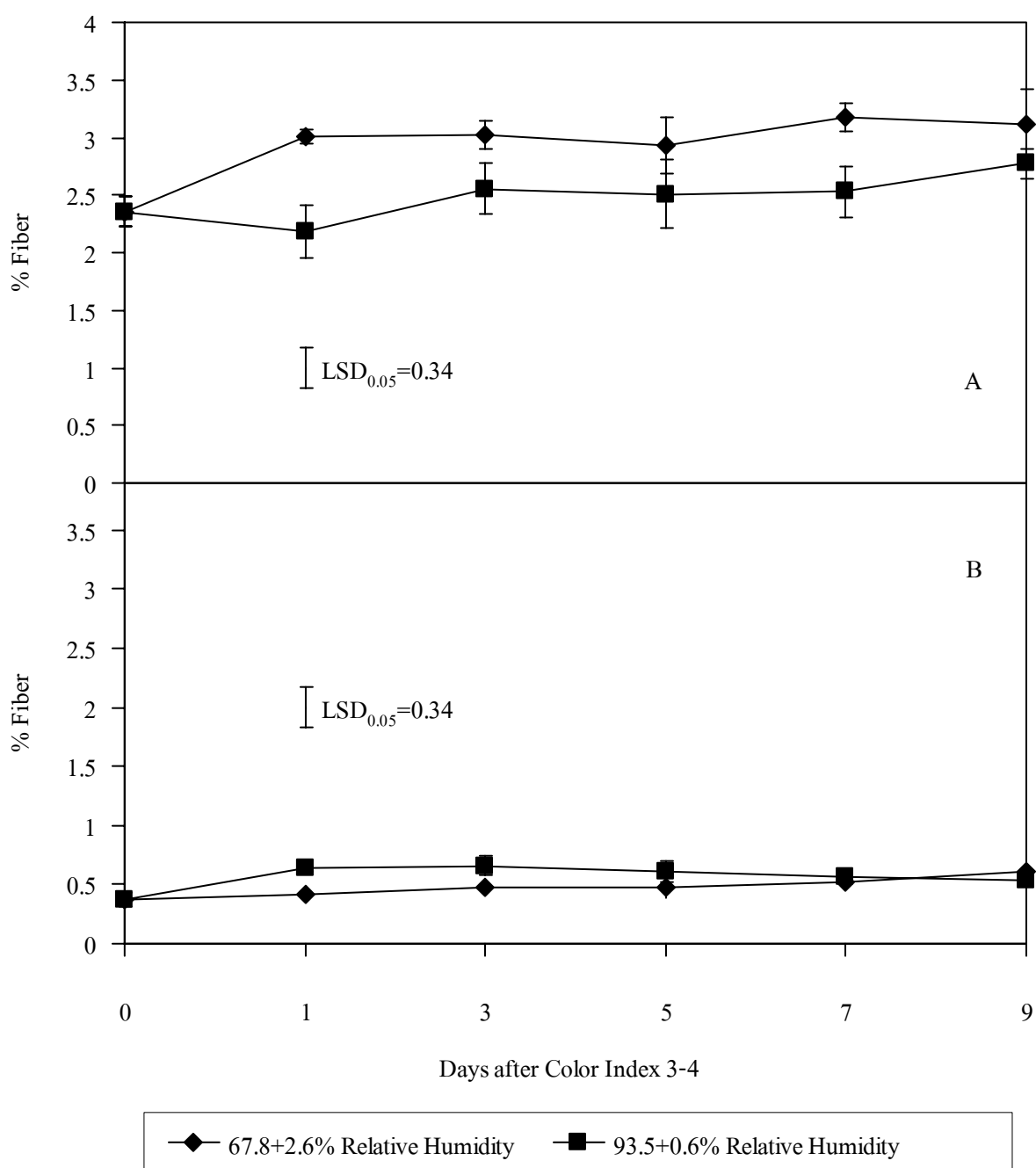
ภาพที่ 15 กิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase ของเปลือกบริเวณ โคนผล(A) และกลางผล (B) ของผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



ภาพที่ 16 กิจกรรมของเอนไซม์ pectate lyase ของเปลือกบริเวณ โคนผล(A) และกลางผล(B) ของ ผลกล้วยไข่ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



ภาพที่ 17 ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล(B) ของผลกล้วยไ้ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (67.8±2.6%) และสูง (93.5±0.6%)



ภาพที่ 18 ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง) ของเปลือกบริเวณโคนผล(A) และกลางผล(B) ของผลกล้วยไ้ระหว่างการสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) และสูง ($93.5 \pm 0.6\%$)

วิจารณ์

การหลั่งของผลกล้วยระหว่างสุก (finger drop) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสุกของผลกล้วย ซึ่งการหลั่งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์, ความบริบูรณ์ของผลและปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายนอก (อภิวรา, 2542 ; Hicks, 1934; Paull, 1966; New and Marriott, 1974; Silvis *et al.*, 1976; Semple and Thomson, 1988, Imsabai, 2004) ความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่พบว่ามียับยั้งต่อการหลั่ง จากการทดลองพบว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง ($93.5 \pm 0.6\%$) มีการหลั่งมากขึ้นเมื่อผลสุกมากขึ้น ขณะที่ผลกล้วยไข่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ($67.8 \pm 2.6\%$) ไม่เกิดการหลั่ง สอดคล้องกับการทดลองของอภิวรา (2542) ซึ่งพบว่า กล้วยไข่ที่วางไว้ในที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (90 %) ตลอดระยะเวลาการทดลอง (72 ชั่วโมง) เกิดการหลั่งมากกว่ากล้วยไข่ที่วางไว้ในที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน นาน 24 ชั่วโมง แล้วย้ายไปวางไว้ในอุณหภูมิห้อง และจากการทดลองของ Imsabai (2004) พบว่า กล้วยหอมทองที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (90-95%) เกิดการหลั่งเร็วกว่าผลกล้วยหอมทองที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (65-70%) Semple and Thompson (1988) ได้รายงานในลักษณะที่คล้ายกันนี้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลดการหลั่งของผลกล้วย Cavendish (*Musa AAA group*)

เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นมีความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกและแรงต้านทานการหลั่งลดลง สอดคล้องกับการหลั่งที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเปลือกของผลกล้วยมีการอ่อนนุ่มมากขึ้นจึงทำให้ความแข็งแรงของเปลือกบริเวณโคนผลลดลง (Semple and Thompson, 1988) ผลกล้วยจึงหลุดออกจากหวีได้ง่ายขึ้น โดยพบว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงและเกิดการหลั่งนั้นมีความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกและแรงต้านทานการหลั่งน้อยกว่ากล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณน้ำในเปลือกมากกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และมีการสูญเสียน้ำหนักของทั้งหวีน้อยกว่า เมื่อเก็บรักษาผลกล้วยไข่นานขึ้นปริมาณของน้ำหนักระหว่างเปลือกและเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณน้ำในเปลือกลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากผิวของกล้วยมีปากใบจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกไปจากเปลือกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการสูญเสียน้ำนี้ยังขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ด้วย (Simmonds, 1966) ดังนั้นในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ผลกล้วยจึงมีการสูญเสียน้ำออกไปจากเปลือกมากกว่าในสภาพความชื้น

สัมพัทธ์สูงทำให้มีปริมาณของน้ำเหลือในเปลือกน้อยกว่า ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันมีลักษณะภายนอกของเปลือกผลแตกต่างกัน โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้นเปลือกผลกล้วยมีลักษณะเงาวาวและเต่งตึงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนผลกล้วยที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำหลังจากเก็บรักษา 3 วัน จะพบว่าผิวมีลักษณะสีด้านไม่เงาวาว และเปลือกผลมีลักษณะค่อนข้างเหี่ยวหลังจากเก็บรักษา 6-7 วัน แสดงให้เห็นว่าผลกล้วยไข่ที่มีปริมาณน้ำในเปลือกน้อยไม่เกิดการหลุดร่วง อาจเป็นเพราะว่าการหลุดร่วงมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำ คือ ถ้าเซลล์มีการสูญเสียน้ำออกไปจากเซลล์มากจะทำให้ความเต่งของเซลล์ลดลง ทำให้เปลือกของผลเหี่ยวและส่งผลให้การหลุดร่วงลดลงด้วย (Semple and Thompson, 1988)

ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีการหลุดร่วงแตกต่างกันทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของสีผิวเปลือกและเนื้อ, ความแน่นเนื้อของเนื้อผล, ปริมาณ soluble solids, ปริมาณกรดและคุณภาพการรับประทาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Semple and Thompson (1988) ที่ได้ศึกษาผลกล้วยในกลุ่ม AAA group พบว่า ผลกล้วยที่มีการเกิด การหลุดร่วงต่างกันแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของสีเปลือกและปริมาณ soluble solids และสอดคล้องกับการทดลองของ Paull (1966) ที่ได้ทดลองกับกล้วยพันธุ์ Dwarf Brazilian โดยวางกล้วยสุกที่อุณหภูมิต่างกันทำให้กล้วยมีการหลุดร่วงต่างกัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันของสีเปลือกและเนื้อกล้วย, ความแน่นเนื้อของเนื้อผล, ปริมาณ soluble solids และปริมาณกรดในน้ำคั้นเนื้อ

เนื่องจากผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง ผลกล้วยจะอยู่ในตะกร้าที่ถูกคลุมด้วยถุงพลาสติกเพื่อควบคุมระดับของความชื้นสัมพัทธ์ให้สูง ดังนั้นอาจมีการสะสมของก๊าซเอทิลีนรอบผลกล้วยไข่ ซึ่งอาจทำให้ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุกเร็วกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงอย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองพบว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน มีพัฒนาการของการสุกไม่แตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกและเนื้อผล, ความแน่นเนื้อของเนื้อผล ปริมาณ soluble solids, ปริมาณกรดกรดและคุณภาพการรับประทานซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการทดลองของ นริสา (2546) โดยนำผลกล้วยไข่ไปเก็บรักษาในภาชนะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (65%) และสูง (95-100%) ภายใต้ระบบไหลเวียนของอากาศ (flow system) พบว่าภายในภาชนะบรรจุที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีก๊าซเอทิลีน $0.58-2 \mu\text{l l}^{-1}$ และ $1.1-3.2 \mu\text{l l}^{-1}$ ตามลำดับ และพบว่าผลกล้วยไข่ที่อยู่ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงยังคงมีการสุกตามปกติและไม่

แตกต่างจากผลกล้วยไข่ที่สุกในสภาพปกติ โดยมีสีเปลือกและเนื้อ, ความแน่นเนื้อของเนื้อผล, ปริมาณ soluble solids และปริมาณกรดไคลีเคียงกัน ดังนั้นการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน ไม่น่าจะเป็นผลมาจากการที่เอทิลีนไปกระตุ้นให้ผลกล้วยสุกต่างกัน

การหลุดร่วงอาจมีสาเหตุมาจากการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเปลือกบริเวณโคนผล (Baldry *et al.*, 1981) ซึ่งสันนิษฐานว่า การอ่อนตัวของเปลือกบริเวณโคนผลอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของเพกทินในบริเวณผนังเซลล์ จากการทดลองพบว่าเปลือกบริเวณโคนผลของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเพกทินที่ละลายน้ำสอดคล้องกับการลดลงของเพกทินที่ละลายใน chelating agent และโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นเพกทินในรูปที่ไม่ละลายน้ำ สอดคล้องกับการทดลองของอภิวรา (2542) ซึ่งพบว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่เกิดการหลุดร่วงมากกว่ามีปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำมากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลของกล้วยไข่ที่เกิดการหลุดร่วงน้อยกว่า

เมื่อพิจารณากิจกรรมของเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์ภายในเปลือกของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) และ polygalacturonase (PG) ในเปลือกผลกล้วยไข่เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น แต่มีกิจกรรมลดลงหลังจากเก็บรักษาประมาณ 5 วัน และเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นการหลุดร่วงเกิดมากขึ้นด้วย โดยเปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อภิวรา (2542) ซึ่งพบว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่เกิดการหลุดร่วงมากจะมีกิจกรรมของ PG และ PME มากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลของกล้วยไข่ที่เกิดการหลุดร่วงต่ำกว่า และ Ketsa (2003) รายงานว่า ในเปลือกผลกล้วยไข่ที่กำลังสุกมีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall hydrolase ทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นและจากการศึกษาในกล้วยหอมทองโดย Imsabai (2004) พบว่า เปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยหอมทองที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงและเกิดการหลุดร่วงอย่างรวดเร็ว มีกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME มากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและโคนผลของกล้วยหอมทองที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ pectate lyase พบว่าในเปลือกของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PL มากกว่าเปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ โดยเปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมี

กิจกรรมของเอนไซม์ PL มากที่สุด ดังนั้นเอนไซม์ PL อาจจะเกี่ยวข้องกับการหลั่งร่วระหว่าง การสุกของผลกล้วยเช่นกัน การที่เปลือกบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์ทั้ง 3 ชนิดเพิ่มขึ้นสูงทำให้มีการย่อยสลายเพกทินจากรูปที่ไม่ละลายน้ำไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น โดยเอนไซม์ PME จะย่อยเอากลุ่มเมทิลบน โมเลกุลของ polygalacturonic acid ออก เกิดหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ทำให้เอนไซม์ PG และ PL เข้าทำงานต่อไปได้ โดยเอนไซม์ PG และ PL จะเข้าย่อยสลายโมเลกุลของเพกทินที่พันธะ α -1,4 ด้วยปฏิกิริยา hydrolysis และ β -elimination ตามลำดับ (Nedjma *et al.*, 2001) ทั้งหมดนี้ทำให้ protopectin (มี methyl group อยู่บนโมเลกุลของ polygalacturonic acid มาก) ที่ไม่ละลายน้ำเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหลังจากถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด จึงทำให้ผนังเซลล์บางและแต่ละเซลล์ยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ส่งผลให้เนื้อเยื่อบริเวณโคนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีความอ่อนนุ่มมากกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และเกิดการหลั่งร่วของผลกล้วยมากระหว่างการสุก

เนื่องจากการอ่อนนุ่มของเปลือกกล้วยเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเพกทินที่ผนังเซลล์ (Seymour, 1993) ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PME, PG และ PL ในเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง อาจเป็นสาเหตุให้ผลกล้วยไข่มีความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือกและแรงต้านทานการหลั่งร่วต่ำ ส่งผลให้ผลกล้วยไข่เกิดการหลั่งร่ว

สำหรับเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งพบว่า มีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดน้อยกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง อาจเนื่องมาจากการที่เปลือกผลกล้วยสูญเสียน้ำออกจากเซลล์มากเกินไปส่งผลให้เซลล์สูญเสียแรงดันเต่งและทำให้กระบวนการชีวเคมีต่างๆภายในผิดปกติ เกิดการตายของเซลล์และเนื้อเยื่อบางส่วนของเปลือกผล ส่งผลให้ตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์ในเปลือกของผลกล้วยไข่ลดลง ดังเช่นที่พบในใบพืชที่อยู่ในสภาพขาดน้ำ ซึ่งพบว่าเมื่อใบพืชขาดน้ำกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจะลดลง และเมื่อขาดน้ำมากเกินไปจนอยู่ในสภาพเครียดจะไม่สามารถรักษาระดับของแรงดันเต่งและกระบวนการชีวเคมีต่างๆภายในเซลล์ได้ ส่งผลให้เกิดการตายของใบพืช (Pereira, n.d.)

จากการศึกษาปริมาณเส้นใยในเปลือกของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน พบว่าเมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นในเปลือกมีปริมาณเส้นใย (ทั้งที่คำนวณจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) เพิ่มขึ้น โดยเปลือกบริเวณโคนผลมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าเปลือกบริเวณกลางผล ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเปลือกบริเวณโคนผลเป็นบริเวณที่เชื่อมผลกล้วยกับขั้วผล ดังนั้นจึงมีปริมาณเส้นใยมากเพื่อเพิ่มความแข็งแรงช่วยในการยึดติดกันระหว่างผลกับขั้วผลกล้วย และจากผลการทดลองพบว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งไม่เกิดการหลุดร่วง มีปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) มากกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งเกิดการหลุดร่วงมากในระหว่างการสุก และจากผลการทดลองข้างต้นพบว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกมาก ทำให้มีปริมาณน้ำเหลือในเปลือกน้อยกว่าเปลือกของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งสูญเสียน้ำออกจากเปลือกน้อยและมีปริมาณน้ำเหลือในเปลือกมาก ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการที่เปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) สูงกว่า เป็นเพราะเนื้อเยื่อของเปลือกผลเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ ความเครียดที่เกิดขึ้นจึงกระตุ้นให้เนื้อเยื่อมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการศึกษาในพืชหลายชนิดพบว่า สภาพเครียดจะกระตุ้นให้พืชสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้น (Apelbaum and Yang, 1981; Coker *et al.*, 1985; Mathooko *et al.*, 1995; Morgan and Drew, 1997; Chen *et al.*, 2002; Liang, 2003; Stearns and Glick, 2003; Zapata *et al.*, 2003) ก๊าซเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพเครียดอาจไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างลิกนิน เช่น PAL และ POD (Ke and Saltveit, 1989; Ketsa and Atantee, 1998; Uritani, 1998; Degenhardt and Gimmier, 2000 ; Bunsiri *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006) จึงทำให้ปริมาณลิกนินในเนื้อเยื่อมีมากขึ้น เพื่อซ่อมแซมและรักษาโครงสร้างของเซลล์ในเนื้อเยื่อบริเวณที่ได้รับคามเสียหาย (Dizengremel, 2001) ซึ่งจากการศึกษาในผลพลัมพันธุ์ ‘Tonewase’ ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน พบว่าผลพลัมที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ(40-60%)มีการสร้างก๊าซเอทิลีนสูงกว่าผลพลัมที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (>95%) (Nakano *et al.*, 2002) แต่จากการศึกษาในกล้วยไข่ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุที่มี (65%RH) และไม่มีสารดูดความชื้น (95-100%RH) ภายใต้ระบบไหลเวียนของอากาศพบว่า ภายในภาชนะบรรจุผลกล้วยไข่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (95-100%) มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสูงกว่าภายในภาชนะบรรจุที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ(65%) (นริสา, 2546) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองต้องมีการเปิดภาชนะบรรจุทุก 8 ชั่วโมง เพื่อทำการเปลี่ยนสารดูดความชื้นภายในภาชนะบรรจุที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งในช่วงที่เปิดภาชนะอาจทำให้ก๊าซเอทิลีนบางส่วนเคลื่อนที่ออกไปจากภาชนะบรรจุ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสภาพเครียดจากการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกมากทำให้

เปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการสร้างเอทิลีนและปริมาณลิคินินในเปลือกเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะรักษาโครงสร้างของเซลล์ไว้ ไม่ให้เกิดการยุบตัวเนื่องจากสูญเสียน้ำมาก และเนื่องจากลิคินินเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเส้นใยจึงทำให้ตรวจพบปริมาณเส้นใยมากในเปลือก ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยที่โคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อาจเป็นสาเหตุให้เปลือกบริเวณโคนผลกล้วยมีความแข็งแรง ผลกล้วยไข่จึงไม่เกิดการหลุดร่วง ในช่วง 9 วันของการเก็บรักษา

จากผลการทดลองที่ได้อาจเป็นไปได้อีกทางหนึ่งว่า การที่ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) ในเปลือกบริเวณโคนผลมากกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง อาจเป็นผลมาจากการที่ผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันมีปริมาณน้ำในเปลือกต่างกัน ทำให้เปลือกกล้วยไข่ที่นำมาตรวจสอบปริมาณเส้นใยซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากัน มีปริมาณของเปลือกแตกต่างกัน โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งมีปริมาณน้ำในเปลือกน้อยมีปริมาณเปลือกมากกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งมีน้ำในเปลือกมาก ส่งผลให้ตรวจพบเปอร์เซ็นต์เส้นใย (เทียบกับน้ำหนักสด) ในเปลือกของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมากกว่าผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง แต่จากการทดลองตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เส้นใยในเปลือกผลกล้วยไข่ โดยการเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยที่ได้กับน้ำหนักแห้งของเปลือกผลกล้วยไข่ (เปอร์เซ็นต์เส้นใยเทียบกับน้ำหนักแห้ง) เพื่อไม่ให้มีความแตกต่างของปริมาณน้ำในเปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันมาเกี่ยวข้อง พบว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำยังคงมีปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง) มากกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง ดังนั้นปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นในเปลือกผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงไม่น่าเป็นผลมาจากการมีปริมาณน้ำน้อยในเปลือกผลที่นำมาตรวจสอบ โดยคาดว่าปริมาณเส้นใยไม่ได้มีการเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณน้ำที่ลดลงอย่างต่อเนื่องทำให้เมื่อคำนวณจะได้ปริมาณเส้นใยที่มีการเพิ่มขึ้นซึ่งสวนทางกับการสูญเสียน้ำหนัก แต่น่าจะเป็นผลมาจากสภาพเครียดเนื่องจากการสูญเสียน้ำกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์เส้นใยเพิ่มขึ้น

สรุป

การศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อคุณภาพและการเกิด finger drop ของผลกล้วยไข่ สรุปได้ดังนี้

1. กล้วยไข่ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (90-95%) มีการหลุดร่วงของผลมากขึ้นเมื่อผลกล้วยสุกมากขึ้น ขณะที่กล้วยไข่ที่ผลสุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (60-70%) ไม่พบการหลุดร่วงเลยในช่วง 9 วันของการทดลอง

2. ผลกล้วยไข่ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง มีลักษณะภายนอกของผลกล้วยแตกต่างกัน โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้นผลกล้วยมีลักษณะเต่งตึงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเปลือกผลมีลักษณะเหี่ยวในช่วงท้ายของการเก็บรักษา สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกและเนื้อ, ความแน่นเนื้อของเนื้อผล, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดและคุณภาพการรับประทานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในส่วนของปริมาณน้ำในเปลือก, ความแน่นเนื้อของเปลือก, แรงต้านทานการหลุดร่วงและการสูญเสียน้ำหนัก โดยผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง มีปริมาณน้ำในเปลือกมากกว่ากล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ขณะที่ผลกล้วยไข่มีความแน่นเนื้อของเปลือก, แรงต้านทานการหลุดร่วงและการสูญเสียน้ำหนักของหิวน้อยกว่า

3. กิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase , pectin methylesterase และ pectate lyase ในเปลือกกล้วยไข่ทั้งที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูงมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 5 ในระหว่างการสุก และมีกิจกรรมลดลงจากนั้น โดยเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด มากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและ โคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

4. เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้นเปลือกมีปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำได้ (WSP) เพิ่มขึ้น และมีปริมาณเพกทินที่ละลายใน chelating agent และโซเดียมคาร์บอเนตลดลง โดยเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมีปริมาณ WSP มากกว่าเปลือกบริเวณกลางผลและ โคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

5. เมื่อผลกล้วยไข่สุกมากขึ้น ในเปลือกมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยเปลือกบริเวณโคนผลมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าเปลือกบริเวณกลางผล และเปลือกบริเวณโคนผลของผลกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าเปลือกบริเวณโคนผลของกล้วยไข่ที่สุกภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 น.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2547. เอกสารประกอบการเรียนรายวิชา 007582 Postharvest Physiology of Fruit, Vegetable & Flower, นครปฐม. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)
- นริสา อุทัยฉาย. 2546. ผลของความชื้นสัมพัทธ์และองค์ประกอบของก๊าซในบรรยากาศที่มีต่อการตกกระของกล้วยไข่. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 357 น.
- ปรีดา จิตดารมย์. 2535. ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ pectin, อัตราปฏิกิริยาของเอนไซม์ pectin methylesterase และ polygalacturonase ที่มีต่อการและของเนื้อส้มโอ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิตร วังใน. 2530. กล้วย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 339 น.
- อภิวรา ประยูรวงศ์. 2542. ผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อการสุกและการหลุดร่วงของกล้วยไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Albu-Goukh, A.A. and H.A. Bashir. 2003. Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. **Food Chem.** 83: 213-218.
- Ahmed, A.E. and J.M. Labavitch. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit: II Changes in carbohydrate-degrading enzymes in ripening 'Bartlett' pear. **Plant Physiol.** 65: 1014-1016.

Anonymous. 1972. **Banana Ripening Guide**. CRIRO, Melbourne. 13 p.

Anonymous. n.d. Fiber. <http://seniors-site.com/nutritio/fiber.html>, March 10, 2006

Apelbaum, A. and S.F. Yang. 1981. Biosynthesis of stress ethylene induce by water deficit. **Plant Physiol.** 68: 594-596.

Arears, J.A. and E.M. Lajolo. 1981. Starch transformation during banana ripening, the phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. **J. Food Biochem.** 5: 19-37.

Awad, M. and R.E. Young. 1979. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase and pectin methylesterase in avocado (*Persea americana* Mill. cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. **Plant Physiol.** 64: 306-308.

Baldry, J., D.G. Coursey and G.E. Howard. 1981. The comparative consumer acceptability of triploid and tetraploid banana fruit. **Trop. Sci.** 23: 33-36.

Barett, D.M. and C. Gonzalez. 1994. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **J. Food Sci.** 59(3): 574-579.

Blumenkrantz, N. and G. Asboe-Hansen. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. **Anal. Biochem.** 54: 484-489.

Boudet, A. 1998. A new view of lignification. **Trends Plant Sci.** 3(2): 67-71.

Brady, C.J. 1976. The pectinesterase of the pulp of the banana fruit. **Aust. J. Plant Physiol.** 3: 163-172.

Brummell, D.A., V.D. Cin, C.H. Crisosto and J.M. Labavitch. 2004. Cell wall metabolism

- during maturation, ripening and senescence of peach fruit. **J. Exp. Bot.** 55: 2029-2039.
- Bunsiri, A., S. Ketsa and R.E. Paull. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. **Postharvest Biol. Technol.** 29(1): 61-71.
- Burg, S.P. and A.E. Burg. 1965. Ethylene action and the ripening of fruit. **Sci.** 148: 1190-1196.
- Carpita, N.C. and D.M. Gibeaut. 1993. Structural models of primary cell walls in flowering plants – consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **Plant J.** 3: 1-30.
- Carrillo-López, A., A. Cruz-Hernández, A. Cáramez-Trejo, F. Guevara-Lara and O. Paredes-López. 2002. Hydrolytic activity and ultrastructural changes in fruit skins from two prickly pear (*Opuntia* sp.) varieties during storage. **J. Agric. Food Chem.** 50: 1681-1685.
- Carrington, C.M.S., L.C. Greve and J.M. Labavitch. 1993. Cell wall metabolism in ripening fruit. VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes. **Plant Physiol.** 103: 429-434.
- Chen, E., Y. Chen, L. Chen and Z. Liu. 2002. Effect of copper on peroxidase activity and lignin content in *Raphanus sativus*. **Plant Physiol. Biochem.** 40: 439-444.
- Chen, H., R.G. Qualls and G.C. Miller. 2002. Adaptive response of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Environ. Exp. Bot.** 48: 119-128.
- Chin, L.H., Z.M. Ali and H. Lazan. 1999. Cell wall modifications, degrading enzymes and softening of carambola fruit during ripening. **J. Exp. Bot.** 50: 767-775.

- Coker, T., S. Mayak and J.E. Thompson. 1985. Effect of water stress on ethylene production and on membrane microviscosity in carnation petals. **Scientia Hort.** 27: 317-324.
- Collmer, A. and N.T. Keen. 1986. The role of pectic enzymes in plant pathogenesis. **Annu. Rev. Phytopathol.** 24: 383-409.
- Coursey, D.G., J. Marriott, S. New, G.E. Howard, J. Baldry, J.C. Caygill and A. Wallbridge. 1974. Experimental parameters of fruit quality in new banana cultivars. **Food Sci. Technol.** 2: 70-79.
- Degenhardt, B. and H. Gimmier. 2000. Cell wall adaptation to multiple environmental stress in maize roots. **J. Exp. Bot.** 51(334): 595-603.
- De Swardt, G.H. and E.C. Maxie. 1967. Pectin methylesterase in the ripening banana. **S. Afr. J. Agric. Sci.** 10: 501-506.
- Dizengremel, P. 2001. Effects of ozone on the carbon metabolism of forest trees. **Plant Physiol. Biochem.** 39(9): 729-742.
- Femenia, A., E.S. Sánchez, S. Simal and C. Rossello. 1998. Developmental and ripening related effects on the cell wall of apricot (*Prunus americana*) fruit. **J. Sci. Food Agric.** 77(4): 487-493.
- Fisher, R.L. and A.B. Bennett. 1991. Role of cell wall hydrolase in fruit ripening. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 42: 675-703.
- Garcia, E. and A.M. Lajolo. 1988. Starch transformation during banana ripening, the amylase and glucosidase behavior. **J. Food Sci.** 53: 1181-1186.
- Goldstein, J.L. and E.L. Wick. 1969. Lipid in ripening banana fruit. **J. Food Sci.** 34: 482-484.

- Gowen, S. 1995. **Bananas and Plantains**. Chapman and Hall, London. 612 p.
- Gross, K.C. and J. Wallner. 1979. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant Physiol.** 63: 117-120.
- Hagerman, A.E. and P.J. Austin. 1986. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methylesterase. **J. Agric. Food Chem.** 34: 440-444.
- Hicks, E.W. 1934. Finger dropping from bunches of Australian Cavendish bananas. **J. Counc. Sci. Ind. Res.** 7: 165-168.
- Huber, D.J. 1983. The role of cell wall hydrolase in fruit softening. **Hort. Rev.** 5: 169-219.
- Huber, D.J. 1984. Strawberry (*Fragaria ananassa*) fruit softening, the potential roles of polyuronides and hemicelluloses. **J. Food Sci.** 49: 1310-1315.
- Hulme, A.C. 1971. The mango, pp. 233-253. In A.C. Hulme, ed. **The Biochemistry of Fruits and their Products**. Vol. 2. Academic Press, London.
- Hultin, H.O. and A.S. Levine. 1965. Pectin methylesterase in the ripening banana. **J. Food Sci.** 30: 917-921.
- Hyodo, H., K. Tanaka and T. Suzuki. 1991. Wound-induced ethylene synthesis and its involvement in enzyme induction in mesocarp tissue of *Cucurbita maxima*. **Postharvest Biol. Technol.** 1(2): 127-136.
- Imsabai, W. 2004. **The role of cell wall hydrolase on the development of finger drop in 'Hom Thong' and 'Namwa' bananas during ripening**. M.S. Thesis, Kasetsart University.

- Inari, T., R.Yamauchi, K. Kato and T. Takeuchi. 2002. Changes in pectic polysaccharides during the ripening of cherry tomato fruits. **Food Sci. Technol. Res.** 8: 55-58.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and enzymatic changes. **Plant Foods Hum. Nutr.** 58: 309-315.
- Jayaraman, K.S., M.N. Ramanuja, P.K. Vija yaghavan and C.S. Vaidyanatha. 1987. Studies on the purification of banana polyphenol oxidase. **Food Chem.** 24: 203-217.
- Ke, D. and Saltveit. 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Physiol. Plant.** 76: 412-418.
- Ketsa, S. 2003. Cell wall degrading enzymes and softening of ripening bananas. **Thai J. Agric. Sci.** 36(3): 233-242.
- Ketsa, S. and S. Atantee. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. **Postharvest Biol. Technol.** 14: 117-124.
- Ketsa, S., S. Chidtragool, J.D. Klein and S. Lurie. 1998. Effect of heat treatment on changes in softening, pectic substances and activities of polygalacturonase, pectinesterase and β -galactosidase of ripening mango. **J. Plant Physiol.** 153(3-4): 457-461.
- Ketsa, S. and T. Daengkanit. 1998a. Changes in softening enzymes of durian fruit ripening. **Acta Hort.** 464: 451-454.
- Ketsa, S. and T. Daengkanit. 1998b. Physiological changes during postharvest ripening of durian fruit (*Durio zibethinus* Murray). **J. Hort. Sci. Biotechnol.** 73(5): 575-577.

- Ketsa, S. and T. Daengkanit. 1999. Softening of durian cultivars. **J. Plant Physiol.** 154(3): 408-411.
- Kim, Y.J., D.G. Kim, S.H. Lee and I. Lee. 2006. Wound-induced expression of the ferulate 5-hydroxylase gene in *Camptotheca acuminata*. **Biochim. Biophys Acta.** 1760(2): 183-190.
- Leopold, A. and P.E. Kriedemann. 1975. **Plant Growth and Development.** Tata McGraw-Hill Publishing, New Delhi. 545 p.
- Liang, W. 2003. Drought stress increase both cyanogenesis and β -cyanoalanine synthase activity in tobacco. **Plant Sci.** 165: 1109-1115.
- Macku, C. and W.G. Jennings. 1987. Production of volatile by ripening bananas. **J. Agric. Food Chem.** 75: 845-848.
- Marriott, J. 1980. Banana-physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 13: 41-88.
- Marín-Rodríguez, M.C., J. Orchard and G.B. Seymour. 2002. Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. **J. Exp. Bot.** 53: 2115-2119.
- Marín-Rodríguez, M.C., D.L. Smith, K. Maning, J. Orchard and G.B. Seymour. 2003. Pectate lyase gene expression and enzyme activity in ripening banana fruit. **Plant Mol. Biol.** 51: 851-857.
- Markovic, O., A. Heinrichova and B. Lenkey. 1975. Pectolytic enzymes from banana. **Coll. Czech Chem. Comm.** 40: 769-774.
- Mathooko, F.M., Y. Kubo and A. Inaba. 1995. Induction of ethylene biosynthesis and polyamine

- accumulation in cucumber fruit in response to carbon dioxide stress. **Postharvest Biol. Technol.** 5: 51-65.
- McCollum, T.G., D.J. Huber and D.J. Cantliffe. 1989. Modification of polyuronides and hemicellulose during muskmelon fruit softening. **Physiol. Plant.** 76: 303-308.
- Medina-Escobar, N., J. Cárdenas, E. Moyano, J.L. Caballero and J. Muñoz-Blanco. 1997. Cloning molecular characterization and expression pattern of strawberry ripening – specific cDNA with sequence homology to pectate lyase from higher plants. **Plant Mol. Biol.** 34: 867-877.
- Miller, A.R., J.P. Dalmasso and D.W. Kretchman. 1989. Developmental variation of cell wall degrading enzymes from cucumber (*Cucumis sativus*) fruit tissues. **Can. J. Bot.** 67: 817-821.
- Missang, C.E., A. Baron and C.M.G.C. Renard. 2004. Cell wall-degrading enzymes and changes in cell wall polysaccharides during ripening and storage of bush butter (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) fruit. **J. Hort. Sci. Biotechnol.** 79: 797-805.
- Mitra, S.K. 1997. **Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical fruits.** CAB International, UK. 423 p.
- Morgan, P.W. and M.C. Drew. 1997. Ethylene and plant responses to stress. **Physiol. Plantarum.** 100(3): 620-630.
- Nakano, R., S. Inoue, Y. Kubo and A. Inaba. 2002. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grow in heated plastic-house. **Postharvest Biol. Technol.** 25: 293-300.
- Nedjma, M., N. Hoffmann and A. Belarbi. 2001. Selective and sensitive detection of pectin

lyase activity using a colorimetric test: application to the screening of microorganisms possessing pectin lyase activity. **Anal. Biochem.** 291: 290-296.

New, S. and J. Marriott. 1974. Factors affecting the development of 'finger drop' bananas after ripening. **J. Food Technol.** 18: 241-250.

Palmer, J.K. 1971. The banana, pp. 65-105. In A.C. Hulme, ed. **The Biochemistry of Fruits and their Products**. Vol. 2. Academic Press, London.

Payasi, A. and G.G. Sanwal. 2003. Pectate lyase activity during ripening of banana fruit. **Phytochem.** 63: 243-248.

Pau, E.C., C.K. Ong, P. Liu and J.Z. Liu. 2001. Isolation and expression of two pectatelyase genes during fruit ripening of banana (*Musa acuminata*). **Physiol. Plant.** 113: 92-99.

Paull, R.E. 1996. Ethylene, storage and ripening temperature affect Dwarf Brazilian banana finger drop. **Postharvest Biol. Technol.** 8: 65-74.

Paull, R.E., K. Gross and Y. Qiu. 1999. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biol. Technol.** 16: 79-89.

Pereira, C. n.d. The effect of environmental factors on transcription rate of potted plants.
http://www.skillslibrary.com/skillsportyfolio/work%5Ccarlota_Pereira%5Cfinal%20transpiration%20rate%203.doc, March 8, 2006.

Prabha, T.N. and N. Bhagyalakshmi. 1998. Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit. **Phytochem.** 48(6): 915-919.

Ratapa. W., V. Surojanamatakul and P. Tangkanakul. 1989. Study on nutrient contents in some *Musa* (ABB group). **Food** . 19(4): 247-256.

- Redgwell, R.J., L.D. Melton and D.J. Brasch. 1992. Cell wall dissolution in ripening kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) : solubilization of the pectic polymers. **Plant Physiol.** 98: 71-81.
- Robertson, G.L. 1979. The fractional extraction and quantitative determination of pectic substances in grapes and musts. **Am. J. Enol. Vitic.** 30(3): 182-185.
- Robinson, J.C. 1999. **Bananas and Plantains.** CAB International, London. 238 p.
- Roe, B. and J.H. Bruemmer. 1981. Changes in pectin substances and enzymes during ripening and storage of 'Keitt' mango. **J. Food Sci.** 46: 186-189.
- Semple, A.J. and A.K. Thompson. 1988. Influence of the ripening environment on the development in finger drop in bananas. **J. Sci. Food Agric.** 46: 139-146.
- Seymour, G.B., J.E. Taylor and G.A. Tucker. 1993. **Biochemistry of Fruit Ripening.** Chapman and Hall, London. 454 p.
- Simmonds, N.W. 1966. **Bananas.** Longman Group Limited, New York. 512 p.
- Silvis, H., A.K. Thompson, S.K. Musa, O.M. Salih and Y.M. Abdullah. 1976. Reduction of wastage during postharvest handling of bananas in the Sudan. **Trop. Agric.** (Trinidad) 53: 89-94.
- Śmiechowska, M. and P. Dmowski. 2006. Crude fibre as a parameter in quality evaluation of tea. **Food Chem.** 94: 366-368.
- Stearns, J.C. and B.R. Glick. 2003. Transgenic plants with altered ethylene biosynthesis or perception. **Biotechnol. Adv.** 21: 193-210.
- Stover, R.H. and N.W. Simmonds. 1987. **Banana.** Longman Group Limited, London. 468 p.

- Uritani, I. 1998. Biochemical comparison in storage: stress response between sweetpotato and cassava. **Trop. Agr.** 75(1-2): 177-182.
- Wakabayashi, K., J.P. Chun and D.J. Huber. 2000. Extensive solubilization and depolymerization of cell wall polysaccharides during avocado (*Persea americana*) ripening involves concerted action of polygalacturonase and pectin methylesterase. **Physiol. Plant.** 108: 345-352.
- White, P.J. 2002. Recent advance in fruit development and ripening: an overview. **J. Exp. Bot.** 53: 1995-2000.
- Wills, R.B.H., W.B. McGlasson, D. Graham, T.H. Lee and E.G. Hall. 1989. **Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables.** New South Wales Univ. Press, Australia. 174 p.
- Yoshida, O., H. Nakagawa, N. Ogura and T. Sato. 1984. Effect of heat treatment on the development of polygalacturonase activity in tomato fruits during ripening. **Plant Cell Physiol.** 25(3): 505-509.
- Zapata, P.J., M. Serrano, M.T. Pretel, A. Amoró and M.A. Botella. 2003. Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedling of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. **Plant Sci.** 164: 557-563.
- Zhao, H., B. Wang, H. Zhao and J.B. Wang. 2005. Stress stimulus induced resistance to *Cladosporium cucumerinum* in cucumber seedling. **Colloid. Surface B.** 44: 36-40.
- Zhao, H., H. Zhao, J. Wang, B. Wang and Y. Wang. 2005. Stress stimulation induced resistance of plant. **Colloid. Surface B.** 43: 174-178.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Bradford, 1976)

การเตรียม Coomassie blue G-250 (CBB) ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)

ละลาย CBB 100 มิลลิกรัม ในเอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนเบาๆ ให้เข้ากันจนละลายหมด จากนั้นเติมกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ปริมาตรโดยรวม 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

การเตรียม BSA (bovine serum albumin)

ชั่ง BSA น้หนัก 0.01 กรัม ละลายด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้สกัดเอนไซม์ ปรับให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การวัดโปรตีน

1. ปิเปตเอนไซม์ที่สกัดได้ปริมาตรไม่เกิน 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปรับให้ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้สกัดเอนไซม์ ส่วน BSA เตรียมที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับวัดปริมาณโปรตีนมาตรฐาน ดังตาราง

ความเข้มข้นของสารละลาย โปรตีนมาตรฐาน (มก.)	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
ปริมาตร BSA (μ l)	0	100	200	300	400	500	600	700
ปริมาตรบัฟเฟอร์ (μ l)	1000	900	800	700	600	500	400	300

2. เติมสารละลาย CBB ที่เตรียมไว้แล้วตั้งข้างต้นปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยไม่ให้เกิดฟอง ทิ้งไว้ประมาณ 5-60 นาที

3. อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร เทียบกับ blank (ΔA_{595}) ด้วย

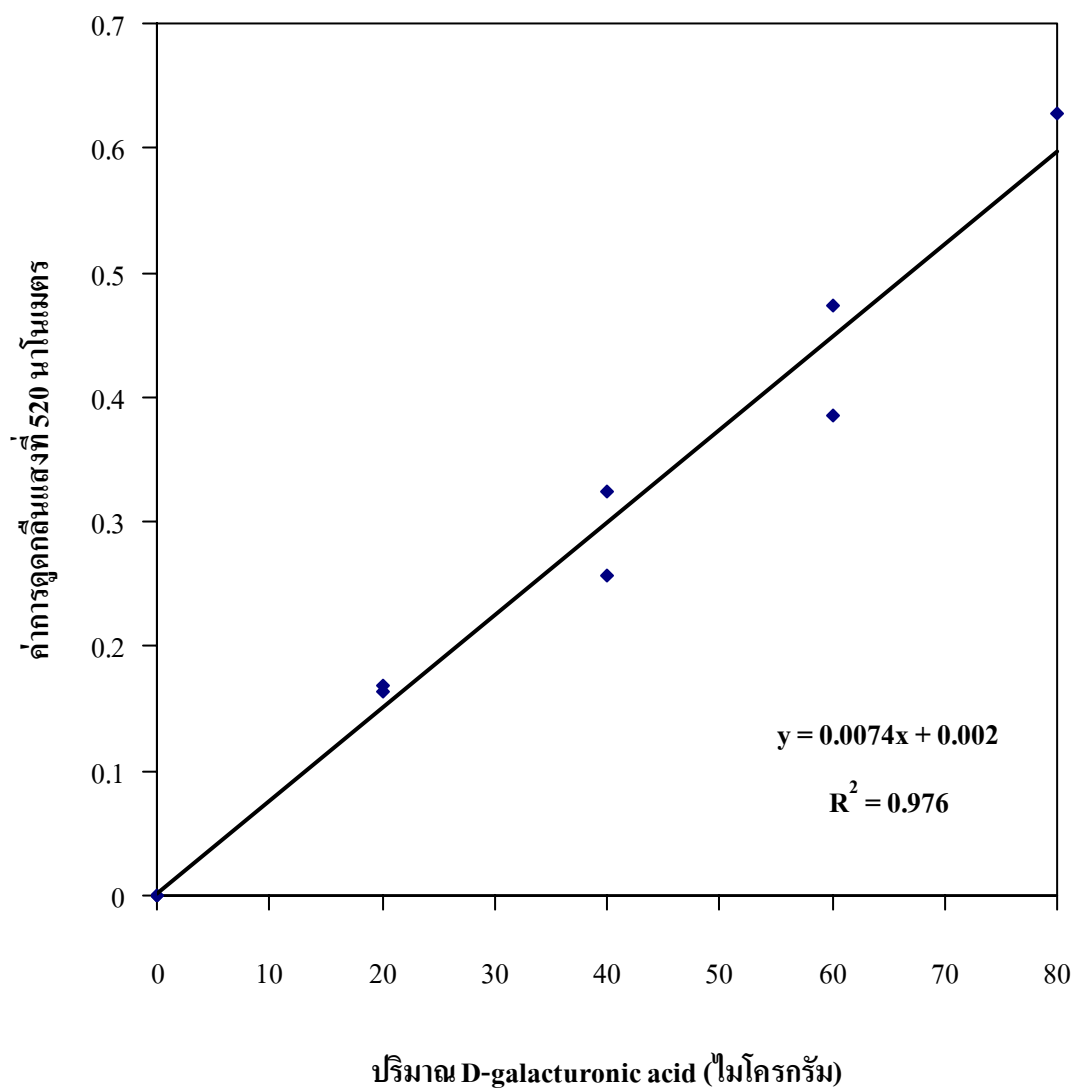
เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV –240) โดย blank ประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่สกัด
เอนไซม์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลาย CBB ปริมาตร 4 มิลลิลิตร

4. เปลี่ยนค่า ΔA_{595} ที่ได้เป็นมิลลิกรัมโปรตีน โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ
bovine serum albumin (BSA) ที่ได้กล่าวมาแล้ว

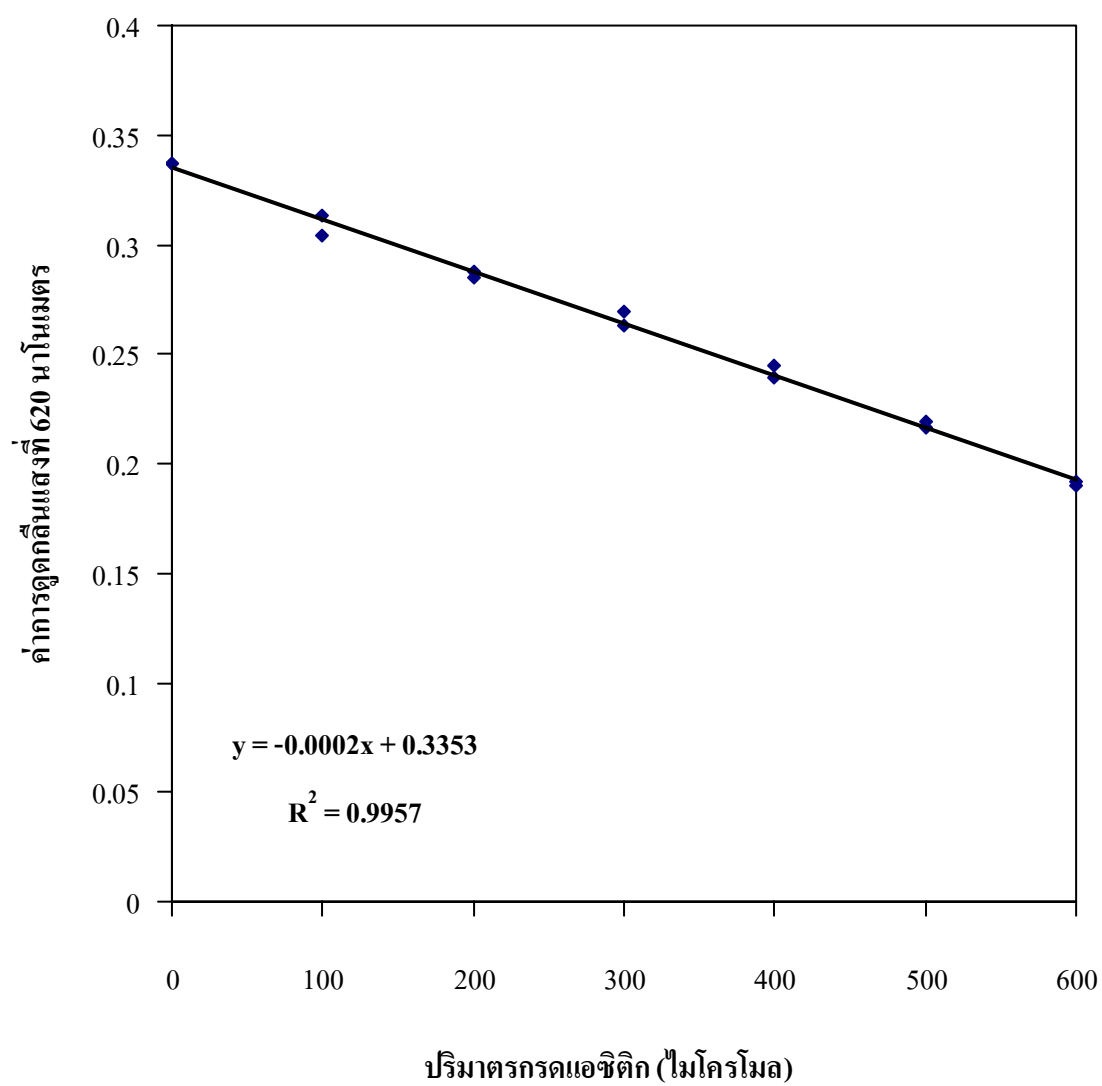
การเตรียมถุง dialyse

1. ตัดถุง dialyse ให้มีความยาว 8-10 เซนติเมตร (แล้วแต่ปริมาตรของเอนไซม์ที่สกัดได้) ต้มถุง dialyse ใน EDTA 1 mM จนเดือดนาน 30 นาที
2. นำถุง dialyse ที่ผ่านการต้มมาล้างด้วยน้ำกลั่น 3-4 ครั้ง ทั้งข้างในและข้างนอกถุง จนสะอาดจาก EDTA
3. ถ้ายังไม่ใช้ถุง dialyse ที่ต้มแล้วทันที ต้องแช่ถุงในน้ำกลั่น หรือถ้าเก็บไว้นาน ต้องแช่ใน 0.1% sodium benzoate เพื่อป้องกันไม่ให้แบคทีเรียเข้าทำลาย
4. ก่อนใช้ต้องนำถุง dialyse มาล้างด้วยน้ำกลั่น 3-4 ครั้ง

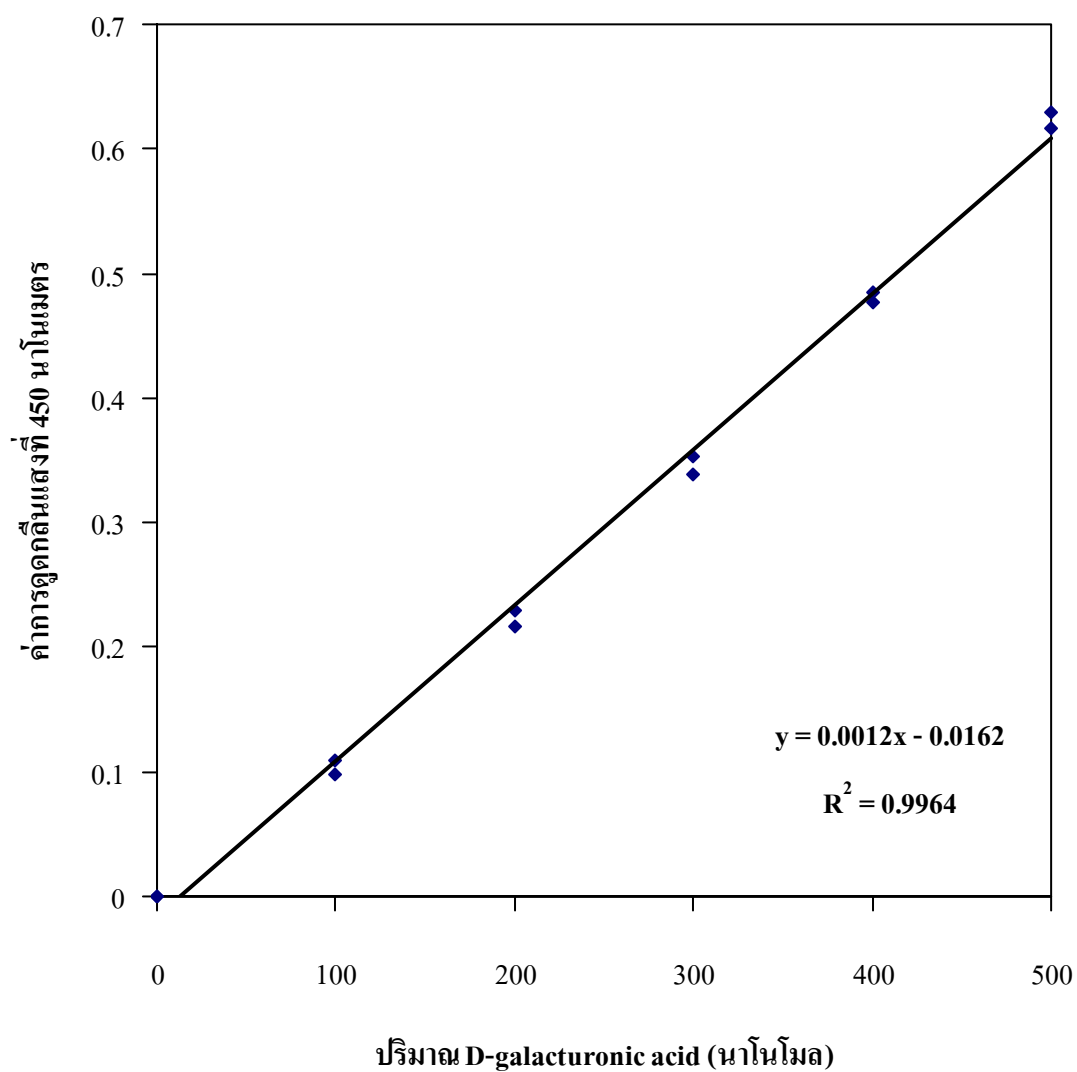
ข้อควรปฏิบัติ ควรสวมถุงมือทุกครั้งที่สัมผัสถุง dialyse



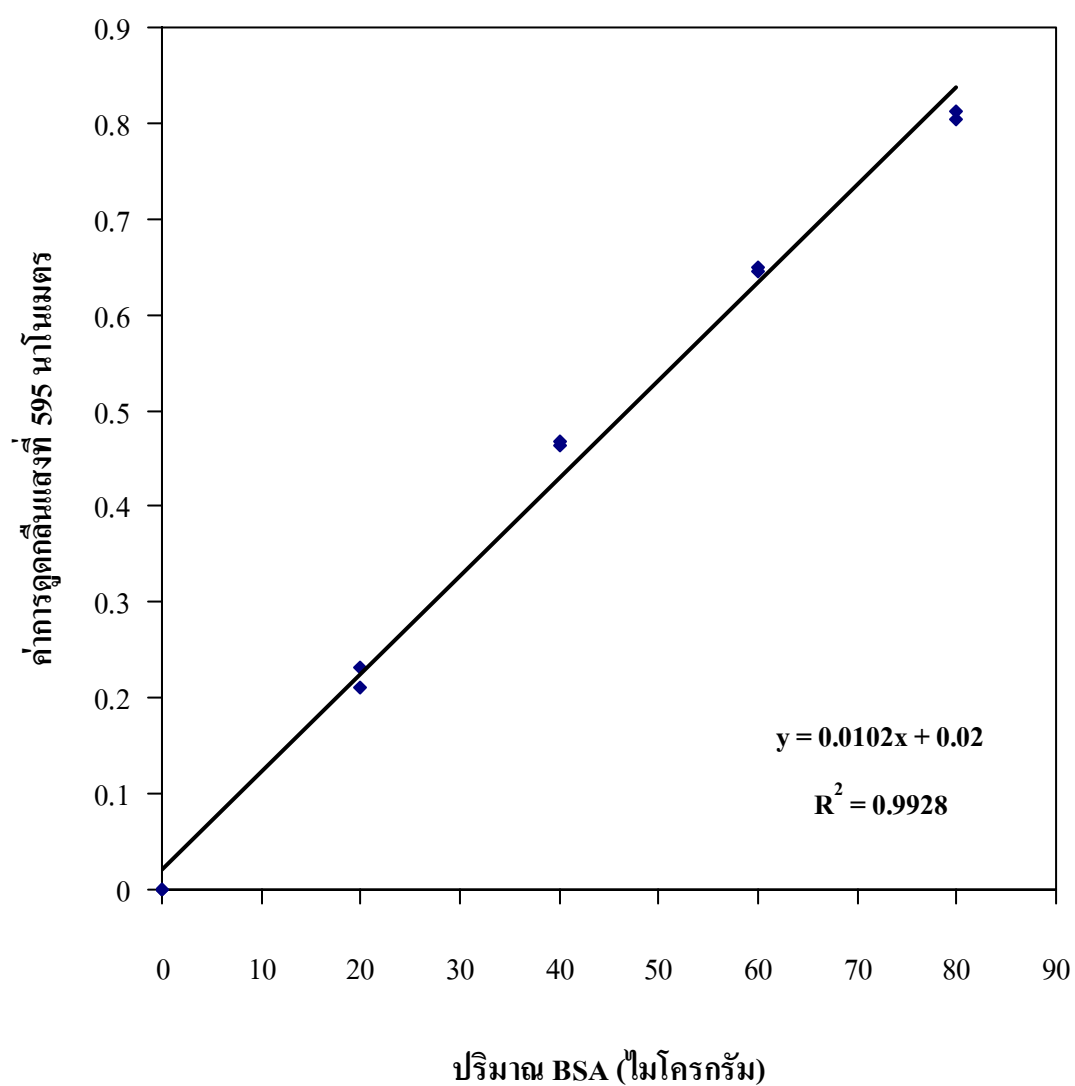
ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานของ D-galacturonic acid ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเพกติน



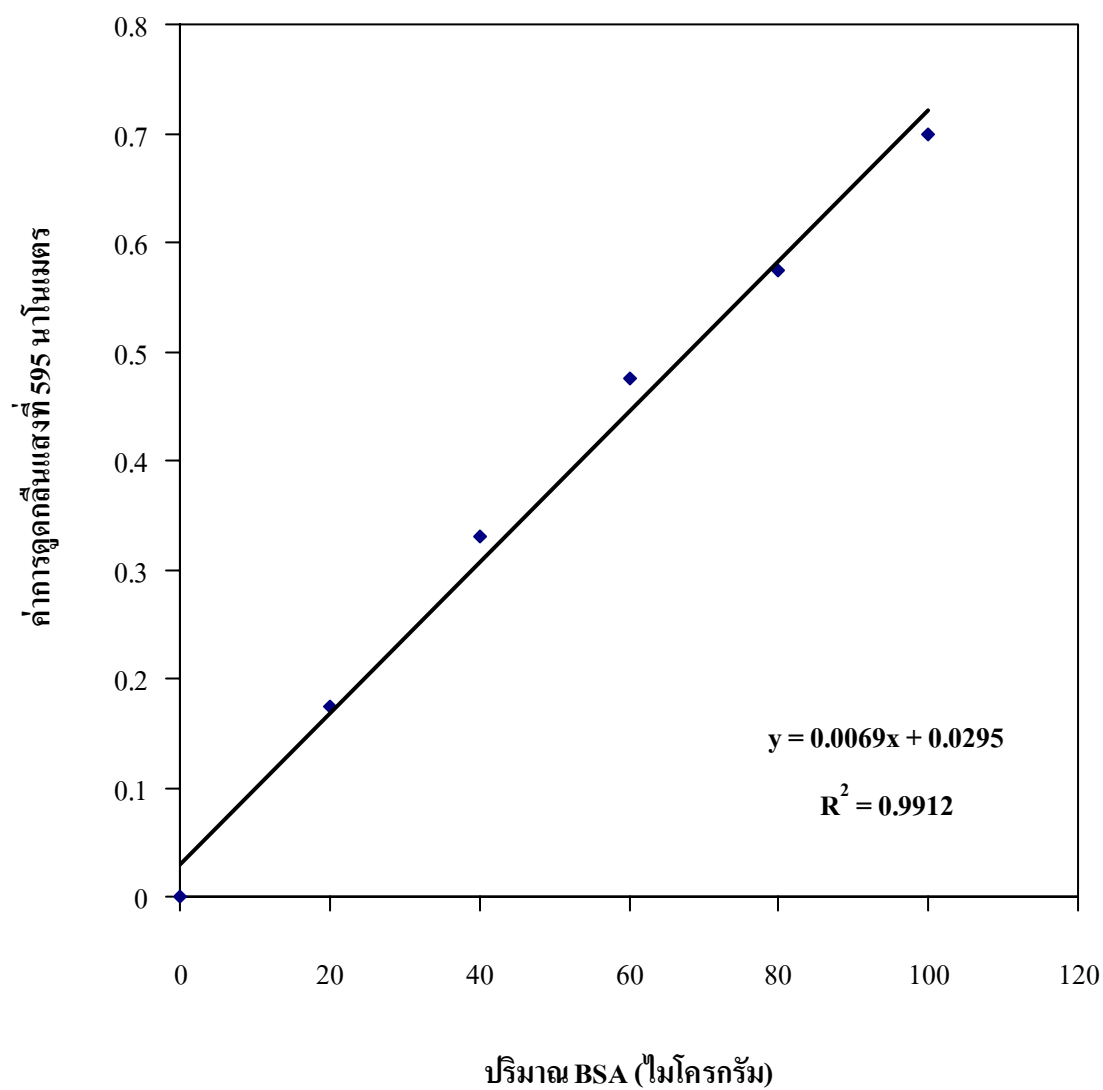
ภาพผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานของกรดแอสติค ใช้สำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME)



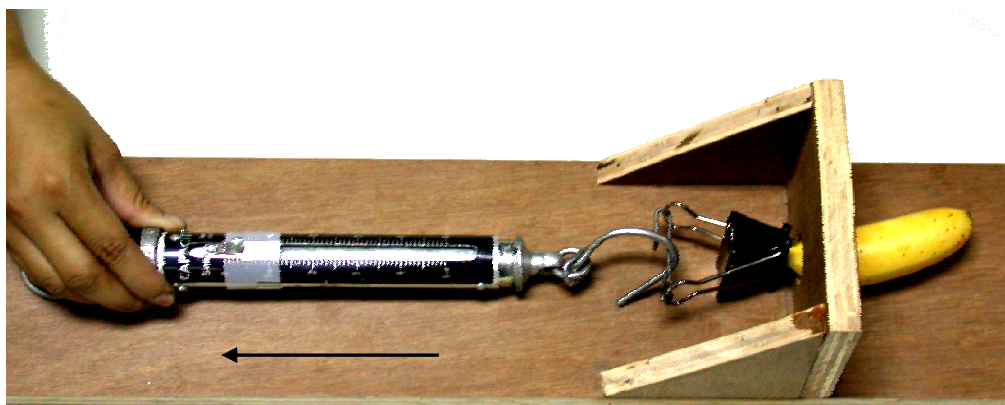
ภาพผนวกที่ 3 กราฟมาตรฐานของ D-galacturonic acid ใช้สำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของ เอนไซม์ polygalacturonase (PG)



ภาพผนวกที่ 4 กราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin ใช้สำหรับการวิเคราะห์โปรตีนของ
 เอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ pectin methylesterase (PME)



ภาพผนวกที่ 5 กราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin ใช้สำหรับการวิเคราะห์โปรตีนของ
เอนไซม์ pectate lyase (PL)



ภาพผนวกที่ 6 แสดงวิธีการวัดแรงต้านทานการหลุดร่วง (Resistance to finger drop)

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่า L ของสีผิวเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ค่า L									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	66.95	71.85	72.33	71.90	69.87	60.28	50.92	43.74	39.57	32.66
93.5 ± 0.6	66.95	72.06	72.65	73.06	65.65	56.52	53.30	47.08	45.27	44.40
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่า L ของสีเนื้อของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ค่า L									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	68.89	65.67	63.96	62.77	62.40	60.49	61.66	61.55	59.78	60.22
93.5 ± 0.6	68.89	65.05	62.80	61.02	59.53	60.65	60.39	60.22	59.25	59.60
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่า b ของสีผิวเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ค่า b									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	31.16	33.96	34.98	34.81	33.85	29.02	23.27	18.61	15.66	11.49
93.5 ± 0.6	31.16	34.31	34.25	34.18	30.97	26.09	24.10	19.76	18.77	18.31
t-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี t-test

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่า b ของสีเนื้อของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ค่า b									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	28.90	28.58	28.25	28.18	27.96	26.97	27.30	27.51	26.55	26.41
93.5 ± 0.6	28.90	28.43	28.10	27.52	26.82	27.11	26.83	26.56	26.12	26.22
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 5 ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่มีเปลือก (นิวตัน) ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	33.82	30.67	31.24	28.95	27.20	29.14	28.57	24.03	25.91	25.31
93.5 ± 0.6	33.82	29.71	23.69	22.58	21.05	13.22	13.08	9.54	10.97	10.55
<i>t</i> -test	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 6 ความแน่นเนื้อของผลกล้วยไข่ที่ไม่มีเปลือก (นิวตัน) ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm 2.6\%$ และ $93.5\pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	15.50	12.76	11.55	11.12	10.29	8.93	8.88	9.09	8.27	9.03
93.5 ± 0.6	15.50	12.27	11.42	11.08	10.12	9.43	9.06	8.79	8.91	8.59
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณ soluble solids ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ 93.5 ± 0.6

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	% soluble solids									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	15.87	19.91	22.76	23.37	23.83	22.93	24.99	23.29	23.77	25.11
93.5 ± 0.6	15.87	21.11	23.56	24.05	23.60	22.35	23.28	22.04	22.45	21.72
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณ titratable acidity ของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	% titratable acidity									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8±2.6	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
93.5±0.6	0.09	0.09	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 9 ความหวานของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ 93.5 ± 0.6

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความหวาน (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	2.53	2.80	3.60	3.90	3.80	4.00	43.0	4.68	4.08
93.5 ± 0.6	2.58	3.20	4.20	3.90	4.20	4.10	4.30	4.38	4.33
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ความฝาดของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความฝาด (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8±2.6	2.23	2.20	1.60	1.60	1.40	1.20	1.30	1.33	1.25
93.5±0.6	2.45	2.20	1.70	1.70	1.40	1.30	1.20	1.23	1.25
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 11 เนื้อสัมผัสของผลกล้วยไ้ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	เนื้อสัมผัส (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8±2.6	1.00	1.10	1.30	1.70	2.20	2.10	1.90	3.08	4.75
93.5±0.6	1.00	1.00	1.40	2.00	2.00	2.30	2.30	2.93	4.25
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 12 กลิ่นของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	กลิ่น (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	1.00	1.30	1.00	1.20	1.50	1.20	1.60	1.75	3.08
93.5 ± 0.6	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.20	1.50	1.68	2.33
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 13 รสชาติของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	รสชาติ (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	1.00	1.30	1.10	1.00	1.70	1.10	1.40	1.78	3.17
93.5 ± 0.6	1.00	1.00	1.00	1.10	1.20	1.20	1.40	1.88	2.17
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 ความชอบของผู้ชิมต่อผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$ และ $93.5\pm0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความชอบ (คะแนน)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	2.60	2.40	3.50	3.40	2.70	3.50	3.10	2.63	1.50
93.5 ± 0.6	2.48	2.80	3.60	3.50	3.40	3.60	3.30	3.20	2.58
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 15 การหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	การหลุดร่วง (%)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93.5 ± 0.6	0	0	0	1.56	7.11	16.48	24.26	57.14	73.98	89.55
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**	**

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับโดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 16 แรงต้านทานการหลุดร่วงของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	แรงต้านทานการหลุดร่วง (กก.)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	4.80	3.18	2.29	1.98	1.74	1.59	1.44	1.24	1.13	1.21
93.5 ± 0.6	4.80	3.19	1.34	0.95	0.93	0.53	0.51	0.39	0.29	0.20
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	*

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักทั้งหัวของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8 \pm 2.6\%$ และ $93.5 \pm 0.6\%$

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	การสูญเสียน้ำหนัก (%)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
67.8 ± 2.6	0	2.59	4.61	6.54	8.49	11.37	13.18	15.33	17.49	19.87
93.5 ± 0.6	0	0.25	1.31	1.85	2.45	3.56	3.99	4.59	4.80	5.46
<i>t</i> -test	ns	*	*	*	*	**	**	**	**	**

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ โดยวิธี *t*-test

ตารางภาคผนวกที่ 18 ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บรักษา ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณน้ำ (%) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	89.53	88.43	86.17	83.13 b	77.33	77.33 b	75.80 b	76.00 b	71.50 b	64.57 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	89.40	88.73	86.93	83.63 ab	75.87	75.87 b	73.13 b	72.90 b	66.23 c	60.80 b
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	89.53	88.40	87.47	86.73 a	85.00	83.90 a	83.67 a	83.07 a	82.77 a	82.10 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	89.40	89.23	87.70	86.90 a	84.70	84.70 a	83.77 a	82.67 a	81.37 a	81.63 a
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	*	ns	**	**	**	**	**
% CV	0.83	0.45	1.60	2.01	1.95	3.02	3.12	2.16	1.77	3.18

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 19 ปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำของเปลือกกล้วยไช่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยไช่ที่เก็บรักษา ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำ (μg) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	25.11	32.05	41.11	41.94 b	45.79 b	38.65 c	37.95 d	37.21 bc	34.10 c	30.16 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	23.40	32.32	43.84	44.47 b	46.06 b	42.81 bc	40.00 c	34.71 c	34.23 c	29.56 b
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	25.11	35.44	44.82	50.48 a	52.53 a	55.73 a	48.53 a	44.72 a	43.79 a	40.34 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	23.40	32.94	45.52	52.16 a	50.10 a	44.91 b	42.51 b	38.47 b	37.87 b	32.75 b
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*
% CV	3.64	3.44	2.73	2.86	2.26	3.79	1.60	2.36	1.86	3.57

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 20 ปริมาณเพกตินที่ละลายใน CDTA ของเปลือกกล้วยไ้ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกกล้วยไ้ที่เก็บรักษา ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณเพกตินที่ละลายใน CDTA (μg) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	20.58	17.74 bc	15.55 b	14.36 b	13.00 a	12.66 a	12.10 b	10.66 b	11.97 b	12.60 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	22.22	21.04 ab	20.06 a	19.17 a	14.81 a	13.81 a	14.50 a	14.93 a	15.42 a	16.84 a
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	20.58	16.77 c	14.34 b	11.93 c	9.41 b	8.83 b	7.25 c	8.18 c	10.28 b	10.62 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	22.22	21.68 a	20.36 a	17.96 a	14.80 a	13.61 a	14.90 a	15.22 a	15.19 a	17.07 a
<i>F</i> -test	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
% CV	5.96	6.89	5.28	4.06	7.69	6.52	5.76	5.36	4.84	5.16

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 21 ปริมาณเพกตินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนตของเปลือกกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บ รักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณเพกตินที่ละลายในโซเดียมคาร์บอเนต (μg) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	13.83	10.04 b	9.10 b	7.50 b	6.40	5.72 c	5.63 b	5.59 c	4.32 a	4.12 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	14.04	12.51 a	10.07 a	9.41 a	7.34	7.18 b	6.83 a	7.17 a	4.87 a	4.62 a
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	13.83	9.91 b	7.60 c	6.82 b	6.03	5.29 d	5.08 c	4.67 d	3.12 b	3.36 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	14.04	12.25 a	9.61 ab	9.13 a	7.67	8.00 a	6.92 a	6.49 b	4.39 a	4.26 a
<i>F</i> -test	ns	*	*	*	ns	**	*	*	*	*
% CV	3.44	4.65	2.56	3.69	7.26	1.24	2.53	3.89	7.18	4.79

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 22 กิจกรรมของเอนไซม์ PME ในเปลือกของผลกล้วยไ้ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บ รักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	กิจกรรม PME (nmol/μg protein/min) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	73.12 b	99.48 b	102.36 b	120.48 c	113.81 b	96.78 c	76.02 c	71.79 c	57.66 c	50.77 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	104.48 a	130.29 a	150.78 a	121.75 c	111.62 b	100.87 c	83.53 c	84.10 bc	53.42 c	49.10 b
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	73.12 b	99.15 b	112.85 b	132.78 b	147.88 a	193.94 a	123.63 a	109.84 a	79.94 a	66.29 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	104.48 a	120.76 a	142.69 a	146.79 a	154.43 a	143.92 b	98.84 b	91.99 ab	69.86 b	65.03 a
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns
% CV	4.65	7.32	4.24	3.96	4.62	5.13	3.51	6.70	2.34	5.04

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 23 กิจกรรมของเอนไซม์ PG ในเปลือกของผลกล้วยไ้ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บ รักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	กิจกรรม PG (nmol/μg protein/min) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	0.024 b	0.048	0.071	0.072 b	0.092 b	0.100 b	0.099 bc	0.087 b	0.077 b	0.061 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	0.038 a	0.052	0.06	0.063 bc	0.096 ab	0.103 b	0.105 b	0.100 ab	0.079 b	0.071 ab
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.024 b	0.047	0.055	0.086 a	0.105 a	0.144 a	0.121 a	0.111 a	0.102 a	0.082 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.038 a	0.050	0.053	0.060 c	0.080 c	0.105 b	0.094 c	0.090 b	0.091 ab	0.067 b
<i>F</i> -test	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	*
% CV	7.21	7.97	10.64	5.17	4.40	5.27	2.58	7.75	6.61	5.99

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 24 กิจกรรมของเอนไซม์ PL ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บรักษา ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	กิจกรรม PL (U/mg protein) ^{1/}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	0.63	0.46	0.40 b	0.66 a	0.73 ab	0.71 ab	0.45	0.50	0.42 ab	0.33 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70%	0.36	0.43	0.32 b	0.20 ab	0.27 b	0.61 b	0.46	0.42	0.23 b	0.51 a
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.63	0.59	0.83 a	0.80 a	1.16 a	0.86 ab	0.70	0.80	0.72 a	0.24 c
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.36	0.36	0.43 b	0.74 a	0.66 ab	0.97 a	0.50	0.63	0.63 ab	0.56 a
<i>F</i> -test	ns	ns	**	*	*	*	ns	ns	*	**
% CV	34.30	43.09	20.60	44.78	43.18	20.16	28.69	24.37	41.66	12.41

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 25 ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักสด) ในเปลือกของผลกล้วยไ้ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25±0.2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6% และ 93.5±0.6%

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บ รักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณเส้นใย (%) ^{1/}					
	0	1	3	5	7	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	0.33 a	0.45 a	0.55 a	0.70 a	0.79 a	0.86 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8±2.6%	0.05 b	0.08 b	0.10 b	0.12 b	0.14 c	0.20 c
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.33 a	0.36 a	0.43 a	0.46 a	0.49 b	0.53 b
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ 93.5±0.6%	0.05 b	0.08 b	0.10 b	0.11 b	0.12 c	0.13 c
<i>F</i> -test	**	**	**	**	**	**
% CV	23.83	24.99	22.41	28.49	12.69	16.61

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%

ตารางภาคผนวกที่ 26 ปริมาณเส้นใย (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง)ในเปลือกของผลกล้วยไข่ระหว่างสุกที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส
 ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$ และ $93.5\pm0.6\%$

ตำแหน่งเนื้อเยื่อเปลือกผลกล้วยที่เก็บ รักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน	ปริมาณเส้นใย (%) ^{1/}					
	0	1	3	5	7	9
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$	2.36 a	3.01 a	3.02 a	2.92 a	3.18 a	3.12 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ $67.8\pm2.6\%$	0.37 b	0.42 c	0.47 b	0.47 b	0.53 c	0.61 b
โคนก้านผล, ความชื้นสัมพัทธ์ $93.5\pm0.6\%$	2.36 a	2.19 b	2.56 a	2.51 a	2.53 b	2.77 a
กลางผล, ความชื้นสัมพัทธ์ $93.5\pm0.6\%$	0.37 b	0.63 c	0.66 b	0.61 b	0.57 c	0.54 b
<i>F</i> -test	**	**	**	**	**	**
% CV	17.03	15.45	16.39	24.67	15.29	19.09

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

*, ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} : ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความแตกต่าง 0.05%