

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของเปลือกมังคุดภายหลังได้รับแรงกดดันตั้งแต่เริ่มกดทับจนเปลือกมังคุดเกิดเปลือกแข็ง สามารถวิเคราะห์และอภิปรายผลได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาความต้านทานความเสียหายของผลมังคุดเมื่อได้รับแรงกดทับ

การสูญเสียน้ำหนัก

จากการทดลองผลมังคุดภายหลังได้รับแรงกดทับพบว่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น ทั้งในชุดควบคุม และผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับขนาดต่างๆ โดยเฉพาะผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับด้วยแรงที่มาก การสูญเสียน้ำหนักก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจตลอดเวลา ซึ่งการหายใจเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์(คณัย, 2540) ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำภายในผลผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในกับภายนอกของผลผลิต โดยการระเหยผ่านช่องเปิดต่างๆ เช่น stomata, lenticel หรือรอยร้าวที่เกิดจากการกระทบกระเทือนซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากขึ้นเช่นกัน (จริงแท้, 2546) ส่วนน้ำหนักแต่ละขนาดของผลพบว่า ผลขนาดกลาง (90-120 กรัม) และขนาดผลใหญ่ (120-150 กรัม) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเนื่องจากขนาดกลาง(90-120 กรัม) และขนาดใหญ่ (120-150 กรัม) มีพื้นที่ต่อปริมาณการคายน้ำขนาดผลเล็ก (60-90 กรัม) มีมากกว่าเพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจะมากกว่าด้วย (ชลทิศา, 2540) จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดตอนแรกจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและจะลดลงจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากในช่วงแรกมังคุดมีอัตราการคายน้ำสูงเนื่องจากมังคุดเกิดความเสียหาย เซลล์เปลือกเกิดบาดแผล หลังจากนั้นมังคุดเกิดการตอบสนองทางกายภาพเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ โดยอาการเปลือกแข็งนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการระเหยน้ำภายในผลทำให้การสูญเสียน้ำช้าลง (จริงแท้, 2537)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกแข็งของผลมังคุด

จากการทดลองพบว่าผลของแรงกดทับในชุดควบคุมไม่เกิดอาการเปลือกแข็ง โดยที่แรงกดทับ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เกิดอาการเปลือกแข็งน้อยมากโดยมีน้ำหนักน้อยซึ่งแตกต่างกับผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับที่ 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งแรงกดทับขนาดนี้ทำให้เปลือกผลมังคุดมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้นตามระดับแรงกดทับซึ่งได้สอดคล้องกับ จริงแท้, (2537) พบว่าความเสียหายของผลมังคุดจะปรากฏให้เห็นเป็นเปลือกแข็ง ซึ่งเปลือกแข็งเกิดจากการตอบสนองทางกายภาพของผลมังคุดเมื่อเกิดบาดแผล โดยที่ผลขนาดเล็กมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกแข็งน้อยที่สุด เมื่อเซลล์เกิดบาดแผลจะเกิดอาการเปลือกแข็งและน้ำหนักเปลือกแข็งของผลมังคุดจะเพิ่มขึ้นด้วยถ้าเก็บรักษาผลมังคุดไว้นานขึ้น ส่วนผลมังคุดทั้ง 3 ขนาดมีอาการเปลือกแข็งขึ้นเมื่อได้รับแรงกดทับแล้วทิ้งไว้ 3 วัน โดยเฉพาะผลขนาดเล็กมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกแข็งน้อยที่สุดผลมังคุดขนาดใหญ่เกิดความเสียหายมากที่สุด ผลมังคุดขนาดใหญ่จึงเกิดอาการเปลือกแข็งมากเพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสโดยตรงกับแรงกดทับจึงเกิดการซ้ำของผลมากจึงทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกแข็งมากขึ้น (ชลทิสา, 2540)

การประเมินทางประสาทสัมผัส

ด้านลักษณะเปลือกชั้นนอก

จากการทดลองให้ผลมังคุดได้รับแรงกดทับขนาดต่างๆ แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วันจากนั้นตรวจสอบสภาพภายนอกของเปลือกพบว่า เปลือกผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับต่างๆ เกิดความเสียหายต่อเปลือกชั้นนอกผลมังคุด โดยที่แรงกดทับที่ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้เปลือกชั้นนอกผลมังคุดยุบตัวลงไปเล็กน้อย ส่วนแรงกดทับที่ 3, และ 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้เปลือกชั้นนอกเสียหายมาก (Tongdee *et al.*, 1989) เปลือกผลมังคุดปริ มีน้ำหวานออกมาเล็กน้อยส่วนแรงกดทับ 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร นั้นเปลือกผลมังคุดได้รับความเสียหายมากที่สุด โดยเปลือกผลมังคุดปริแตกออกจากกัน และมีน้ำหวานไหลซึมออกมา

ด้านสีเนื้อภายในผลมังคุด

จากการทดลองพบว่าเมื่อแกะเปลือกออก ผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าสีเนื้อภายในมีสีขาวไม่ได้รับความเสียหายเลย โดยที่ สีเนื้อภายในผลไม่แตกต่างกับชุดควบคุมส่วนแรงกดทับที่ 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าส่วนของเนื้อผลมังคุดได้รับความเสียหายมากและจะเกิดจุดสีน้ำตาล ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลมังคุดคือการเกิดอาการเปลือกแข็ง เนื้อมีสีน้ำตาล และจะเกิดควบคู่กันไปโดยจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ

เวลาเก็บรักษาและได้รับแรงกดทับที่เพิ่มขึ้น (Augustin *et.al*, 1986) โดยผู้บริโภคมักรับชุดควบคุมและแรงกดทับที่ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนแรงกดทับที่ 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผู้บริโภคมักไม่ยอมรับ

ด้านรสชาติ

จากการทดลองให้ผู้ทดสอบชิมเนื้อมังคุดพบว่าผู้ทดสอบยอมรับในชุดควบคุม และแรงกดทับที่ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนแรงกดทับที่ 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยให้คะแนนต่ำกว่า 2 ลงมา

การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของเปลือกมังคุดเมื่อได้รับแรงกดทับ

จากผลการทดลองและศึกษาข้อมูลทางสถิติในการทดลองที่ 1 จึงเลือกเอาเฉพาะแรงกดทับที่ทำให้เปลือกผลมังคุดเกิดความเสียหายมาทดลอง โดยศึกษาระยะเวลาของการแข็งตัวของเปลือกผลมังคุดในแต่ละกรรมวิธี และบันทึกข้อมูลในแต่ละกรรมวิธีทุกๆ 30 นาที

ความแน่นเนื้อของเปลือก

จากการทดลองพบว่าผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับที่ 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะเกิดอาการเปลือกแข็งภายในเวลา 390 นาที ผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับที่ 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เกิดอาการเปลือกแข็งภายในเวลา 300 นาที ส่วนผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับที่ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะเกิดอาการเปลือกแข็งภายในเวลา 180 ชั่วโมงและผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับที่ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะเกิดอาการเปลือกแข็งภายในเวลา 150 นาทีโดยผลมังคุดจะเกิดอาการเปลือกแข็งได้อย่างรวดเร็วภายในเวลา 150 นาที โดยเปลือกผลมังคุดบริเวณที่ได้รับ ความเสียหายจะมีอาการเปลือกแข็ง (Busiri, *et.al*, 2003) โดยบริเวณที่เกิดอาการเปลือกแข็งจะเกิดตรงบริเวณที่ได้รับแรงกดเท่านั้นซึ่งได้สอดคล้องกับการทดลองของ Tongdee *et.al*, 1989; Ketsa, (1998) พบว่าความแน่นเนื้อของเปลือกผลมังคุดหลังได้รับแรงกดทับนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และจะมากขึ้นตามระดับของแรงที่ทำให้เปลือกผลมังคุดเกิดความเสียหาย และส่วนของแรงกดทับที่ 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะเริ่มมีความแน่นเนื้อของเปลือกผลมังคุดที่ 2.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่เปลือกเริ่มเกิดอาการเปลือกแข็งและจะมากขึ้นตาม ตามลำดับและอาการเปลือกแข็งจะสังเกตได้อย่างชัดเจนเมื่อเปลือกมังคุดมีความแน่นเนื้อเป็น 2.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสอดคล้องกับ สายชล (2546) ที่รายงานว่าความแน่นเนื้อของเปลือกผลมังคุดบริเวณที่

ได้รับความเสียหายมากจะมีความแน่นเนื้อมากกว่าเปลือกผลมังคุดที่ได้รับความเสียหายน้อย (สายชล, 2546)

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลมังคุด

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลมังคุดพบว่า ค่า L^* ค่า Chroma มีแนวโน้มลดลงแสดงให้เห็นว่าเปลือกผลเมื่อได้รับแรงกดทับแล้วทิ้งไว้ สีเปลือกผลมังคุดมีสีคล้ำขึ้น ส่วนค่า h° มีแนวโน้มลดลงแสดงว่าผลมังคุดมีสีม่วงดำเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกผลมังคุดได้รับความเสียหาย เมื่อผลผลิตเกิดบาดแผล ผลผลิตจะเกิดการคายน้ำอย่างรวดเร็วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีจะเกิดได้เร็วขึ้นพร้อมทั้งการสลายตัวของสารสีก็จะเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นดังนั้นผลผลิตจึงเข้าสู่การเสื่อมสภาพ senescence (จริงแท้, 2544) จึงทำให้สีผิวเปลือกมังคุดเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเปลือกมังคุด

จากการศึกษาระยะเวลาของการแข็งตัวของเปลือกผลมังคุดโดยวิธีการ freehand section พบว่าแรงกดทับที่ขนาด 3, 4, 5 และ 6 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ทุก 30 นาทีจะพบความแตกต่างคือ ในเวลาที่ 0 นาทีเนื้อเยื่อส่วนของท่อน้ำยางมีน้ำยางสีเหลืองมารวมอยู่ตรงท่อน้ำยางในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับเวลาที่ 90 นาทีขึ้นไปจะพบน้ำยางไหลมาเปราะเปื้อนตรงบริเวณโดยรอบของเนื้อเยื่อที่ได้รับแรงกดทับ โดยปริมาณน้ำยางจะมีมากขึ้นเมื่อเปลือกผลมังคุดได้รับแรงกดทับที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแรงกดทับที่ 6 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ปริมาณน้ำยางก็มีมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแล้วในเวลา 150 นาที เปลือกผลมังคุดแตกและบริเวณโดยรอบเกิดเป็นสีน้ำตาล โดยผลเปลือกมังคุดจะเกิดการเปลือกแข็งและมีผลึกของน้ำยาง เคลือบเกาะติดอยู่ที่ผนังเซลล์โดยทั่วไปและเซลล์ส่วนมากจะแตกและมีผลึกน้ำยางตกค้างอยู่ในเซลล์ (ธนัชชัย, 2534)

การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของเปลือกมังคุดที่ทำให้มังคุดเกิดการเปลือกแข็งหลังได้รับ แรงกดทับ

จากผลการทดลองและข้อมูลทางสถิติในการทดลองที่ 2 นำผลของแรงกดทับที่ทำให้เปลือกผลมังคุดเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือแรงกดทับที่ 6 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงดังนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินของเนื้อเยื่อของเปลือกผลมังคุดขณะที่เกิดอาการเปลือกแข็งไม่แตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่เกิดอาการเปลือกแข็งซึ่งผลการทดลองไม่ตรงกับผลการทดลอง สมศักดิ์. (2538) และ สายชล. (2541) ที่รายงานว่าปริมาณลิกนินของผลมังคุดเปลือกแข็งมีมากกว่าเมื่อศึกษาภายในเวลา 8 ชั่วโมง ที่เปลือกไม่แข็งจากการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อให้แรงกดทับขนาด 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถทำให้ผลมังคุดเริ่มเกิดอาการเปลือกแข็งได้ภายในเวลา 120 นาที (สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์) และแสดงอาการเปลือกแข็งเต็มที่ เมื่อเวลา 180 นาที ภายหลังจากที่ได้รับแรงกดทับเมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สั้นจึงทำให้เซลล์ผลมังคุดยังไม่สามารถผลิตลิกนินขึ้นมาได้ มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างจากเซลล์ที่ไม่เกิดอาการเปลือกแข็งของการศึกษาครั้งนี้

ส่วนปริมาณเพกทินอาจมีผลต่อการเกิดเปลือกแข็งโดยที่ปริมาณเพกทินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังจากได้รับแรงกดทับ และเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนเปลือกผลเกิดอาการเปลือกแข็ง การเพิ่มขึ้นของปริมาณเพกทินจึงอาจเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเกิดอาการเปลือกแข็งของมังคุด

ส่วนสาเหตุในการเกิดอาการเปลือกแข็งของมังคุดที่สำคัญอาจเกิดจาก น้ำยางภายในท่อน้ำยางที่มีกระจัดกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อของเปลือกมังคุดไหลออกมาเปอระเปื้อนเซลล์บริเวณ โดยรอบ ภายหลังจากการแตกของท่อน้ำยางส่งผลให้เซลล์บริเวณดังกล่าวเกิดการฉีกขาดและเมื่อน้ำยางแข็งตัว รอยฉีกขาดก็จะเพิ่มมากขึ้นและ สีของเซลล์มีสีคล้ำและมีความแข็งเพิ่มขึ้น ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของเพกทินซึ่งทำให้เซลล์ยึดเกาะติดกัน ได้แน่นขึ้นส่งผลให้เกิดอาการเปลือกแข็ง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพกทิน

จากการทดลองนำผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรแล้วตัดเอา ส่วนของเปลือกที่ได้รับแรงกดทับตัดออกมาเพื่อหาวิเคราะห์ปริมาณเพกทิน ที่อยู่ในเปลือกทุก 30

นาที่ไปจนเกิดการเปลือกแข็ง พบว่ามีปริมาณเพกทินเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมเนื่องจาก เซลล์มีขนาดหรือได้รับการกระทบกระเทือน เอนไซม์เพคตินเนส และเพกทินเคลื่อนที่เข้าใกล้กันจึง ทำให้เกิดการย่อยสลายสารเพกทินให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ สมศักดิ์, (2538) เมื่อผลมังคุดได้รับความเสียหายแล้วทิ้งไว้นานขึ้นปริมาณเพกทินยังคงที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อภายหลังได้รับแรงกดทับ

จากการทดลองนำเปลือกผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับกับชุดควบคุมด้วยวิธีการ microtome พบว่า เปลือกผลมังคุดชุดควบคุมมีเซลล์ของท่อลำเลียงอยู่เป็นชั้นๆ โดยที่ท่อน้ำยามีขนาดใหญ่ โดยน้ำยางจะเคลือบเกาะติดอยู่ที่ผนังเซลล์ทั่วไป ส่วนของผลมังคุดที่ได้รับแรงกดทับพบว่าตรง ส่วนของท่อน้ำยางนี้ได้รับความเสียหาย ที่เซลล์ของท่อน้ำยางแตกจึงทำให้น้ำยางไหลออกมาประอะ เป็นบริเวณรอบๆ ของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นจากนั้นเนื้อเยื่อตรงบริเวณที่เซลล์แตกจะเกิดเป็นสีคล้ำ รอบๆ เนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหายซึ่งได้สอดคล้องกับการทดลองของ ณะชัย (2536) พบว่าชั้น ของเซลล์ parenchyma และชั้น inner epidermis มีท่อน้ำยางขนาดใหญ่และท่อลำเลียง (vascular bundies) แทรกอยู่ตลอดความหนาของเปลือกและพบว่า ผลมังคุดที่มีเปลือกแข็งจะมีผลึกของน้ำยาง เคลือบเกาะติดอยู่ที่ผนังเซลล์ โดยเซลล์เปลือกผลมังคุดที่ลักษณะเปลือกแข็งเป็นเซลล์ที่แตกและมี น้ำยางมาเกาะที่ผนังเซลล์อย่างมาก