บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ความสามารถในการรับแรงกดทับของผลลำไย

ผลลำไยสดพันธุ์ดอเกรด A ที่นำมาทดสอบ เป็นผลลำไยที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 หลังจากสุ่มผลลำไยมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและความชื้นเปลือกได้ผลดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยที่นำมาทดสอบความสามารถในการรับแรงกดทับ

น้ำหนักผล	เส้นผ่านศูนย์กลางผล (มิลลิเมตร)			ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)		
(กรัม)	ส่วนกว้าง	ส่วนแคบ	ส่วนสูง	ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง
10.9	28.1	25.5	24.9	0.91	0.70	0.66

แรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาด (นิวตัน)			ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด
9.0	9.8	10.4	60.0	81.0	40.0

4.1.1 แรงกดทับสูงสุด

ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงกดทับของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้หัวกด 2 แบบ คือหัวกดเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (ภาพ 3.10) ซึ่งจำลองการกดทับระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง และหัวกดแผ่นเรียบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (ภาพ 3.11) ซึ่งจำลองการกดทับเมื่อผลลำไยอยู่ด้านล่างสุด หรือด้านบนสุดของภาชนะบรรจุ ผลการทดลองที่ได้พบว่า ที่ตำแหน่งด้านข้างของผลลำไยมีค่าแรงกดทับสูงสุดที่ทำให้ผลแตกต่ำที่สุด ในขณะที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่างของผลมีค่าแรงกดทับสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่าแรงกดทับสูงสุดเมื่อกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลมที่ตำแหน่งด้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้ว ด้านข้าง และด้านล่างเฉลี่ย 77.4±1.4, 72.5±2.6 และ 77.5±3.3 นิวตัน (ตาราง 4.2) และเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบมีค่าแรงกดทับสูงสุดเฉลี่ย 84.3±3.5, 77.4±1.4 และ 84.3±1.9 นิวตัน ตามลำดับ (ตาราง 4.2)

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น เมื่อกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลมที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่างมีค่าแรงกดทับสูงสุดเฉลี่ย 75±2.1, 63.5±1.6 และ 76.0±4.5 นิวตัน (ตาราง 4.3) และเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 81.3±2.5, 70.7±4.7 และ 81.8±4.1 นิวตัน ตามลำดับ (ตาราง 4.3) แสดงว่าที่ตำแหน่งด้านข้างของผลลำไยสามารถรับแรงกดทับได้น้อยที่สุด ในขณะที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่างสามารถรับแรงกดทับได้ใกล้เคียงกัน ทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.2) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ตาราง 4.3)

ในระหว่างการทดสอบพบว่า เมื่อกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่าง ผลลำไยเกิดการแตกตรงตำแหน่งด้านข้างทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ภาพ 4.1) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ภาพ 4.2) เนื่องจากเมื่อผลลำไยถูกกดทับ ตรงบริเวณที่ถูกกดทับจะยุบตัวลง ทำให้บริเวณด้านข้างโป่งพองออกเพราะเกิดความยืดหยุ่น (Satriana, 1993) และเกิดการแพร่กระจายของความเค้น และเกิดการปริแตกของเปลือกตรงบริเวณที่ทนต่อแรงเค้นเฉือน (shearing stress) น้อยที่สุด (Holt and Schoorl, 1977) แต่เมื่อกดทับที่ตำแหน่งด้านข้างพบว่าผลลำไยเกิดการปริแตกตรงตำแหน่งด้านขั้วประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ทั้งผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพ 4.1) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ภาพ 4.2) ทั้งนี้เพราะว่าที่ตำแหน่งบริเวณด้านขั้วทนต่อแรงเค้นเฉือน (shearing stress) น้อยกว่าที่ตำแหน่งด้านข้างและด้านล่างของผล และจากข้อมูลในตาราง 4.1 พบว่าเปลือกตรงตำแหน่งด้านขั้วสามารถทนต่อแรงดึงได้ต่ำกว่าที่ตำแหน่งด้านข้างและด้านล่างของผล โดยที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่างสามารถทนต่อค่าแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 9.0, 9.8 และ 10.4 นิวตัน ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบความหนาเปลือกของแต่ละตำแหน่งบนผลลำไย พบว่าที่ตำแหน่งด้านขั้วของผลลำไยมีความหนาของเปลือกมากที่สุดคือ 0.91 มิลลิเมตร รองลงมาคือตำแหน่งด้านข้างและด้านล่าง ซึ่งมีความหนาของเปลือกเท่ากับ 0.70 และ 0.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.1) แสดงว่าเปลือกตรงตำแหน่งด้านขั้วมีความหนาและความเปราะมากกว่าตำแหน่งด้านข้างและด้านล่าง นอกจากนี้ยังพบว่าตรงตำแหน่งด้านขั้วของผลลำไยมีลักษณะโค้งเว้า เมื่อกดทับตรงตำแหน่งด้านข้างจะทำให้การแพร่กระจายของความเค้นบริเวณด้านขั้วไม่สม่ำเสมอกัน จึงทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดการปริแตกได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งด้านข้างและด้านล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของแรงกดทับสูงสุดที่ทำให้ผลลำไยแตก เมื่อทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ตำแหน่งของผลลำไย	แรงกดทับสูงสุด (นิวตัน)		$LSD_{0.05}$	%CV
	หัวกดเหล็กกลม	หัวกดแผ่นเรียบ		
ด้านขั้ว	77.4±1.4Ab	84.3±3.5Aa	1.6	1.9
ด้านข้าง	72.5±2.6Bb	77.4±1.4Ba	1.0	1.3
ด้านล่าง	77.5±3.3Ab	84.3±1.9Aa	1.1	1.4
$LSD_{0.05}$	1.0	1.1	-	-
%CV	1.4	1.5	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกัน และตัวเลขแนวขวางที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยของแรงกดทับสูงสุดที่ทำให้ผลลำไยแตก เมื่อทดสอบการกดทับกับผลที่ลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ตำแหน่งของผลลำไย	แรงกดทับสูงสุด (นิวตัน)		$LSD_{0.05}$	%CV
	หัวกดเหล็กกลม	หัวกดแผ่นเรียบ		
ด้านขั้ว	75.9±2.1Ab	81.3±2.5Aa	0.7	0.9
ด้านข้าง	63.5±1.6Bb	70.7±4.7Ba	2.4	3.5
ด้านล่าง	76.0±4.5Ab	81.8±4.1Aa	1.8	2.2
$LSD_{0.05}$	1.5	1.6	-	-
%CV	2.3	2.2	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกัน และตัวเลขแนวขวางที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดทับสูงสุดระหว่างหัวกด 2 แบบ พบว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบมีค่าแรงกดทับสูงสุดมากกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม ทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.2) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมาแล้ว 3 วัน (ตาราง 4.3) เนื่องจากเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบผลลำไยมีพื้นที่รับแรงกดทับมากกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวเหล็กกลม จึงทำให้ผลลำไยรับแรงกดทับสูงสุดได้มากกว่า

4.1.2 ความยืดหยุ่นของผลลำไย

ค่า Young's modulus ซึ่งเป็นค่าที่ชี้บ่งถึงความยืดหยุ่นของผลิตผลที่วัดได้จากผลการทดลอง พบว่าที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่างของผลลำไยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ตำแหน่งด้านขั้วมีค่า Young's modulus มากที่สุด หรือมีความยืดหยุ่นน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ตำแหน่งด้านล่าง และสุดท้ายคือที่ตำแหน่งด้านข้างของผล ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีค่า Young's modulus น้อยที่สุด หรือมีความยืดหยุ่นมากที่สุด ทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.4) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ตาราง 4.5) ทั้งนี้เพราะว่าที่ตำแหน่งด้านขั้วของผลลำไยเป็นตำแหน่งที่ติดกับเมล็ดที่อยู่ด้านในผล จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น เมื่อทดสอบการกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วพบว่ามีค่าความเค้น (*ค่าแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่*) มากกว่าที่ตำแหน่งด้านข้างและด้านล่างของผล (ตารางภาคผนวก 1, 2)

เมื่อเปรียบเทียบค่า Young's modulus ที่ได้จากการกดทับด้วยหัวกด 2 แบบ จากการกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่างของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยหัวกดเหล็กกลมพบว่ามีค่า Young's modulus สูงกว่าเมื่อทดสอบการกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ (ตาราง 4.4) เพราะว่าเมื่อกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่างด้วยหัวกดเหล็กกลมซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับผลลำไย จึงทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างหัวกดกับผลลำไยน้อยกว่าเมื่อทดสอบการกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าผลลำไย ดังนั้น เมื่อทดสอบการกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านล่างด้วยหัวกดเหล็กกลม จึงทำให้มีค่าความเค้นมากกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ (ตารางภาคผนวก 1) ในขณะที่ทดสอบการกดทับที่ตำแหน่งด้านข้าง พบว่าการกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลมผลลำไยมีค่า Young's modulus น้อยกว่าหรือมีความยืดหยุ่นมากกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ (ตาราง 4.4) เพราะว่าการกดทับผลลำไยด้วยหัวกดแผ่นเรียบมีค่าความเค้นค่อนข้างมากกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยของ Young's modulus เมื่อทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ตำแหน่งของผลลำไย	Young's modulus (นิวตัน/เซนติเมตร^2)		$LSD_{0.05}$	%CV
	หัวกดเหล็กกลม	หัวกดแผ่นเรียบ		
ด้านขั้ว	91.0±7.1Aa	81.0±5.3Ab	6.0	6.9
ด้านข้าง	44.2±4.4Cb	67.6±3.4Ca	1.2	2.1
ด้านล่าง	72.6±4.1Bb	69.5±5.5Bb	1.8	2.6
$LSD_{0.05}$	5.1	1.8	-	-
%CV	7.9	2.7	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกัน และตัวเลขแนวขวางที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยของ Young's modulus เมื่อทดสอบการกดทับกับผลที่ลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ตำแหน่งของผลลำไย	Young's modulus (นิวตัน/เซนติเมตร^2)		$LSD_{0.05}$	%CV
	หัวกดเหล็กกลม	หัวกดแผ่นเรียบ		
ด้านขั้ว	97.9±4.9Aa	81.3±4.3Ab	0.8	0.9
ด้านข้าง	65.7±4.4Cb	70.8±7.3Ca	ns	8.4
ด้านล่าง	80.2±8.3B	77.3±8.7B	ns	5.2
$LSD_{0.05}$	4.6	4.0	-	-
%CV	6.1	5.5	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกัน และตัวเลขแนวขวางที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าการกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วด้วยหัวกดเหล็กกลม ผลลำไยมีค่า Young's modulus มากกว่าหรือมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าเมื่อกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ (ตาราง 4.5) เช่นเดียวกับการทดสอบกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ และสำหรับการทดสอบการกดทับที่ตำแหน่งด้านข้างและด้านล่าง พบว่าการกดทับด้วยหัวกดทั้ง 2 แบบ ผลลำไยมีค่า Young's modulus ใกล้เคียงกัน (ตาราง 4.5)

4.1.3 ผลของอุณหภูมิลำไยต่อความสามารถในการรับแรงกดทับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดทับสูงสุด จากภาพ 4.3 และตารางภาคผนวก 3 พบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ มีความสามารถในการรับแรงกดทับสูงสุดมากกว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น แสดงว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีโอกาสเกิดความเสียหายจากการถูกกดทับมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในผลมะม่วงและผลแอปเปิล (Satriana, 1993; Pang *et al.*, 1996) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความชื้นของเปลือกลำไย โดยพบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีความชื้นเปลือกเฉลี่ย 58.3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีความชื้นเปลือกเฉลี่ยเพียง 50.7 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บผลลำไยไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเท่ากับ 78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 58 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อนำผลลำไยไปแช่ในตู้เย็นจึงทำให้เปลือกมีความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อถูกกดทับจึงเกิดการแตกได้ง่ายกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

สำหรับค่า Young's modulus ของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าเมื่อทดสอบการกดทับด้วยหัวเหล็กกลมผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า Young's modulus มากกว่าหรือมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตารางภาคผนวก 4) เพราะเมื่อกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่าง ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่าความเค้นมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ เมื่อทดสอบการกดทับที่ตำแหน่งด้านข้างพบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่าความเครียด (*ค่าการเปลี่ยนแปลงในขนาดหรือรูปร่างของวัตถุเนื่องจากแรงเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดหรือรูปร่างเดิม*) มากกว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ตารางภาคผนวก 1, 2) สำหรับการทดสอบการกดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าผลลำไย พบว่าการกดทับที่ตำแหน่งด้านขั้วและด้านข้างผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า Young's modulus ใกล้เคียงกัน และสำหรับการกดทับที่ตำแหน่งด้านล่าง พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า (ตารางภาคผนวก 4) Young's modulus มากกว่าหรือมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เช่นเดียวกับการทดสอบการกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a. ผลลำไยที่กดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม

b. ผลลำไยที่กดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ

ภาพ 4.1 ลักษณะของผลลำไยที่การเก็บเกี่ยวมาใหม่ภายหลังทดสอบการรับแรงกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม (a) และหัวกดแผ่นเรียบ (b)

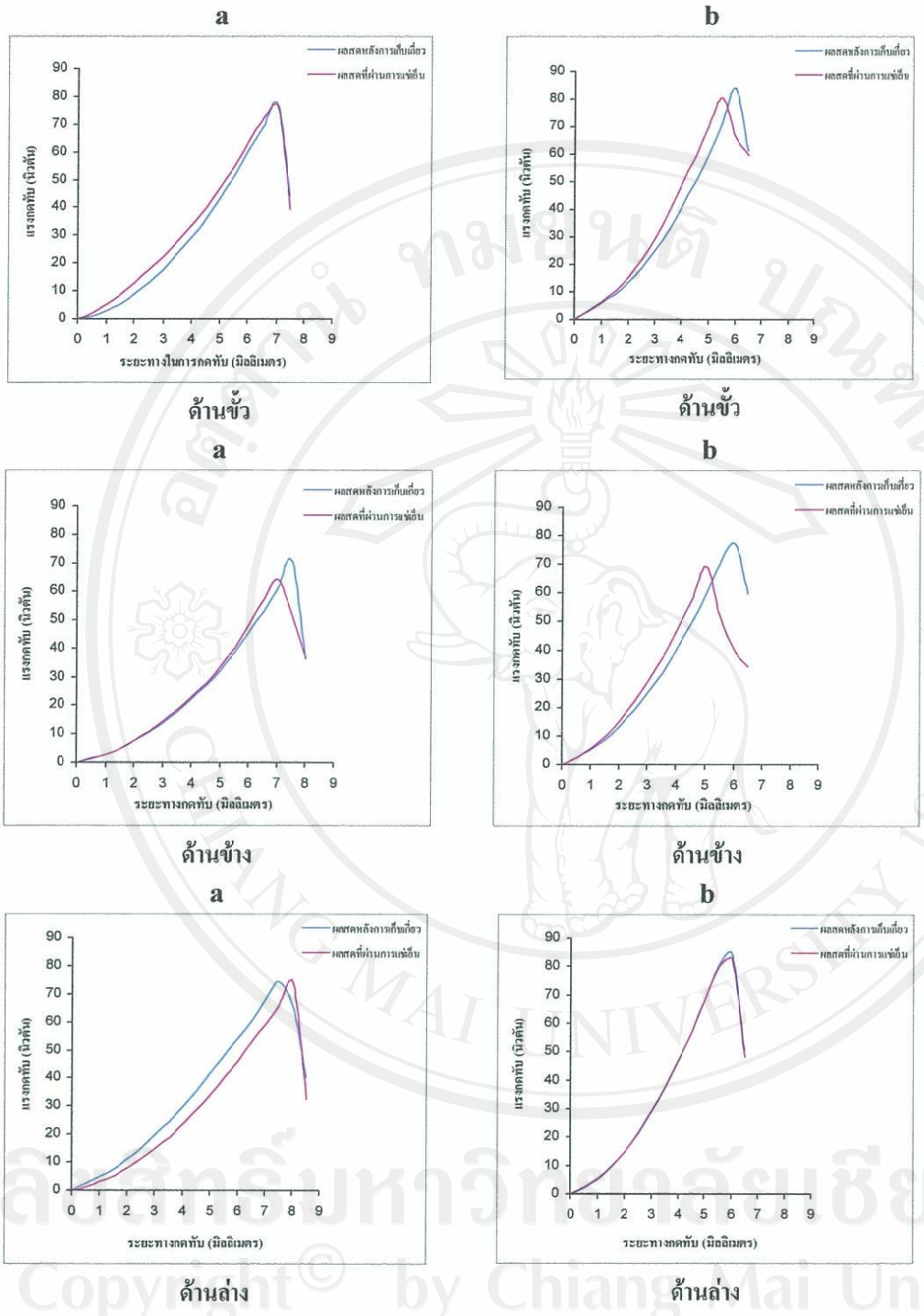
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a. ผลลำไยที่กดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม

b. ผลลำไยที่กดทับด้วยหัวกดแผ่นเรียบ

ภาพ 4.2 ลักษณะของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ภายหลังทดสอบการรับแรงกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม (a) และหัวกดแผ่นเรียบ (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 แรงกดทับสูงสุดและระยะทางกดทับของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวและผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อกดทับด้วยหัวกดเหล็กกลม (a) และหัวกดแผ่นเรียบ (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลการทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวระดับต่างๆ

ผลลำไยสดพันธุ์คอเกรด A ที่นำมาทดสอบเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยระหว่างผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 2.1 (การทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่) และการทดลองที่ 2.2 (การทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น) พบว่าผลลำไยที่นำมาทดสอบในการทดลองที่ 2.2 มีขนาด น้ำหนักผล และความหนาเปลือกตรงตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่าง มากกว่าผลลำไยในการทดลองที่ 2.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.6) สำหรับค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาดและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือก และเมล็ด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยในการทดลองที่ 2.2 มีค่ามากกว่าการทดลองที่ 2.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 81.6±0.8 และ 79.9±0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.6)

ตาราง 4.6 ลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยในการทดลองที่ 2.1 และการทดลองที่ 2.2

ผลลำไยในการทดลองที่	น้ำหนักผล (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางผล (มม.)	ความหนาเปลือก (มม.)		
			ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง
2.1	11.0±0.6[b]	25.7±0.4[b]	0.67±0.05[b]	0.60±0.07[b]	0.57±0.03[b]
2.2	13.2±0.9[a]	27.7±0.6[a]	0.71±0.05[a]	0.66±0.05[a]	0.63±0.04[a]
$LSD_{0.05}$	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03
%CV	1.4	0.5	0.9	2.8	1.8

ผลลำไยในการทดลองที่	แรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาด (นิวตัน)			ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด
2.1	7.6±0.2	9.7±0.4	9.6±0.2	50.2±3.1	79.9±0.4[b]	40.2±1.7
2.2	8.6±0.8	10.3±0.4	9.9±0.2	52.2±1.8	81.6±0.8[a]	40.3±2.2
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	0.78	ns
%CV	5.8	5.5	1.5	5.5	0.6	6.6

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1 ขนาดของแรงกดทับ

ผลการทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่ระยะยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล พบว่าค่าแรงกดทับสูงสุดและระยะทางที่กดทับเพิ่มขึ้นตามระยะการยุบตัวของผลลำไย เมื่อทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่ระยะการยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล พบว่ามีค่าแรงกดทับสูงสุดเท่ากับ 5.3±1.3, 25.6±3.7 และ 51.3±5.4 นิวตัน และมีระยะทางที่กดทับเท่ากับ 1.21±0.04, 3.64±0.15 และ 5.71±0.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.7) สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น มีค่าแรงกดทับสูงสุดเท่ากับ 5.1±1.2, 25.5±4.8 และ 53.6±7.3 นิวตัน และมีระยะทางที่กดทับเท่ากับ 1.31±0.05, 3.95±0.16 และ 6.44±0.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.8) เมื่อคำนวณหาค่าพลังงานดูดซับ พบว่าเมื่อทดสอบการกดทับจนยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่าพลังงานดูดซับ เท่ากับ 5.3±1.2 ($x10^{-4}$), 25.6±3.7 ($x10^{-4}$) และ 51.3±5.4 ($x10^{-4}$) จูล และสำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น มีค่าพลังงานดูดซับ เท่ากับ 5.1±1.2 ($x10^{-4}$), 25.5±4.8 ($x10^{-4}$) และ 51.3±9.1($x10^{-4}$) จูล ตามลำดับ (ตาราง 4.7)

เมื่อเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะการยุบตัวของผลลำไยและแรงกดทับสูงสุด พบว่าได้สมการยกกำลัง (power curve) โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากันคือ 0.99 (ภาพ 4.4) และสำหรับสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะการยุบตัวของผลลำไยและพลังงานดูดซับ พบว่าได้สมการยกกำลัง (power curve) เช่นเดียวกัน โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากัน 0.99 (ภาพ 4.5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยของแรงกดทับสูงสุด ระยะทางที่กดทับ และพลังงานที่ผลลำไยดูดซับ เมื่อทดสอบการกดทับให้มีระยะการยุบตัวต่างๆกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

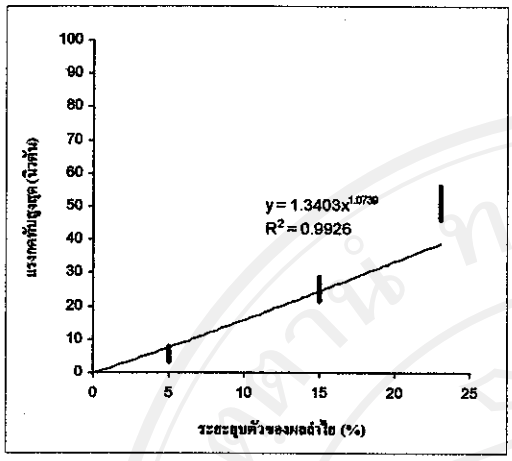
ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	แรงกดทับสูงสุด (นิวตัน)	ระยะทางที่กดทับ (มิลลิเมตร)	พลังงานดูดซับ x 10^{-4} (จูล)
5	5.3±1.3	1.21±0.04	5.3±1.2
15	25.6±3.7	3.64±0.15	25.6±3.7
23	51.3±5.4	5.71±0.43	51.3±5.4

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยของแรงกดทับสูงสุด ระยะทางที่กดทับ และพลังงานที่ผลลำไยดูดซับ เมื่อทดสอบการกดทับให้มีระยะการยุบตัวต่างๆ กับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

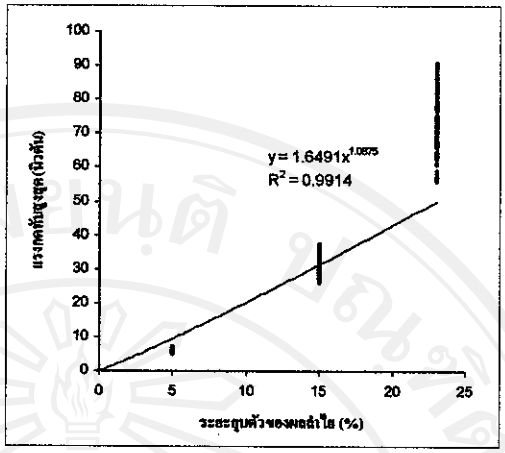
ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	แรงกดทับสูงสุด (นิวตัน)	ระยะทางที่กดทับ (มิลลิเมตร)	พลังงานดูดซับ x 10^{-4} (จูล)
5	5.1±1.2	1.31±0.05	5.1±1.2
15	25.5±4.8	3.95±0.16	25.5±4.8
23	53.6±7.3	6.44±0.55	53.6±9.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

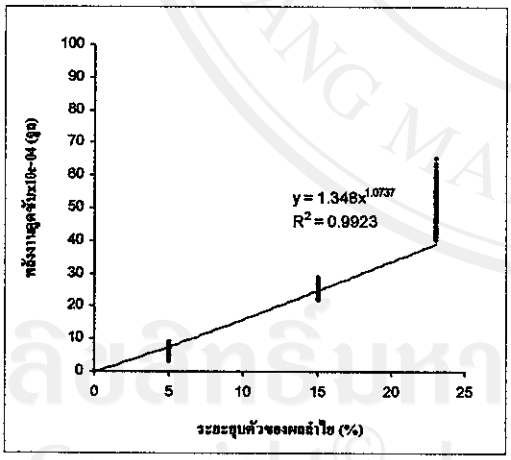


b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น

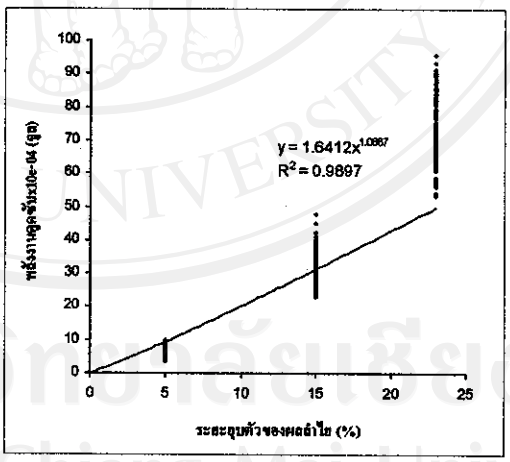


ภาพ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและแรงกดทับสูงสุดของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่



b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น



ภาพ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและพลังงานดูดซับของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ความเสียหายจากการกดทับ

1. การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์

ผลการวัดความเสียหายจากการเกิดความช้ำของเนื้อด้านในหลังจากทดสอบการกดทับโดยพิจารณาจากการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อด้านในผลลำไย ดังแสดงในตาราง 4.9 พบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เกิดความช้ำของเนื้อด้านในเมื่อถูกกดทับจนเกิดการยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อกดทับให้ผลลำไยมีระยะยุบตัว 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลลำไยมีความช้ำเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่ถูกกดทับจนยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยมากที่สุดคือ 24.2±1.5 รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 เปอร์เซ็นต์ และผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 20.9±1.3, 18.7±2.4 และ 17.6±2.5 ตามลำดับ (ตาราง 4.9) ภายหลังการเก็บรักษาได้ 1 วัน พบว่าที่ระยะยุบตัวต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตร-ไลต์ใกล้เคียงกับวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยมากที่สุดคือ 25.3±1.4 ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับวันเริ่มต้นเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 19.1±1.1 และ 18.8±1.6 ตามลำดับ และสุดท้ายคือผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยเท่ากับ 17.3±1.1 (ตาราง 4.9) และสำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าที่ระยะยุบตัวต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษา โดยที่ระยะยุบตัว 23 และ 15 เปอร์เซ็นต์มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยมากที่สุดคือ 25.4±2.2 และ 24.8±3.0 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยเท่ากับ 21.8±2.5 และ 19.7±2.4 ตามลำดับ (ตาราง 4.9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)		
	0 วัน	1 วัน	2 วัน
0	17.6±2.5^{d}	17.3±1.1^{c}	19.7±2.4^{c}
5	18.7±2.4^{c}	18.8±1.6^{b}	21.8±2.5^{b}
15	20.9±1.3^{b}	19.1±1.1^{b}	24.8±3.0^{a}
23	24.2±1.5^{a}	25.3±1.4^{a}	25.4±2.2^{a}
$LSD_{0.05}$	0.6	0.3	0.7
%CV	3.5	1.8	3.5

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)		
	0 วัน	1 วัน	2 วัน
0	16.2±2.9^{d}	16.4±2.3^{d}	20.0±1.7^{d}
5	19.9±1.4^{c}	21.0±1.5^{c}	26.8±3.6^{c}
15	23.2±2.0^{b}	25.7±2.0^{b}	31.5±3.5^{b}
23	27.0±3.1^{a}	30.8±3.6^{a}	33.7±3.4^{a}
$LSD_{0.05}$	1.0	0.9	1.1
%CV	5.1	4.4	4.2

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าเมื่อกดทับให้ผลลำไยมีระยะการยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อด้านในเกิดความช้ำขึ้นแล้วเช่นเดียวกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ โดยในวันที่ 0, 1 และ 2 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่ถูกกดทับจนยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 และสุดท้ายคือผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับ โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่ถูกกดทับให้มีระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 19.9±1.4, 23.2±2.0, 27.0±3.1 และ 16.2±2.9 ตามลำดับ (ตาราง 4.10) สำหรับในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่ามีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 21.0±1.5, 25.7±2.0, 30.8±3.6 และ 16.4±2.3 ตามลำดับ (ตาราง 4.10) และในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าในวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษา คือมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 26.8±3.6, 31.5±3.5, 33.7±3.4 และ 20.0±1.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.10)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลลำไยที่ถูกกดทับจนเกิดการยุบตัวที่ระยะต่างๆ มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.9, 4.10) โดยผลิตผลที่เกิดความเสียหายเชิงกลมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าผลปกติที่ไม่เกิดความเสียหายเชิงกล ลักษณะเช่นนี้คล้ายคลึงกับการรายงานของนักวิจัยอื่น (Mao *et al.*, 2007) เพราะการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อพืช (Fuchs *et al.*, 1989)

2. การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือก

การวัดความเสียหายที่เกิดจากความช้ำที่ส่วนเปลือกของผลลำไย โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ที่เปลือกด้านนอกและด้านใน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของเปลือกด้านนอก พบว่าทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเมื่อทดสอบการกดทับให้มีระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0 เปอร์เซ็นต์) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติทั้งในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4.11,4.13, ภาพภาคผนวก 1, 3) แสดงว่าเปลือกด้านนอกแสดงอาการช้าได้ไม่ชัดเจนเมื่อถูกกดทับ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบว่าผลลำไยเกิดความช้ำของเปลือกด้านในเมื่อถูกกดทับจนยุบตัว 15 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่าที่ระยะยุบตัว 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ใกล้เคียงกันคือ 3.36±0.32 และ 3.37±0.32 ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าที่ระยะยุบตัว 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์และผลที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าผลลำไยที่ถูกกดทับให้มีระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ใกล้เคียงกัน คือ 2.37±0.25 และ 2.25±0.23 ตามลำดับ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก 2) สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* มากกว่าในวันที่ 1 โดยที่ระยะยุบตัว 5, 15 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.31±0.39, 3.66±0.26 และ 3.31±0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก 2) และสำหรับที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ใกล้เคียงกับที่ระยะยุบตัว 15 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เฉลี่ย 3.77±0.20 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก 2)

การเปลี่ยนแปลงของค่า C* ของเปลือกด้านใน พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีค่า C* เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับที่ระยะยุบตัว 15 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ระยะยุบตัว 5, 15 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ มีค่า C* เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เฉลี่ยเท่ากับ 2.79±0.16, 2.94±0.15, 3.09±0.25 และ 2.77±0.12 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 2) สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่า C* เพิ่มขึ้นมากกว่าในวันที่ 1 โดยพบว่าที่ระยะยุบตัว 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ มีค่า C* เพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เฉลี่ยเท่ากับ 8.41±0.91, 9.01±0.25, 9.03±0.61 และ 8.34±0.18 ตามลำดับ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก 2)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า h° ในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีค่า h° ลดลงใกล้เคียงกัน แต่มีค่าน้อยกว่าที่ระยะยุบตัว 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีค่า h° ลดลง เท่ากับ 2.75±0.17, 3.96±0.21, 3.94±0.21 และ 2.67±0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก 2) และในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีค่า h° ลดลงมากกว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่า L* และ C* โดยมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70±0.43, 5.01±0.15, 5.12±0.25 และ 3.71±0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.12, ภาพภาคผนวก2)

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่าเกิดความช้ำที่เปลือกด้านใน เมื่อถูกกดทับจนยุบตัวเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายคือที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เฉลี่ยใกล้เคียงกันกัน โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ถูกกดทับจนยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เท่ากับ 2.18±0.15, 5.10±0.16, 6.18±0.23 และ 2.17±0.16 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4) สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* มากกว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.37±0.36, 8.69±0.22, 9.24±0.26 และ 6.35±0.25 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4)

การเปลี่ยนแปลงของค่า C* ของเปลือกด้านใน พบว่าในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ถูกกดทับจนยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 และสุดท้ายคือผลที่ไม่ผ่านการกดทับซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เฉลี่ยน้อยที่สุด โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่ากับ 3.37±0.20, 7.14±0.25, 8.18±0.16 และ 0.93±0.12 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4) และในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* มากกว่าวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการลดลงของค่า C* โดยมีค่าเฉลี่ย 7.24±0.23, 8.89±0.34, 10.19±0.42 และ 3.26±0.33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านนอก (เปอร์เซ็นต์)					
	1 วัน			2 วัน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
0	2.01±0.19	2.15±0.21	1.26±0.10	5.55±0.23	7.14±0.23	4.51±0.22
5	2.10±0.12	2.16±1.19	1.23±0.12	5.52±0.81	7.20±0.29	4.52±0.16
15	2.03±0.30	2.14±0.12	1.26±0.23	5.50±0.68	7.18±0.15	4.58±0.31
23	2.14±1.17	2.12±0.07	1.29±0.11	5.51±0.69	7.15±0.15	4.51±0.16
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	8.27	8.11	11.76	10.86	2.55	4.54

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านใน (เปอร์เซ็นต์)					
	1 วัน			2 วัน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
0	2.25±0.23^{b}	2.77±0.12^{b}	2.67±0.20^{b}	3.31±0.24^{b}	8.34±0.18^{b}	3.71±0.17^{b}
5	2.37±0.25^{b}	2.79±0.16^{b}	2.75±0.17^{b}	3.31±0.39^{b}	8.41±0.91^{b}	3.70±0.43^{b}
15	3.36±0.32^{a}	2.94±0.15^{ab}	3.96±0.24^{a}	3.66±0.26^{ab}	9.01±0.25^{a}	5.01±0.15^{a}
23	3.37±0.32^{a}	3.09±0.25^{a}	3.94±0.21^{a}	3.77±0.20^{a}	9.03±0.61^{a}	5.12±0.25^{a}
$LSD_{0.05}$	0.38	0.21	0.25	0.37	0.59	0.33
%CV	10.91	5.81	6.02	8.64	5.48	6.18

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านนอก (เปอร์เซ็นต์)					
	1 วัน			2 วัน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
0	2.21±0.14	2.10±0.07	1.26±0.10	6.42±0.37	6.58±0.26	2.64±0.13
5	2.22±0.38	2.08±0.16	1.20±0.04	6.40±0.11	6.53±0.32	2.64±0.21
15	2.21±0.16	2.10±0.18	1.21±0.16	6.43±0.42	6.51±0.18	6.62±0.26
23	2.24±0.19	2.11±0.10	1.22±0.15	6.43±0.17	6.54±0.22	2.64±0.20
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	11.78	6.80	10.83	4.22	3.76	8.43

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านใน (เปอร์เซ็นต์)					
	1 วัน			2 วัน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
0	2.17±0.16^{c}	0.93±0.12^{d}	0.94±0.08^{d}	6.35±0.25^{c}	3.26±0.33^{d}	1.81±0.10^{d}
5	2.18±0.15^{c}	3.37±0.20^{c}	2.20±0.21^{c}	6.37±0.36^{c}	7.24±0.23^{c}	4.07±0.19^{c}
15	5.10±0.16^{b}	7.14±0.25^{b}	3.05±0.17^{b}	8.69±0.22^{b}	8.86±0.34^{b}	4.58±0.34^{b}
23	6.18±0.23^{a}	8.18±0.16^{a}	4.02±0.19^{a}	9.24±0.26^{a}	10.19±0.42^{a}	6.50±0.36^{a}
$LSD_{0.05}$	0.22	0.20	0.22	0.34	0.46	0.37
%CV	4.59	3.33	6.91	3.55	5.03	7.09

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า h° พบว่า ในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา ที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° มากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เฉลี่ย 2.20±0.21, 3.05±0.17, 4.02±0.19 และ 0.94±0.08 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4) สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° มากกว่าวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่า L* และ C* โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07±0.19, 4.58±0.34, 6.50±0.36 และ 1.81±0.10 ตามลำดับ (ตาราง 4.14, ภาพภาคผนวก 4)

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเกิดความช้ำ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในผลแอปพริคอต โดยพบว่าค่า L* และ b* ของเนื้อด้านในผลลดลงตามปริมาณการเกิดความช้ำหลังจากเกิดความเสียหายเชิงกล แต่ไม่พบความแตกต่างของค่า L* และ b* ของเปลือกด้านนอก (DeMartino *et al.*, 2002) สำหรับการศึกษาในผลมะม่วงที่พบว่าค่าสีเปลือก (L*, a*, b*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่เกิดความช้ำและผลปกติที่ยังไม่เกิดความช้ำ (Satriana, 1993) เช่นเดียวกับผลพลัมที่ได้รับความเสียหายเชิงกลมีค่า C* ลดลงต่ำกว่าผลพลัมที่ไม่ได้รับความเสียหายเชิงกล (Martínez-Romero, 2003)

3. การเน่าเสีย

ผลการทดลอง พบว่าทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกดทับจนมีระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0 เปอร์เซ็นต์) เริ่มเน่าเสียในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4.15, 4.16)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่จากการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆ พบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผลลำไยมีการเน่าเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะยุบตัว 23 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียเฉลี่ยมากที่สุดคือ 36.7 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 15, 5 และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ โดยมีการเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากับ 30, 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.15) ซึ่งสอดคล้องกับการวัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยพบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เริ่มเกิดความช้ำเมื่อถูกกดทับให้มีระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผลขึ้นไป สำหรับในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าที่ระยะยุบตัว 23 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล มีการเน่าเสียเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

96.7 และ 93.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่ามากกว่าที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีการเน่าเสียเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสำหรับในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยที่ระยะยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับมีการเน่าเสียเฉลี่ยน้อยกว่าคือ 90 เปอร์เซ็นต์ และมีการเน่าเสียทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4.15)

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าที่ระยะยุบตัว 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียมากที่สุดคือ 63.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่ระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0 เปอร์เซ็นต์) มีการเน่าเสียเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 43.3 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.16) และในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าที่ระยะยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับมีการเน่าเสียเฉลี่ย 90 เปอร์เซ็นต์ และเน่าเสียเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4.16)

ผลการวัดเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่ผ่านการกดทับเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าผลที่ไม่ผ่านการกดทับ โดยเมื่อผลลำไยเกิดบาดแผลหรือความบอบช้ำหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้ว พบว่าจะเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าผลลำไยที่ไม่เกิดบาดแผลหรือความบอบช้ำ (ชิงชิง, 2520) ผลการทดลองแสดงว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเริ่มเกิดความช้ำเมื่อถูกกดทับให้มีระยะยุบตัว 5 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผลขึ้นไป

นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่าผลลำไยมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องค่อนข้างสั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้เขตกึ่งร้อนชนิดอื่น เพราะเนื้อลำไยมีปริมาณน้ำตาลเป็นส่วนประกอบค่อนข้างสูง โรคเน่าจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว (พรวิสาข์, 2544) ในสภาพอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ผลลำไยมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเท่านั้น (Tongdee, 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)					
	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
0	0	0	10.0[d]	70.0[b]	90	100
5	0	0	20.0[c]	80.0[b]	100	-
15	0	0	30.0[b]	93.3[a]	100	-
23	0	0	36.7[a]	96.7[a]	100	-
$LSD_{0.05}$	-	-	5.8	11.0	-	-
%CV	-	-	12.0	6.5	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียภายหลังทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ระยะยุบตัวของผลลำไย (เปอร์เซ็นต์)	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)				
	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน
0	0	0	43.3[c]	90	100
5	0	0	50.0[b]	100	-
15	0	0	63.3[a]	100	-
23	0	0	63.3[a]	100	-
$LSD_{0.05}$	-	-	5.8	-	-
%CV	-	-	5.3	-	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ผลของอุณหภูมิลำไยต่อความเสียหายจากการถูกกดทับ

การเปรียบเทียบความเสียหายโดยพิจารณาจากความช้ำของเนื้อด้านในที่เกิดจากการถูกกดทับระหว่างผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น โดยดูจากเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0) กับผลลำไยที่ถูกกดทับจนยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลที่เพิ่มขึ้นจากผลที่ไม่ผ่านการกดทับมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตารางภาคผนวก 5, 6) แสดงว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีโอกาสเกิดความช้ำจากการถูกกดทับมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ผลลัพธ์เช่นนี้ได้มีการรายงานไว้โดยนักวิจัยหลายท่าน ที่ได้ศึกษาในผลไม้ชนิดอื่นๆ เช่นเดียวกัน (Satriana, 1993; Pang *et al*., 1996; Van Zeebroeck *et al*., 2006) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีความยืดหยุ่นน้อยกว่า ประกอบกับเนื้อด้านในมีความชื้นเริ่มต้นก่อนแช่เย็นมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.6) เมื่อถูกกดทับจึงเกิดความเสียหายมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในจะเห็นได้ว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เกิดความช้ำที่เปลือกด้านในเมื่อถูกกดทับให้มีระยะยุบตัว 15 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผลขึ้นไป แต่ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่าเกิดความช้ำที่เปลือกด้านในเมื่อถูกกดทับให้มีระยะยุบตัวเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล โดยผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่ระยะยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ที่เปลือกด้านในเพิ่มขึ้นจากผลที่ไม่ผ่านการกดทับ (ระยะยุบตัว 0 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.12, 4.14, ภาพภาคผนวก 2, 4) แสดงว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเกิดความช้ำที่เปลือกด้านในมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการวัดความช้ำของเนื้อด้านในผลลำไยด้วยวิธีวัดการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อลำไย ซึ่งอาจเป็นเพราะความชื้นของเปลือกลำไย เนื่องจากผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีความชื้นเปลือกหลังจากผ่านการแช่เย็นแล้วประมาณ 59.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ซึ่งมีความชื้นเปลือกเพียง 50.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นถูกกดทับจึงเกิดความช้ำมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เช่นเดียวกับการวัดการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เพราะเปลือกมีความฉ่ำน้ำมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

สำหรับการเน่าเสียที่ระยะยุบตัวต่างๆ ระหว่างผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นในวันที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่ระยะยุบตัว 5, 15, 23 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีการเน่าเสียเฉลี่ยมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ตาราง 4.15, 4.16) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตผล โดยผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อถูกย้ายมาเก็บรักษาไว้ในที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าพบว่าจะเสื่อมสภาพเร็วกว่าผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ในที่มีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลา (DeMartino, 2002)

4.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและความเสียหายจากการเกิดความช้ำ

ผลการทดสอบการกดทับที่ระยะยุบตัวต่างๆ ของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เป็นสมการเส้นตรง โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ มีค่า R^2 ในวันที่ 0, 1 และ 2 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.97, 0.84 และ 0.93 ตามลำดับ (ภาพ 4.6) สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.98, 0.99 และ 0.90 ตามลำดับ (ภาพ 4.7) โดยปริมาณความช้ำของเนื้อด้านในเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามระยะยุบตัวของผลลำไย ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อผลลำไยถูกกดทับเซลล์ของเนื้อด้านในเกิดการแตก จึงทำให้ของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์รั่วไหลออกมามากกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับ และเมื่อผลลำไยถูกกดทับให้มีระยะยุบตัวเพิ่มขึ้นเซลล์ของเนื้อลำไยจึงเกิดการแตกเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นตามระยะการยุบตัวของผลลำไย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการกดทับกับผลมะม่วง โดยพบว่าพลังงานที่ถูกดูดซับ (energy absorbed) มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับการเกิดความช้ำเนื้อมะม่วง เมื่อพลังงานที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นการช้ำของเนื้อมะม่วงจะเพิ่มขึ้นเป็นในแนวเส้นตรงตามไปด้วย (Satriana, 1993)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือก พบว่าเมื่อผลลำไยถูกกดทับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นให้มีระยะการยุบตัวเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ที่เปลือกด้านในภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามไปด้วย (ภาพ 4.8) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ โดยเมื่อระยะยุบตัวของผลลำไยเพิ่มขึ้นระดับความช้ำที่เปลือกเพิ่มขึ้นเป็นสมการเส้นตรง

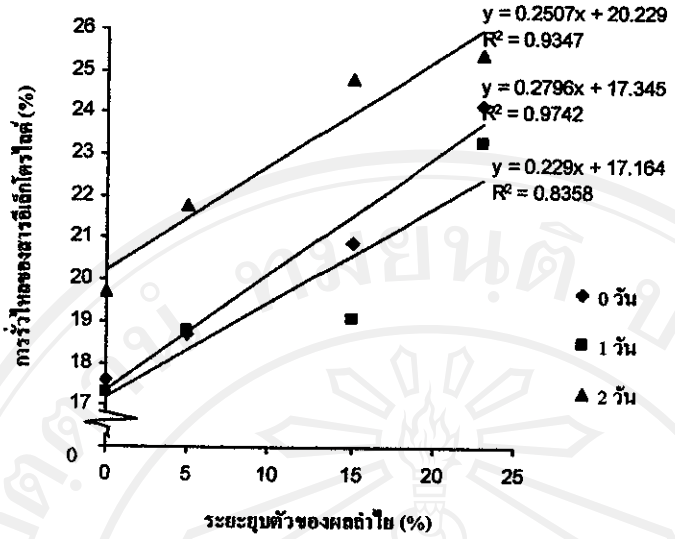
ผลการวัดความเสียหายจากการเน่าเสียพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านใน โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 3 วัน มีค่า R^2 เท่ากับ 0.96 และ 0.94 ตามลำดับ สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเฉพาะในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.90 และพบว่ากราฟของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่าความชันมากกว่ากราฟของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ภาพ 4.9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

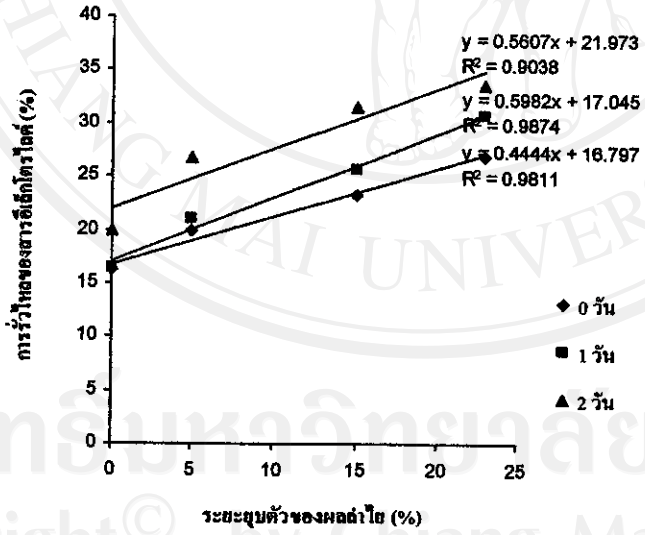
สำหรับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือก พบว่ากราฟของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่าความชันมากกว่ากราฟของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ภาพ 4.6-4.8)

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรงระหว่างเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยเมื่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นเป็นในแนวเส้นตรงตามไปด้วย โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.98 และ 0.94 และพบว่ากราฟของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่าความชันมากกว่ากราฟของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเช่นเดียวกัน (ภาพ 4.10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

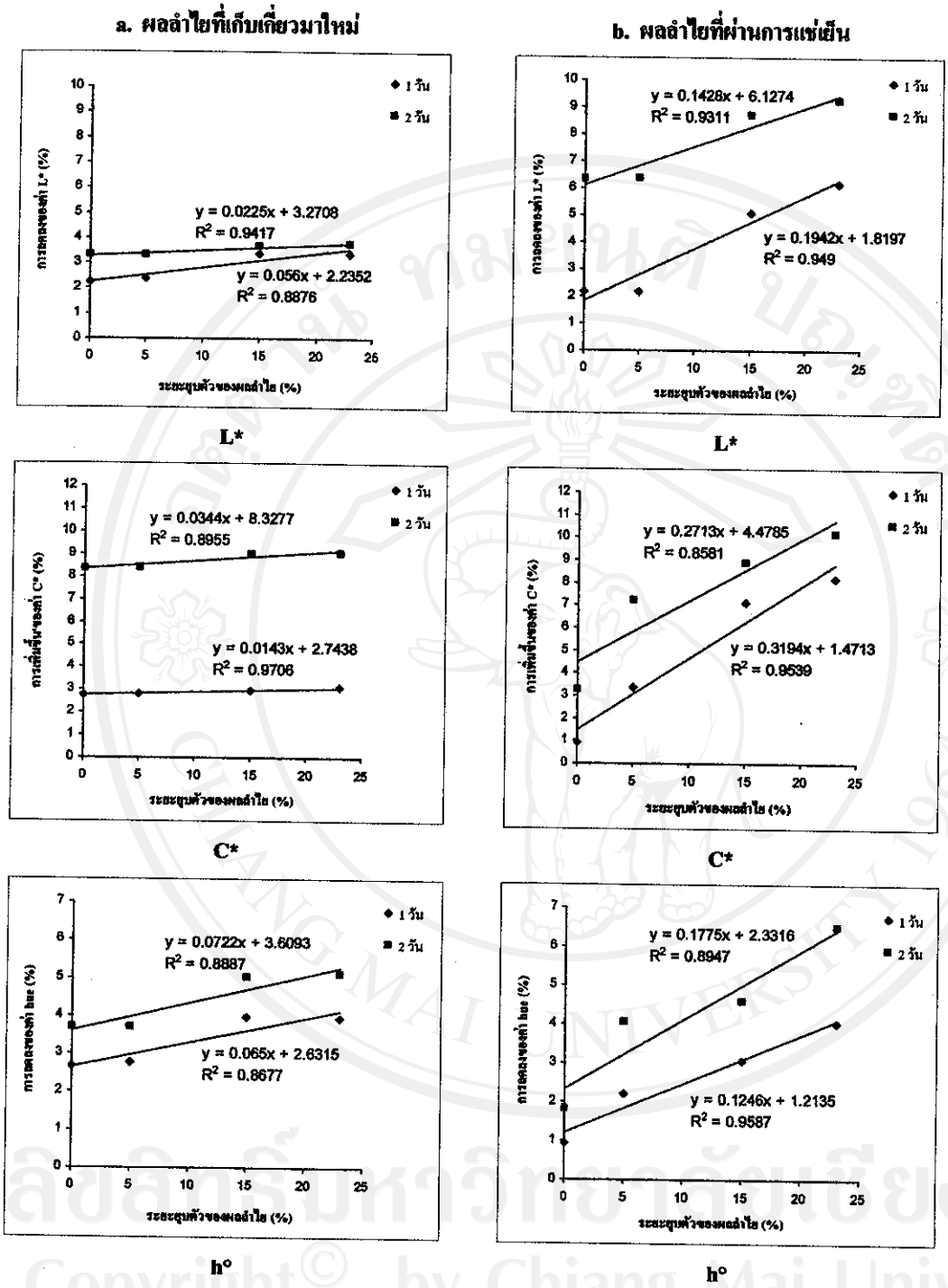


ภาพ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่



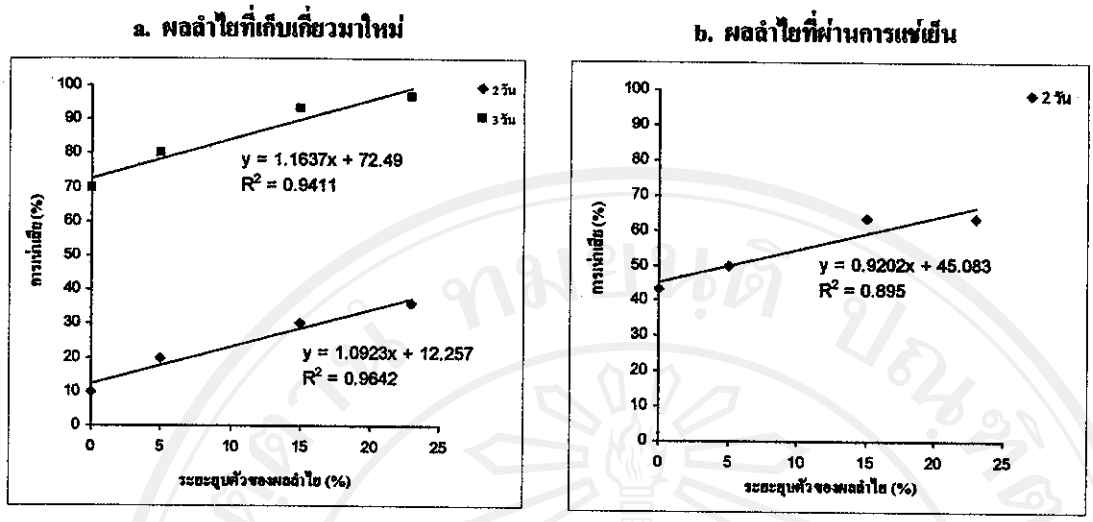
ภาพ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

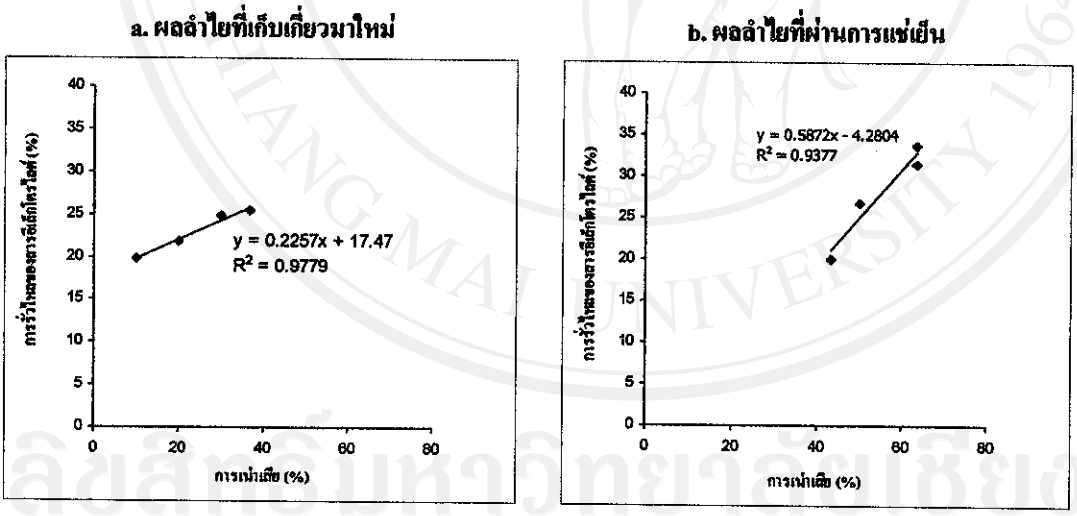


ภาพ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ที่เปลือกด้านในผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)



ภาพ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกดทับกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ผลการทดสอบการกระแทก

ในการดำเนินการทดลองได้ทดสอบการกระแทกที่ตำแหน่งด้านข้างของผลลำไย เพราะผลการศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้น ได้ทดสอบการกระแทกที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่าง ของผลลำไย เมื่อวัดเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือก และการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ พบว่าผลลำไยทั้ง 3 ตำแหน่ง เกิดความช้ำที่เปลือกและเนื้อด้านในไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวก 7-9) ดังนั้นการทดสอบการกระแทกในการทดลองครั้งนี้ จึงได้ทดสอบการกระแทกที่ตำแหน่งด้านข้างที่เป็นส่วนกว้างของผลลำไย เพราะเป็นตำแหน่งที่รับแรงกระแทกได้มากกว่าตำแหน่งอื่น

4.3.1 การกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ผลลำไยสดพันธุ์ดอเกรด A ที่ใช้ทดสอบเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.1 (ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่) และผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.2 (ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น) พบว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.2 มีขนาดน้ำหนักผลและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลมากกว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลำไยในการทดลองที่ 3.1 และ 3.2 มีขนาดน้ำหนักผลเท่ากับ 12.4±0.6 และ 12.7±0.8 กรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 26.9±0.4 และ 27.2±0.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.17) สำหรับความหนาเปลือกตรงตำแหน่งด้านขั้ว และด้านล่าง พบว่าผลลำไยในการทดลองที่ 3.2 มีค่ามากกว่าผลลำไยในการทดลองที่ 3.1 แต่สำหรับเปลือกตรงตำแหน่งด้านข้างของผลลำไยในการทดลองที่ 3.1 พบว่ามีค่ามากกว่าผลลำไยในการทดลองที่ 3.2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.17) และสำหรับค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่างขาด และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ด พบว่าผลลำไยทั้ง 2 การทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.17 ลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยในการทดลองที่ 3.1 และการทดลองที่ 3.2

ผลลำไยในการทดลองที่	น้ำหนักผล (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางผล (มม.)	ความหนาเปลือก (มม.)		
			ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง
3.1	12.4±0.6[b]	26.9±0.4[b]	0.84±0.06[a]	0.66±0.06[b]	0.63±0.03[a]
3.2	12.7±0.8[a]	27.2±0.5[a]	0.74±0.07[b]	0.68±0.07[a]	0.62±0.05[b]
$LSD_{0.05}$	0.06	0.04	0.004	0.004	0.006
%CV	1.4	0.4	1.2	1.5	2.2

ผลลำไยในการทดลองที่	แรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาด (นิวตัน)			ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด
3.1	10.2±0.5	10.7±0.3	10.8±0.3	52.6±1.5	80.7±0.3	41.0±1.8
3.2	9.6±0.5	10.7±0.4	10.6±0.5	52.6±0.7	80.0±1.0	39.7±2.0
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	2.4	3.9	2.5	2.8	0.7	5.4

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1. ขนาดของแรงกระแทก

ทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นด้วยลูกตุ้มเหล็ก โดยใช้เครื่องทดสอบการกระแทก ตัวค้อนตีมีน้ำหนัก 17.86 นิวตัน ระยะทางจากตำแหน่งที่แขวนค้อนตีถึงจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของค้อนตีเท่ากับ 0.16 เมตร โดยเป็นการจำลองการกระแทกในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว อาทิเช่น ในขั้นตอนการเทผลลำไยใส่ในภาชนะ เครื่องคัดเกรด และเครื่องอบแห้ง เป็นต้น จากผลการทดลองพบว่างานทั้งหมดที่มาจากการใช้ค้อนตี (input work) เมื่อกางที่มุม 90°, 130° และ 150° มีค่างานทั้งหมดเท่ากับ 2.76, 4.61 และ 5.26 นิวตัน.เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.18, 4.19, ตารางภาคผนวก 10) และพบว่างานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทก (absorbed work) เพิ่มขึ้นตามระดับมุมกางของค้อนตีที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° งานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทก มีค่าเท่ากับ 0.081±0.007, 0.271±0.024 และ 0.389±0.028 นิวตัน.เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.18) และเมื่อทดสอบกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่างานที่ผลลำไยได้รับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขณะเกิดการกระแทกมีค่าใกล้เคียงกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ โดยมีค่าเท่ากับ 0.079±0.013, 0.273±0.036 และ 0.394±0.043 นิวตัน.เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.19) และจากผลการทดลองเมื่อกางค้อนตีที่มุม 90°, 130° และ 150° พบว่าจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของค้อนตีอยู่สูงจากฐานด้านล่าง 0.2410, 0.3425 และ 0.3780 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของบัณฑิตและธนรัตน์ (2549) ที่รายงานว่าขนาดของพลังงานจากการกระแทกจะเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงของหัวกระแทกที่ตกลงมา

ตาราง 4.18 ค่าเฉลี่ยต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ค่าต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทก	มุมกางก่อนทดสอบการกระแทก (°)		
	90	130	150
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการปล่อยโดยไม่กระแทกผลลำไย (°)	72.0	108.7	115.2
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการกระแทกผลลำไย (°)	69.4	103.4	107.3
- Input work (N.m.)	2.76	4.61	5.26
- Absorbed work (N.m.)	0.081±0.007	0.271±0.024	0.389±0.028
- ความสูงเทียบเท่ากับการตกกระแทก (m)	0.66 ±0.06	2.21±0.32	3.17±0.23

ตาราง 4.19 ค่าเฉลี่ยต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ค่าต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทก	มุมกางก่อนทดสอบการกระแทก (°)		
	90	130	150
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการปล่อยโดยไม่กระแทกผลลำไย (°)	72.1	108.1	115.3
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการกระแทกผลลำไย (°)	69.3	102.9	107.2
- Input work (N.m.)	2.76	4.61	5.26
- Absorbed work (N.m.)	0.079±0.013	0.273±0.036	0.394±0.043
- ความสูงเทียบเท่ากับการตกกระแทก (m)	0.63± 0.11	2.19±0.29	3.16±0.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ความเสียหายจากการกระแทก

2.1 การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์

ผลการวัดการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่จากการทดสอบการกระแทก พบว่าผลลำไยเกิดความช้ำของเนื้อด้านในขึ้นเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ขึ้นไป ซึ่งขนาดของความช้ำเพิ่มขึ้นตามระดับมุมกางของค้อนตี โดยในวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษา ผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกาง 90° และสุดท้ายคือผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยน้อยที่สุด โดยผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130°, 150° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ในวันเริ่มต้นเก็บรักษา (วันที่ 0) เท่ากับ 24.2±1.6, 25.7±1.9, 25.9±1.8 และ 21.5±2.5 ตามลำดับ และสำหรับในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ใกล้เคียงกับวันที่ 0 โดยมีค่าเท่ากับ 24.0±1.8, 25.3±2.0, 25.7±1.6 และ 21.7±1.1 ตามลำดับ (ตาราง 4.20)

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่าเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ผลลำไยเกิดความช้ำขึ้นแล้ว ซึ่งในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาให้ผลเช่นเดียวกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ โดยผลลำไยที่ผ่านการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 150° มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 27.6±1.3 และ 27.7±1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ที่มุมกางของค้อน 90° มีค่าเฉลี่ย 25.6±1.0 เปอร์เซ็นต์ และสุดท้ายคือผลที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) ซึ่งมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์น้อยที่สุดคือ 20.9±1.5 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.21) และหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน พบว่าผลลำไยมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าวันที่ 0 โดยผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90° กับ 130° และ 130° กับ 150° มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่มุมกาง 150° มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากกว่าที่มุมกาง 90° อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทกมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์น้อยกว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลำไยที่ผ่านการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130°, 150° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทก มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตร-ไลต์เฉลี่ย 27.4±1.0, 27.6±1.0, 28.3±2.2 และ 22.3±1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.21)

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเกิดความช้ำของเนื้อด้านในเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตีเพิ่มขึ้น โดยขนาดของความช้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้นตามระดับงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทก หรือพลังงานจากการกระแทก (Van linden *et al.*, 2006)

ตาราง 4.20 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี (°)	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)	
	0 วัน	1 วัน
0	21.5±2.5^{c}	21.7±1.1^{c}
90	24.2±1.6^{b}	24.0±1.8^{b}
130	25.7±1.9^{a}	25.3±2.0^{a}
150	25.9±1.8^{a}	25.7±1.6^{a}
$LSD_{0.05}$	0.6	0.6
%CV	2.6	2.8

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.21 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)	
(°)	0 วัน	1 วัน
0	20.9±1.5^{c}	22.3±1.1^{c}
90	25.6±1.0^{b}	27.4±1.0^{b}
130	27.6±1.3^{a}	27.6±1.0^{ab}
150	27.7±1.1^{a}	28.3±2.2^{a}
$LSD_{0.05}$	0.4	0.8
%CV	1.6	3.1

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือก

ผลการทดสอบการกระแทกพบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่เกิดความช้ำที่เปลือกด้านนอกและด้านในเมื่อถูกกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ขึ้นไป ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดความช้ำของเนื้อด้านใน โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านนอกในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่าตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก ผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าน้อยกว่าตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 5) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกของเปลือกด้านนอก พบว่าผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* มากกว่าที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 90° อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 90° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ใกล้เคียงกัน โดยผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เฉลี่ย 4.14±0.31, 4.28±0.14 และ 5.80±0.28 ตามลำดับ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 5)

การเปลี่ยนแปลงของค่า C* ที่เปลือกด้านนอกภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน พบว่าผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า C* เฉลี่ยมากที่สุดคือ 19.9±0.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่มุมกางของค้อนตี 130° มีค่าเฉลี่ย 17.12±0.29 เปอร์เซ็นต์ และสุดท้ายที่มุมกางของค้อนตี 90° โดยมีค่าเฉลี่ย 12.19±0.39 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 5) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า h° ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เปลือกด้านนอกของผลลำไยเมื่อทดสอบการกระแทกที่มุมกาง 150°, 130° และ 90° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เฉลี่ยเท่ากับ 6.02±0.20, 3.50±0.32 และ 2.19±0.18 ตามลำดับ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 5) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการลดลงของค่า C*

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านใน พบว่าหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน เปลือกด้านในตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกของผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ถูกกระแทก พบว่ามีค่าน้อยกว่าตำแหน่งที่ถูกกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 6) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกด้านนอก สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทก พบว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเฉลี่ย 4.68±0.57, 4.68±0.23 และ 4.81±0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 6)

การเปลี่ยนแปลงของค่า C* และ h° ของเปลือกด้านในหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน พบว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า C* และ h° มากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกางของค้อนตี 130° และสุดท้ายคือที่มุมกาง 90° โดยผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่ากับ 3.21±0.17, 3.50±0.15 และ 3.88±0.37 และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เท่ากับ 4.49±0.19, 4.80±0.19 และ 5.27±0.12 ตามลำดับ (ตาราง 4.22, ภาพภาคผนวก 6)

ตาราง 4.22 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกและด้านในผลลำไยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี (°)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์)					
	เปลือกด้านนอก			เปลือกด้านใน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
90 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.88±0.16^{c}	6.90±0.25^{d}	1.11±0.14^{d}	2.07±0.12^{b}	2.56±0.17^{d}	0.88±0.09^{d}
130 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.91±0.16^{c}	7.03±0.56^{d}	1.15±0.22^{d}	2.05±0.08^{b}	2.53±0.21^{d}	0.88±0.06^{d}
150 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.91±0.10^{c}	6.96±0.32^{d}	1.13±0.07^{d}	2.06±0.13^{b}	2.58±0.27^{d}	0.87±0.09^{d}
90 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	4.14±0.31^{b}	12.19±0.39^{c}	2.19±0.18^{c}	4.68±0.57^{a}	3.21±0.17^{c}	4.49±0.19^{c}
130 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	4.28±0.14^{b}	17.12±0.29^{b}	3.50±0.32^{b}	4.68±0.23^{a}	3.50±0.15^{b}	4.80±0.19^{b}
150 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	5.80±0.23^{a}	19.99±0.32^{a}	6.02±0.20^{a}	4.81±0.22^{a}	3.88±0.37^{a}	5.27±0.12^{a}
$LSD_{0.05}$	0.24	0.47	0.25	0.31	0.28	0.15
%CV	5.29	3.38	8.50	7.70	7.85	4.37

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเปลือกด้านนอกของผลลำไยตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกและตำแหน่งที่ถูกกระแทกที่มุมกางของค้นตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.21, ภาพภาคผนวก 7) ทั้งนี้เพราะว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเมื่อนำมารับแรงเชิงกลและนำไปเก็บรักษาในที่มีอุณหภูมิที่สูง เปลือกลำไยตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกและตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลรวดเร็วกว่าการทดสอบการกระแทกกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ จึงทำให้เห็นความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ได้ไม่ชัดเจนเท่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วันของการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ โดยเกิดความช้ำเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ขึ้นไป จากผลการทดลองพบว่าตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกจากการทดสอบการกระแทกเมื่อกางค้อนตีที่มุม 90°, 130° และ 150° พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกัน และมีค่าน้อยกว่าตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.23, ภาพภาคผนวก 8) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, h° และการเพิ่มขึ้นของค่า C* จากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ พบว่าที่มุมกางของค้อนตี 150° มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกาง 130° และสุดท้ายคือที่มุมกาง 90° ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° เฉลี่ยน้อยที่สุด โดยเมื่อทดสอบการกระแทกที่มุม 90°, 130° และ 150° ผลลำไยมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เท่ากับ 8.87±0.17, 10.42±0.46 และ 11.83±0.40 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่ากับ 3.18±0.22, 4.87±0.20 และ 5.36±0.34 และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เท่ากับ 4.17±0.15, 4.57±0.32 และ 5.49±0.30 ตามลำดับ (ตาราง 4.23, ภาพภาคผนวก 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.23 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกและด้านในผลลำไยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี (°)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกในวันที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)					
	เปลือกด้านนอก			เปลือกด้านใน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
90 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.06±0.25	3.95±0.22	1.23±0.07	2.53±0.20^{d}	1.06±0.11^{d}	1.13±0.16^{d}
130 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.06±0.35	3.93±0.13	1.21±0.09	2.48±0.27^{d}	1.08±0.23^{d}	1.16±0.15^{d}
150 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	2.08±0.17	3.97±0.24	1.23±0.08	2.48±0.33^{d}	1.04±0.11^{d}	1.14±0.19^{d}
90 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	2.04±0.13	3.90±0.19	1.25±0.13	8.87±0.17^{c}	3.18±0.22^{c}	4.17±0.15^{c}
130 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	2.08±0.09	3.88±0.24	1.24±0.13	10.42±0.46^{b}	4.87±0.20^{b}	4.57±0.32^{b}
150 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	2.05±0.13	3.91±0.24	1.26±0.15	11.83±0.40^{a}	5.36±0.34^{a}	5.49±0.30^{a}
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	0.39	0.25	0.26
%CV	10.04	5.74	9.73	5.10	7.66	7.64

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.3 การเน่าเสีย

ผลการศึกษาการเน่าเสียของผลลำไยที่ผ่านการกระแทกด้วยตุ้มเหล็ก พบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° เริ่มเน่าเสียในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ส่วนผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) เริ่มเน่าเสียในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4.24) เมื่อเปรียบเทียบการเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่ถูกกระแทกกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษา ที่มุมกางของค้อนตี 150° ผลลำไยเน่าเสียเฉลี่ยมากที่สุดคือ 20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่มุมกาง 130° และ 90° ซึ่งผลลำไยเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากันคือ 10 เปอร์เซ็นต์ และสุดท้ายคือผลที่ไม่ผ่านการกระแทก ซึ่งไม่มีการเน่าเสียเลย (ตาราง 4.24)

สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยเน่าเสียมากกว่าวันที่ 1 โดยที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 150° มีการเน่าเสียเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 76.7 และ 80.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่ามากกว่าที่มุมกางของค้อน 90° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลำไยที่ผ่านการกระแทกที่มุมกางของค้อน 90° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทก มีการเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากันคือ 70 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.24) และสำหรับในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกทั้ง 4 ระดับมีการเน่าเสียทั้งหมดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.24)

สำหรับผลการวัดการเน่าเสียของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษาผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีการเน่าเสียมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 90° ซึ่งมีการเน่าเสียเท่ากัน และสุดท้ายคือผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก โดยผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีการเน่าเสียเฉลี่ย 10, 10 และ20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก พบว่ายังไม่เกิดการเน่าเสียขึ้น (ตาราง 4.25) สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ผ่านการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 130° และ 150° พบว่ามีการเน่าเสียมากที่สุด และมากกว่าวันที่ 1 โดยผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130°, 150° และผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทกมีการเน่าเสียเฉลี่ย 80, 90, 90 และ 73.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.25) และสำหรับในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยทุกการทดลองเน่าเสียทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) ดังตาราง 4.25 เช่นเดียวกับการทดสอบกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ผลการประเมินการเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ พบว่าการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° ทำให้ผลลำไยเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านนอกและด้านใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.24 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)			
(°)	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
0	0	0	70.0[b]	100
90	0	10	70.0[b]	100
130	0	10	76.7[a]	100
150	0	20	80.0[a]	100
$LSD_{0.05}$	-	-	5.8	-
%CV	-	-	3.9	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.25 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)			
(°)	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
0	0	0	73.3[c]	100
1	0	10	80.0[b]	100
2	0	10	90.0[a]	100
3	0	20	90.0[a]	100
$LSD_{0.05}$	-	-	5.8	-
%CV	-	-	3.5	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 การกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยด้วยกันเอง

ผลลำไยสดพันธุ์ดอเกรด A ที่ใช้ทดสอบเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549 เช่นเดียวกับผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.1 และ 3.2 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยระหว่างผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดที่ 3.3 (ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่) และ 3.4 (ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น) พบว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.4 มีขนาดน้ำหนักผลและขนาดเส้นผ่านศูนย์ผลมากกว่าผลลำไยที่ใช้ในการทดลองที่ 3.3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.3 และ 3.4 มีขนาดน้ำหนักผลเท่ากับ 14.4±1.3 และ 14.7±1.0 กรัม ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลเท่ากับ 28.8±0.5 และ 29.9±0.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.26) แต่สำหรับความหนาเปลือก พบว่าผลลำไยในการทดลองที่ 3.3 มีขนาดความหนาเปลือกที่ตำแหน่งด้านขั้ว ด้านข้าง และด้านล่าง มากกว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.26) ส่วนค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาด พบว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.3 มีค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกตรงตำแหน่งด้านข้างและด้านล่างขาดมากกว่าผลลำไยในการทดลองที่ 3.4 แต่สำหรับค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกตรงส่วนขั้วขาด พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4.26) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนเปลือกและเมล็ด พบว่าผลลำไยทั้ง 2 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน และสำหรับเปอร์เซ็นต์ของส่วนเนื้อ พบว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.3 มีค่ามากกว่าผลลำไยที่ใช้ทดสอบในการทดลองที่ 3.4 (ตาราง 4.26)

1. ขนาดของแรงกระแทก

ผลทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลูกตุ้มลำไย ด้วยเครื่องทดสอบการกระแทก ตัวค้อนตีที่มีน้ำหนัก 17.68 นิวตัน ระยะทางจากตำแหน่งที่แขวนค้อนตีถึงจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของค้อนตีเท่ากับ 0.158 เมตร โดยจำลองการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง ในขั้นตอนการเทผลลำไยสดใส่ในภาชนะบรรจุ เครื่องคัดเกรด และเครื่องอบแห้ง เป็นต้น ผลการทดลองเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° งานทั้งหมดที่มาจากการใช้ค้อนตี (input work) มีค่าเท่ากับ 2.73, 4.50 และ 5.17 นิวตัน. เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.27, 4.28, ตารางภาคผนวก 10) และเมื่อระดับมุมกางของค้อนตีเพิ่มขึ้น ตัวลูกตุ้มที่ติดกับค้อนตีจะอยู่สูงจากฐานด้านล่างสูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้งานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกเพิ่มขึ้นตามระดับมุมกางของค้อนตี ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก โดยเมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยมุมกางของค้อนตี 90°,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

130° และ 150° งานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก มีค่าเท่ากับ 0.079±0.012, 0.240±0.034 และ 0.4189±0.0471 นิวตัน.เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.27)

สำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีค่างานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกมีค่าเท่ากับ 0.080±0.011, 0.244±0.041 และ 0.434±0.038 นิวตัน.เมตร ตามลำดับ (ตาราง 4.28) และเมื่อกางค้อนตีที่มุม 90°, 130° และ 150° พบว่าจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของค้อนตีอยู่สูงจากฐานด้านล่างประมาณ 0.2385, 0.3395 และ 0.3735 เมตร ตามลำดับ

ตาราง 4.26 ลักษณะทางกายภาพและความชื้นของผลลำไยในการทดลองที่ 3.3 และการทดลองที่ 3.4

ผลลำไยในการทดลองที่	น้ำหนักผล (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางผล (มม.)	ความหนาเปลือก (มม.)		
			ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง
3.3	14.4±1.3[b]	28.8±0.5[b]	0.90±0.08[a]	0.77±0.07[a]	0.74±0.05[a]
3.4	14.7±1.0[a]	29.9±0.7[a]	0.69±0.06[b]	0.49±0.04[b]	0.44±0.03[b]
$LSD_{0.05}$	0.07	0.04	0.01	0.02	0.009
%CV	1.5	0.4	2.8	4.1	3.3

ผลลำไยในการทดลองที่	แรงดึงสูงสุดที่ทำให้เปลือกขาด (นิวตัน)			ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	ด้านขั้ว	ด้านข้าง	ด้านล่าง	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด
3.3	9.9±0.3	14.4±0.9[a]	10.4±0.5[a]	61.8±0.3	84.7±0.9	40.3±0.5
3.4	8.8±0.4	9.8±0.4[b]	9.6±0.4[b]	57.8±0.4	79.5±0.4	40.4±0.4
$LSD_{0.05}$	ns	2.4	0.4	ns	1.2	ns
%CV	4.5	5.6	1.3	5.4	0.8	4.6

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.27 ค่าเฉลี่ยต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ค่าต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทก	มุมกางก่อนทดสอบการกระแทก (°)		
	90	130	150
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการปล่อยโดยไม่กระแทกผลลำไย (°)	78.2	109.0	115.3
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการกระแทกผลลำไย (°)	75.0	102.8	107.2
- Input work (N.m.)	2.73	4.50	5.17
- Absorbed work (N.m.)	0.079±0.012	0.240±0.034	0.396±0.048
- ความสูงเทียบเท่ากับการตกกระแทก (m)	0.57 ±0.09	1.74±0.24	2.86±0.34

ตาราง 4.28 ค่าเฉลี่ยต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ค่าต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบการกระแทก	มุมกางก่อนทดสอบการกระแทก (°)		
	90	130	150
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการปล่อยโดยไม่กระแทกผลลำไย (°)	78.4	109.2	116.1
- มุมแกว่งของค้อนตีจากการกระแทกผลลำไย (°)	75.2	103.0	106.7
- Input work (N.m.)	2.73	4.50	5.17
- Absorbed work (N.m.)	0.080±0.011	0.244±0.041	0.434±0.038
- ความสูงเทียบเท่ากับการตกกระแทก (m)	0.56±0.07	1.72±0.28	3.01 ±0.26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ความเสียหายจากการกระทก

2.1 การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์

ผลการวัดความเสียหายจากการเกิดความช้ำของเนื้อด้านในเมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยด้วยกันเองของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก โดยเกิดความช้ำเมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ขึ้นไป และเมื่อระดับมุมกางของค้อนตีเพิ่มขึ้น ผลลำไยมีความช้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150°, 130°, 90° และผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตร-ไลต์เฉลี่ย 25.2±2.6, 24.8±3.1, 23.9±1.7 และ 22.8±1.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.29) หลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน ผลลำไยที่ผ่านการกระแทกที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น โดยผลลำไยจากการทดสอบที่มุมกางของค้อนตี 150° มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกาง 130°, 90° และผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เฉลี่ย 27.4±1.4, 26.1±2.0, 25.4±2.2 และ 24.5±2.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.29)

ส่วนผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น ในวันที่ 0 การกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากที่สุดคือ 26.9±1.4 รองลงมาคือที่มุมกางของค้อน 130° และ 90° และผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) ซึ่งมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 25.4±2.0, 24.7±1.9, และ 22.6±2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.30) และสำหรับในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 31.2±2.0, 30.3±2.4, 29.7±2.6 และ 27.3±2.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.30)

ผลการวัดการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ ระหว่างผลลำไยจากการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กและการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง พบว่าผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มุมกางของค้อนตี 90 °, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตร-ไลต์มากกว่าผลที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) และมากกว่าผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง (ตารางภาคผนวก 11-14) แสดงว่าการกระแทกกันของผลลำไยด้วยกันเองทำให้เกิดความช้ำของเนื้อด้านในน้อยกว่าเมื่อผลลำไยตกกระแทกบนพื้นเหล็กหรือพื้นชนิดอื่นที่มีลักษณะเรียบและแข็ง ทั้งนี้เพราะว่าพื้นผิวผลลำไยมีความนุ่มและมีความยืดหยุ่นมากกว่าพื้นผิวเหล็กค่อนข้างมาก จึงทำให้ผลลำไยเกิดความช้ำน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการกระแทกบนพื้นเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.29 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)	
(°)	0 วัน	1 วัน
0	22.8±2.3[c]	24.5±2.3[d]
90	23.9±1.7[b]	25.4±2.2[c]
130	24.8±3.1[a]	26.1±2.0[b]
150	25.2±2.6[a]	27.4±1.4[a]
$LSD_{0.05}$	0.9	0.6
%CV	4.0	2.7

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.30 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ (เปอร์เซ็นต์)	
(°)	0 วัน	1 วัน
0	22.6±2.5[d]	27.3±2.6[d]
90	24.7±1.9[c]	29.7±2.6[c]
130	25.4±2.0[b]	30.3±2.4[b]
150	26.9±1.4[a]	31.2±2.0[a]
$LSD_{0.05}$	0.7	0.6
%CV	2.9	2.4

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือก

ผลการทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเองที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบว่ามีอาการช้ำที่เปลือกด้านนอกและด้านใน เมื่อกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ขึ้นไป ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน พบว่าส่วนของเปลือกตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก เมื่อทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ถูกกระแทก และมีค่าน้อยกว่าตำแหน่งที่ถูกกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.31, 4.32, ภาพภาคผนวก 9, 11) สำหรับตำแหน่งที่ถูกกระแทกที่เปลือกด้านนอกของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อน 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° เฉลี่ยมากที่สุด โดยผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90 °, 130° และ 150 ° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* ที่เปลือกด้านนอกเท่ากับ 6.65±0.29, 7.15±0.15 และ 7.56±0.40 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า C* เท่ากับ 8.18±0.18, 8.73±0.25 และ 10.67±0.10 และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เท่ากับ 1.80±0.17, 2.22±0.11 และ 2.63±0.22 ตามลำดับ (ตาราง 4.31, ภาพภาคผนวก 9)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบว่าตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกของผลลำไยที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, h° และการเพิ่มขึ้นของค่า C* มากกว่าตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกของผลลำไยเมื่อกระแทกที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.31, ภาพภาคผนวก 10) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านนอก

เปลือกของผลลำไยตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เท่ากับ 2.76±0.16, 4.60±0.33 และ 6.50±0.39 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่ากับ 3.51±0.32, 5.31±0.36 และ 6.66±0.44 และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เท่ากับ 1.48±0.11, 1.57±0.10 และ 1.78±0.17 ตามลำดับ (ตาราง 4.31, ภาพภาคผนวก 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.31 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกและด้านในผลลำไย เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี (°)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกในวันที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)					
	เปลือกด้านนอก			เปลือกด้านใน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
90 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	4.52±0.25^{d}	1.53±0.19^{d}	1.02±0.17^{d}	0.68±0.16^{d}	3.08±0.14^{d}	0.75±0.13^{c}
130 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	4.50±0.32^{d}	1.58±0.15^{d}	1.04±0.15^{d}	0.68±0.12^{d}	3.06±0.07^{d}	0.74±0.10^{c}
150 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	4.54±0.15^{d}	1.53±0.13^{d}	1.02±0.12^{d}	0.67±0.06^{d}	3.06±0.11^{d}	0.78±0.08^{c}
90 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	6.65±0.29^{c}	8.18±0.18^{c}	1.80±0.17^{c}	2.76±0.16^{c}	3.51±0.32^{c}	1.48±0.11^{b}
130 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	7.15±0.15^{b}	8.73±0.25^{b}	2.22±0.11^{b}	4.60±0.33^{b}	5.31±0.36^{b}	1.57±0.10^{b}
150 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	7.56±0.40^{a}	10.67±0.10^{a}	2.63±0.22^{a}	6.50±0.39^{a}	6.66±0.44^{a}	1.78±0.17^{a}
$LSD_{0.05}$	0.33	0.20	0.20	0.30	0.35	0.14
%CV	4.80	3.07	10.13	9.50	7.06	9.69

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวัดความเสียหายจากการเกิดความช้ำของเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเปลือกด้านนอกของลำไยตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกและที่ถูกกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.32, ภาพภาคผนวก 11) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตผล จึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ได้ชัดเจนเท่ากับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ เช่นเดียวกับผลการทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการเกิดความช้ำที่เปลือกด้านในของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าการกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90° ทำให้ผลลำไยเกิดความช้ำขึ้นเช่นเดียวกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ซึ่งพบว่าตรงตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทกบนผลลำไย มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, h° และการเพิ่มขึ้นของค่า C* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.32, ภาพภาคผนวก 12) และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ พบว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L* และ C* มากที่สุด โดยผลลำไยที่กระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* เท่ากับ 17.23±0.22, 18.24±0.30 และ 20.23±0.23 มีเปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่ากับ 6.04±0.07, 6.52±0.23 และ 9.54±0.28 ตามลำดับ (ตาราง 4.32, ภาพภาคผนวก 12) สำหรับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า h° พบว่าผลลำไยจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90° และ 130° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าน้อยกว่าที่มุมกางของค้อนตี 150° อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า h° เท่ากับ 8.38±0.35, 8.73±0.35 และ 10.85±0.39 ตามลำดับ (ตาราง 4.32, ภาพภาคผนวก 12)

2.3 การเน่าเสีย

เมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยมุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° พบว่าผลลำไยเริ่มเน่าเสียภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ในขณะที่ผลลำไยที่ไม่ถูกกระแทก (ที่มุมกาง 0°) เริ่มเน่าเสียภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบการเน่าเสียระหว่างมุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ พบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน การกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° ผลลำไยมีการเน่าเสียเฉลี่ยมากที่สุดคือ 20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่มุมกางของค้อน 130° และ 90° ซึ่งมีการเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากันคือ 10 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ไม่ผ่านการกระแทกยังไม่เกิดการเน่าเสีย (ตาราง 4.33)

สำหรับในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมค้อน 130° และ 150° มีการเน่าเสียมากกว่าวันที่ 1 ของการเก็บรักษา โดยมีการเน่าเสียเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 80.0 และ 83.3 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่าที่มุมกาง 90° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีการเน่าเสียเฉลี่ย 70.0 และ 73.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.33) และในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยทุกการทดลองมีการเน่าเสียทั้งหมด (ตาราง 4.33)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.32 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกและด้านในผลลำไย เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี (°)	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกในวันที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)					
	เปลือกด้านนอก			เปลือกด้านใน		
	ΔL*	ΔC*	Δh°	ΔL*	ΔC*	Δh°
90 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	3.28±0.24	3.51±0.23	2.36±0.19	5.86±0.18^{d}	4.63±0.28^{d}	5.53±0.32^{c}
130 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	3.24±0.20	3.54±0.21	2.36±0.25	5.84±0.46^{d}	4.65±0.19^{d}	5.56±0.42^{c}
150 (ตำแหน่งที่ไม่ถูกกระแทก)	3.25±0.14	3.56±0.33	2.36±0.23	5.86±0.15^{d}	4.63±0.20^{d}	5.50±0.32^{c}
90 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	3.25±0.20	3.55±0.30	2.30±0.28	17.23±0.22^{c}	6.04±0.07^{c}	8.38±0.35^{b}
130 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	3.26±0.09	3.52±0.25	2.37±0.28	18.24±0.30^{b}	6.52±0.23^{b}	8.73±0.35^{b}
150 (ตำแหน่งที่ถูกกระแทก)	3.28±0.06	3.54±0.34	2.39±0.30	20.23±0.23^{a}	9.54±0.28^{a}	10.85±0.39
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	0.33	0.25	0.43
%CV	4.85	8.23	10.50	2.29	3.56	4.87

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สำหรับความเสียหายจากการกระแทกกันระหว่างผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นด้วยกันเอง พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ผลลำไยจากการถูกกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 150° เกิดการเน่าเสียมากที่สุด รองลงมาได้แก่ที่มุมกาง 130° และ 90° และสุดท้ายคือผลลำไยที่ไม่ผ่านการกระแทก ซึ่งมีการเน่าเสียน้อยที่สุด โดยผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130°, 150° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทก มีการเน่าเสียเฉลี่ย 36.7, 50.0, 63.3 และ 23.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.34) และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน พบว่าทั้งผลลำไยที่ผ่านการทดสอบการกระแทกและผลที่ไม่ผ่านการกระแทกมีการเสียเฉลี่ยเท่ากันคือ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.34)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.33 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)			
(°)	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
0	0	0	70.0[b]	100
90	0	10	73.3[b]	100
130	0	10	80.0[a]	100
150	0	20	83.3[a]	100
$LSD_{0.05}$	-	-	6.7	-
%CV	-	-	4.4	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.34 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ที่มุมกางของค้อนตีระดับต่างๆ

มุมกางของค้อนตี	การเน่าเสีย (เปอร์เซ็นต์)		
(°)	0 วัน	1 วัน	2 วัน
0	0	23.3[d]	100
90	0	36.7[c]	100
130	0	50.0[b]	100
150	0	63.3[a]	100
$LSD_{0.05}$	-	11.0	-
%CV	-	12.8	-

หมายเหตุ: ตัวเลขแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยด้วยกันเองของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าผลลำไยที่ถูกกระแทกมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียมากกว่าผลที่ไม่ถูกกระแทก แสดงว่าการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเองที่มุมกางของค้อนตี 90° ผลลำไยเกิดการช้ำขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือก

4.3.3 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดความเสียหายจากการกระแทก

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดความช้ำของเนื้อด้านในระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กและการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง โดยดูจากเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลที่ไม่ผ่านการกระแทก (ที่มุมกาง 0°) พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลที่ไม่ผ่านการกระแทกมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตารางภาคผนวก 11, 14) แสดงว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นเกิดความช้ำของเนื้อด้านในจากการกระแทกมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษากับผลแอปเปิล (Pang *et al.*, 1996) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิของผลลำไย โดยพบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตารางภาคผนวก 4)

การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในของผลลำไยตรงตำแหน่งที่ถูกกระแทกระหว่างผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกด้วยมุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L* มากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ค่อนข้างมาก (ตาราง 4.22, 4.23) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลลำไย โดยผลิตผลที่มีอุณหภูมิต่ำเมื่อนำมาทดสอบการรับแรงเชิงกลและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่า L* ลดลงมากกว่าผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องตลอดเวลา (DeMartino, 2002) สำหรับการกระแทกของผลลำไยด้วยกันเอง พบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (ตาราง 4.32, 4.33) เช่นเดียวกัน

สำหรับการเน่าเสียของผลลำไยจากการถูกกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กระหว่างผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น พบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่มุมกางของค้อนตีทั้ง 4 ระดับ มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ตาราง 4.24, 4.25) สำหรับการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง พบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130°, 150° และผลที่ไม่ผ่านการกระแทก มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ค่อนข้างมาก (ตาราง 4.33, 4.34) ทั้งนี้เพราะว่าเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผลิตผล (DeMartino, 2002) โดยผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เมื่อถูกย้ายมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

นอกจากนี้ยังพบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามากกว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก (ตาราง 4.23, 4.32) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิในห้องที่เก็บรักษาผลลำไยที่ผ่านการทดสอบการกระแทกกันของผลลำไยด้วยกันเองอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่เก็บรักษาผลลำไยที่ทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กซึ่งอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม โดยอุณหภูมิในห้องที่เก็บรักษาผลลำไยที่ผ่านการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.1 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิที่เก็บรักษาผลลำไยที่ผ่านการทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเองมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.1 องศาเซลเซียส ซึ่งการเน่าเสียของผลลำไยจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาด้วย (Tongdee, 1997)

4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและความเสียหายจากการเกิดความช้ำ

ผลการวัดความเสียหายจากการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นด้วยลูกตุ้มเหล็กพบสมการความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ในวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษา เป็นสมการเส้นตรง ซึ่งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.75 และ 0.80 ตามลำดับ (ภาพ 4.11) ส่วนผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.75 และ 0.60 ตามลำดับ (ภาพ 4.12) ผลการทดสอบการกระแทกกันของผลลำไยด้วยกันเองพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเช่นเดียวกัน โดยในวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.90 และ 0.98 ตามลำดับ (ภาพ 4.13) ส่วนผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.89 และ 0.79 ดังภาพ 4.14 โดยงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก หรือพลังงานจากการกระแทกมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับขนาดของความช้ำ (Satriana, 1993; Sinobas *et al.*, 2003) และพบว่ากราฟที่ได้จากการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กมีค่าความชันมากกว่ากราฟจากการทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง (ภาพ 4.11-4.14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกจากการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กและการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก โดยเมื่องานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก เพิ่มขึ้นขนาดความช้ำที่เปลือกจะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามไปด้วย จากผลการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบสมการความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก และเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาโดยมี R^2 เท่ากับ 0.91, 0.93 และ 0.99 ตามลำดับ (ภาพ 4.15) และสำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเปลือกด้านในพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* เท่านั้น โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.90 (ภาพ 4.16) สำหรับผลการทดสอบกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบสมการความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านใน เมื่อวัดผลในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เป็นสมการเส้นตรงเช่นเดียวกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.76, 0.90 และ 0.74 ตามลำดับ (ภาพ 4.17) จากกราฟ 4.16 และ 4.17 พบว่ากราฟการเปลี่ยนแปลงของค่า C* ที่เปลือกด้านในของผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่าความชันเท่ากับ 0.010 ซึ่งมากกว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ที่มีค่าความชันของกราฟเพียง 0.003

สำหรับการทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเองพบความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกและด้านในของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน เพิ่มขึ้นเป็นในลักษณะสมการตรงตามไปด้วย โดยความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง h° มีค่า R^2 มากที่สุดคือ 0.91 และ 0.85 (ภาพ 4.18, 4.19) ส่วนผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบว่างานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงเช่นเดียวกันโดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.62, 0.93 และ 0.85 ตามลำดับ (ภาพ 4.20)

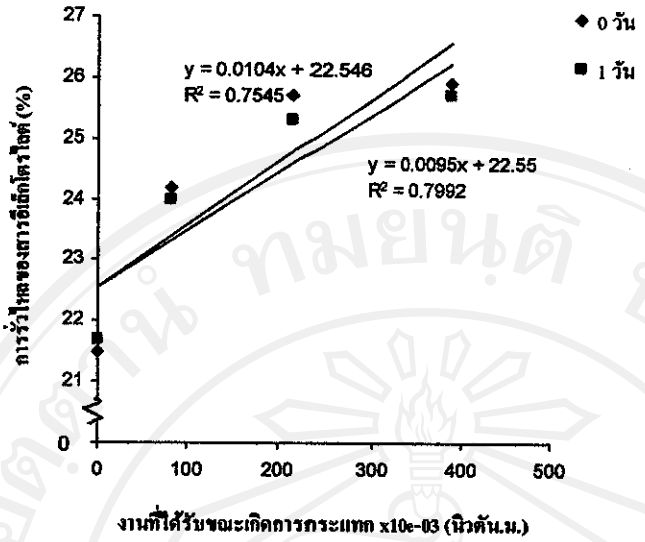
ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย พบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงเช่นเดียวกัน เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทก และเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียจากการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.87 และ 0.94 และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.80 และ 1.0 ตามลำดับ (ภาพ 4.21) การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

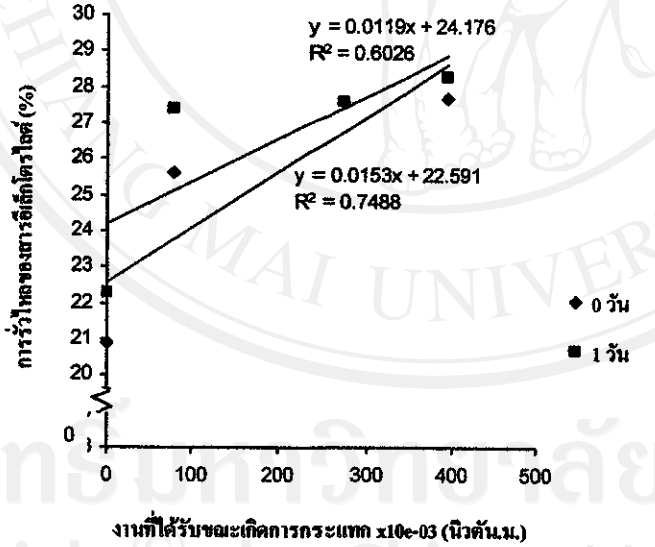
ทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเองกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ พบว่างานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง เมื่องานที่ได้รับขณะเกิดการกระแทกเพิ่มขึ้นผลลำไยมีการการเน่าเสียเพิ่มขึ้นเป็นสมการเส้นตรงตามไปด้วย โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.84 และ 0.98 ตามลำดับ (ภาพ 4.22) และสำหรับการทดสอบกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเช่นเดียวกัน โดยวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่า R^2 เท่ากับ 0.97 (ภาพ 4.22)

นอกจากนี้จากผลการทดสอบการกระแทกยังพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เช่นเดียวกับการทดสอบการกดทับ โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นจากการทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็ก มีค่า R^2 เท่ากับ 0.82 และ 0.79 ตามลำดับ (ภาพ 4.23) สำหรับการกระแทกกันระหว่างผลลำไยด้วยกันเองพบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่า R^2 ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 0.94 และ 0.93 (ภาพ 4.24) ซึ่งกราฟจากการกระแทกผลลำไยด้วยลูกตุ้มเหล็กมีค่าความชันมากกว่ากราฟจากการกระแทกระหว่างผลลำไยด้วยกันเอง (ภาพ 4.23, 4.24)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

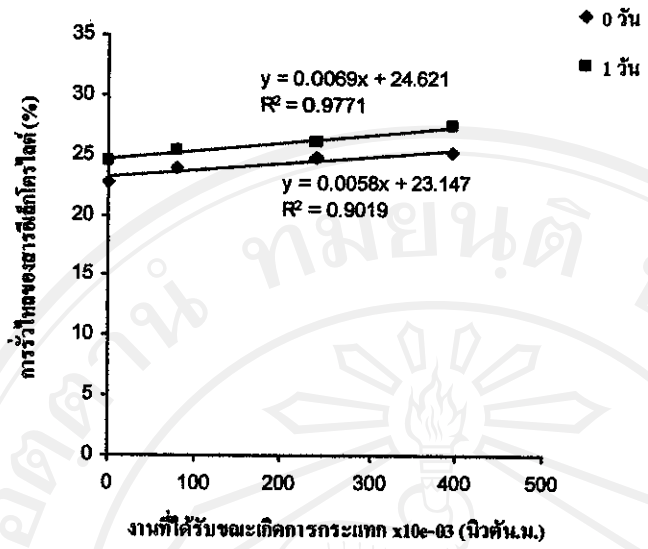


ภาพ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยดูดซับจากการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

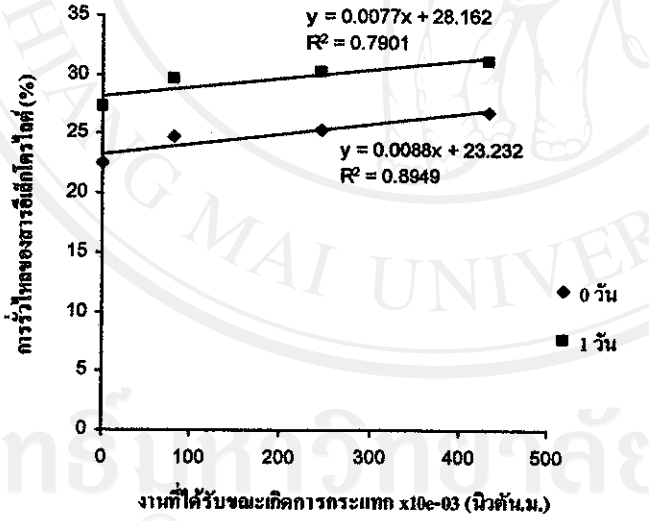


ภาพ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

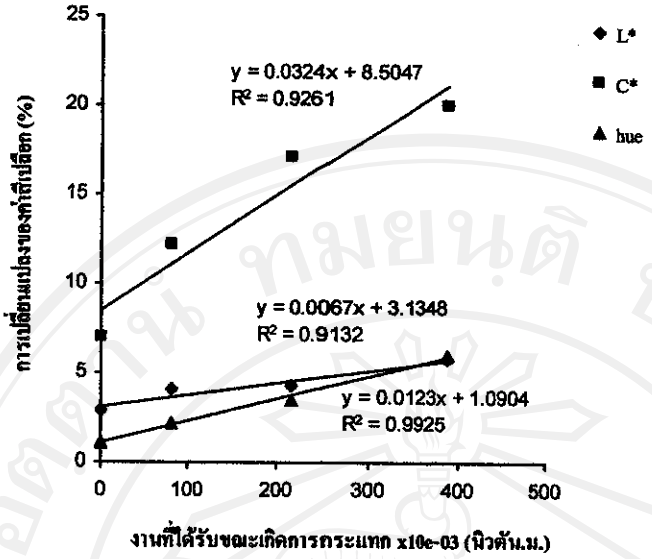


ภาพ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

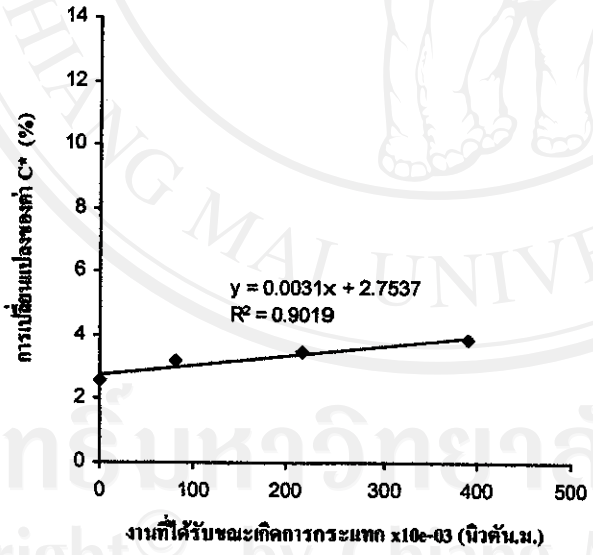


ภาพ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

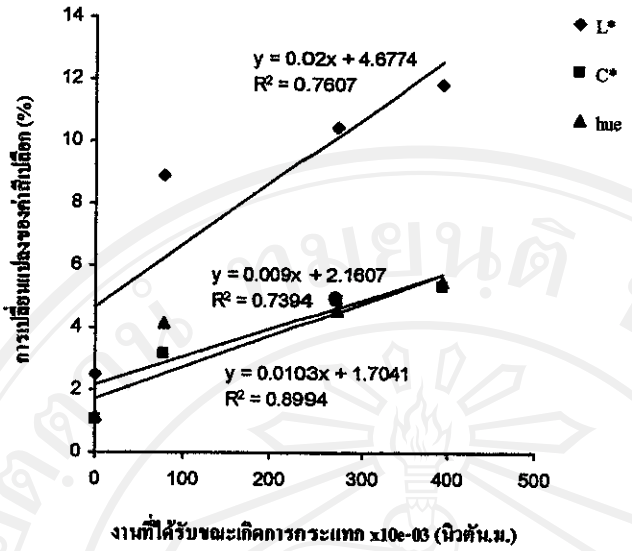


ภาพ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอกในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

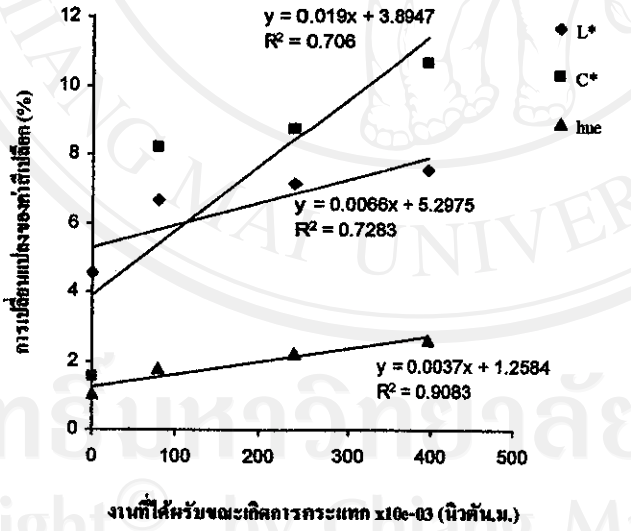


ภาพ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า C* ของเปลือกด้านใน ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

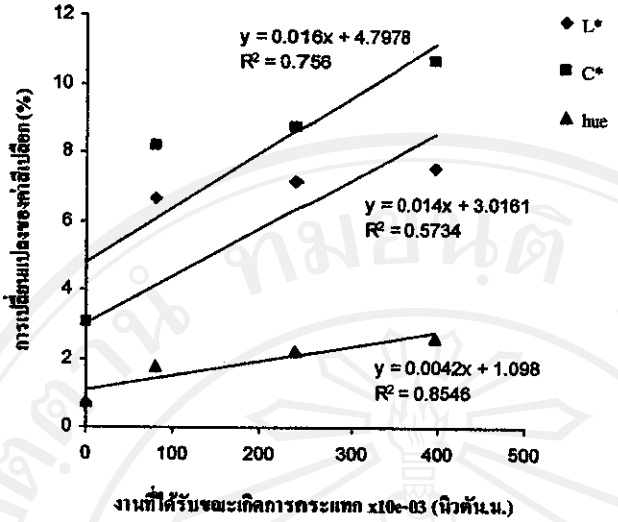


ภาพ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในผลในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยลูกตุ้มเหล็ก

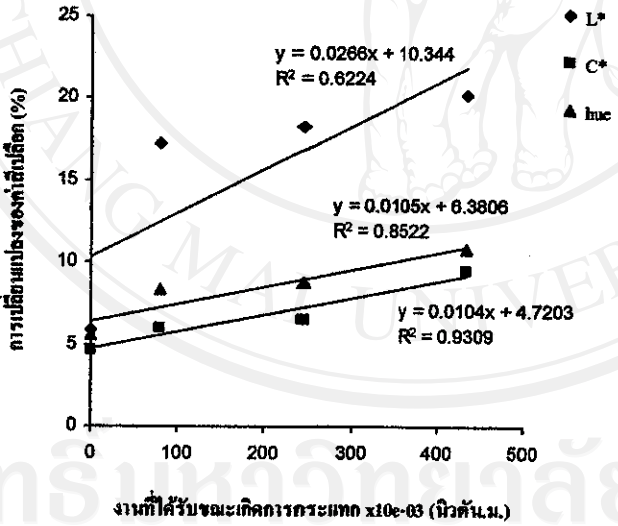


ภาพ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านนอก ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน เมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



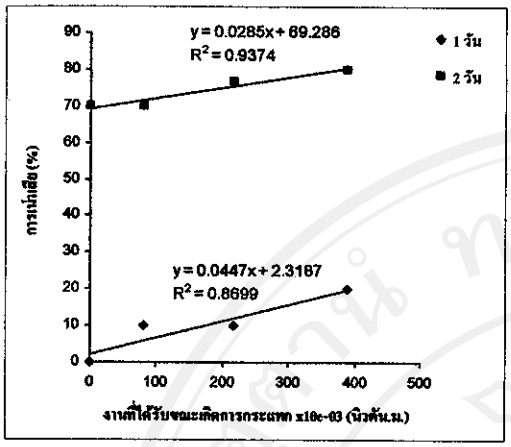
ภาพ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านใน ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน เมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่



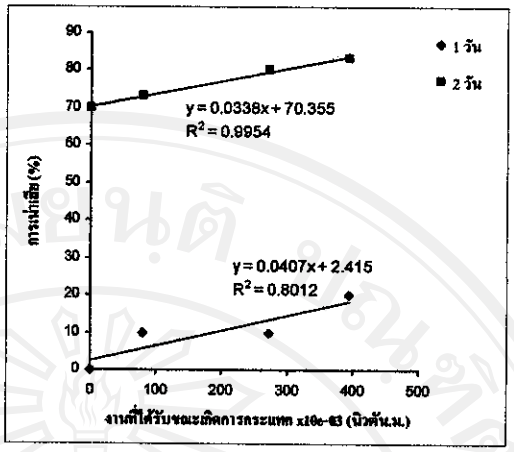
ภาพ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า L*, C* และ h° ของเปลือกด้านในภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน เมื่อทดสอบการกระแทกกันระหว่างผลลำไยกับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

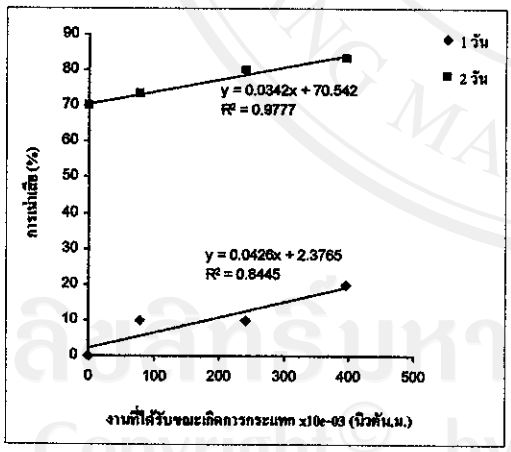


b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น

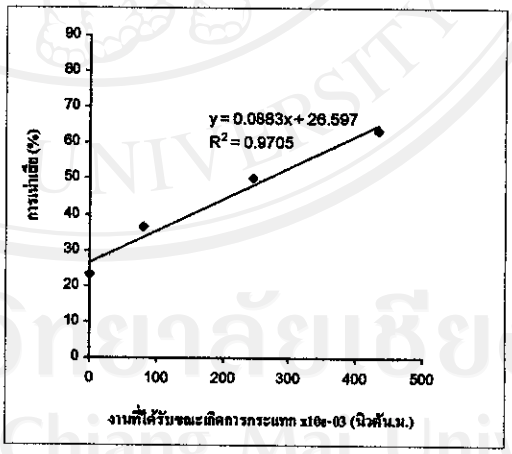


ภาพ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่



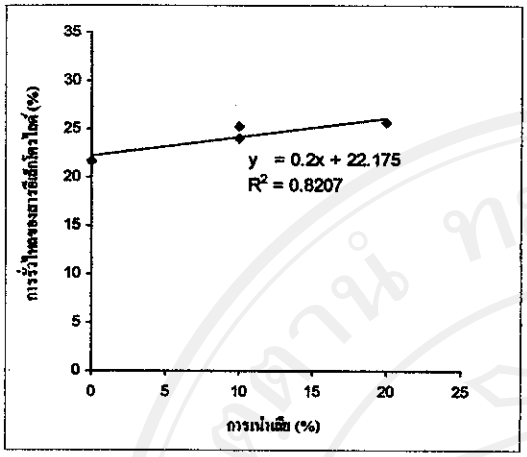
b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น



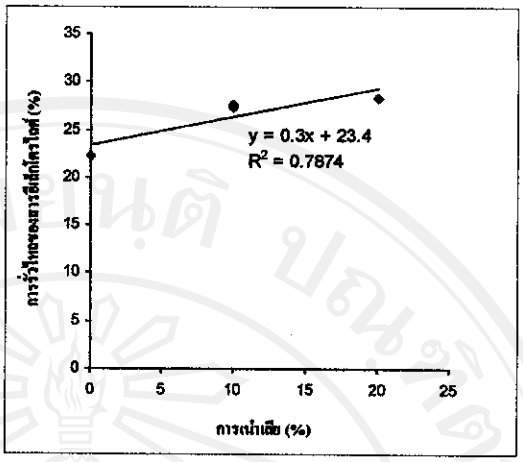
ภาพ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ผลลำไยได้รับขณะเกิดการกระแทกและเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เมื่อทดสอบการกระแทกกันเองของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่

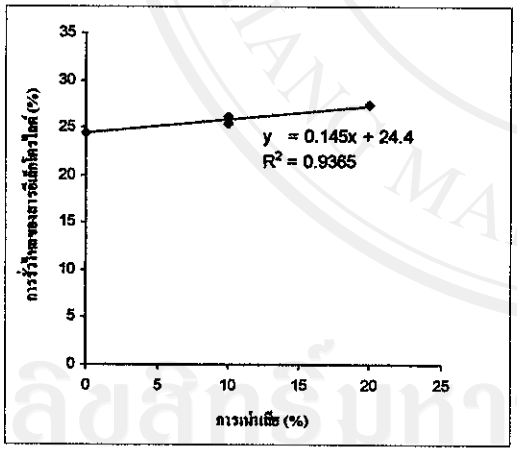


b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น

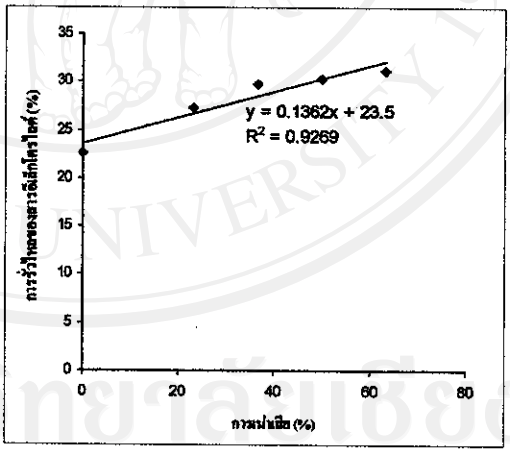


ภาพ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตไลต์ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกด้วยลูกตุ้มเหล็กกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

a. ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่



b. ผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น



ภาพ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบการกระแทกกันเองของผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (a) และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การเปรียบเทียบความเสียหายระหว่างการถูกกดทับและการถูกกระแทก

ความเสียหายจากการเกิดความช้ำของเนื้อด้านในของผลลำไยจากการทดสอบการกดทับจนมีระยะยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผล และผลลำไยจากการทดสอบการกระแทกที่มุมกางของค้อนตี 90°, 130° และ 150° เมื่อดูจากค่างานดูดซับที่ใกล้เคียงกัน พบว่าผลลำไยที่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลเพิ่มขึ้นมากกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการกดทับ ในอัตราที่มากกว่าผลลำไยที่ทดสอบการกระแทก (ตารางภาคผนวก 5, 6, 11-14) แต่พบว่าการทดสอบการกดทับใช้เวลามากกว่าการทดสอบการกระแทกค่อนข้างมาก โดยเมื่อทดสอบการกดทับให้ผลลำไยมีระยะยุบตัวเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาในการกดทับประมาณ 12.1 วินาที ในขณะที่การทดสอบการกระแทก ใช้เวลาเพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้น แสดงว่าการกระแทกทำให้ผลลำไยเกิดความเสียหายมากกว่าการกดทับ เพราะการกดทับต้องใช้เวลาค่อนข้างนานจึงจะเกิดความเสียหายเท่ากับการกระแทก ซึ่งใช้เวลาเพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้น

เมื่อแปลงหน่วยของแรงกดทับเป็นหน่วยของพลังงาน เมื่อทดสอบการกดทับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ให้มีระยะการยุบตัว 5, 15 และ 23 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าพลังงานดูดซับเท่ากับ $5.3x10^{-4}$, $25.6 x10^{-4}$ และ $51.3 x10^{-4}$ จูล ตามลำดับ (ตาราง 4.7) และสำหรับผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นมีค่าพลังงานดูดซับเท่ากับ $5.1x10^{-4}$, $25.5x10^{-4}$ และ $53.6x10^{-4}$ จูล ตามลำดับ (ตาราง 4.8) แต่สำหรับค่าพลังงานดูดซับจากการกระแทกนั้นไม่สามารถคำนวณได้ เพราะในระหว่างการทดสอบไม่สามารถจับเวลาในชั่วขณะที่ผลลำไยถูกกระแทกได้ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือที่ใช้วัด แต่จากการประมาณเชื่อว่าพลังงานดูดซับจากการกระแทกน่าจะมีค่าสูงกว่าพลังงานดูดซับจากการกดทับ เพราะการกระแทกใช้เวลาเพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้น

4.5 การประยุกต์ใช้ผลการทดลอง

4.5.1 ผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยได้ โดยเฉพาะในขั้นตอนการขนส่งผลลำไยสด ซึ่งไม่ควรวางผลลำไยให้ด้านข้างของผลเป็นด้านที่รับแรงกดทับ เพราะเป็นตำแหน่งที่ถูกกดทับแล้วจะเกิดความช้ำและการปริแตกได้ง่ายกว่าตำแหน่งอื่นทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการที่จะบังคับผลลำไยเพื่อไม่ให้ตำแหน่งด้านข้างผลตั้งขึ้นรับแรงกดทับ และในการขนส่งผลลำไยเพื่อจำหน่ายในรูปผลสด ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะบรรจุใส่ในตะกร้าพลาสติกขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 43x31x16.5 เซนติเมตร^3 เมื่อบรรจุผลลำไยใส่เต็มในตะกร้าจะมีน้ำหนักรวมทั้งหมดประมาณ 12 กิโลกรัม ผลการคำนวณพบว่าที่ก้นตะกร้ามีพื้นที่รับแรงกดทับประมาณ 46.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ก้นตะกร้าทั้งหมด ดังนั้นทั้งผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแช่เย็นจะเริ่มเกิดความช้ำเมื่อถูกกดทับด้วยแรงต่ำสุดประมาณ 0.32 และ 0.31 กิโลกรัมขึ้นไป ตามลำดับ ในการป้องกันการเกิดความช้ำกับผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็นในระหว่างการขนส่งจึงไม่ควรเรียงตะกร้าให้ซ้อนทับกันเกิน 5 และ 6 ชั้น ตามลำดับ และจะมีการปริแตกของเปลือกด้านนอกเมื่อมีการวางซ้อนทับกันของตะกร้าเกิน 154 และ 138 ชั้น ตามลำดับ (ภาคผนวก ก) หากจำเป็นต้องการเรียงตะกร้าให้ซ้อนทับกันมากกว่านี้และไม่ต้องการให้ผลลำไยเกิดความช้ำหรือปริแตกขึ้น ควรหาแผ่นไม้หรือแผ่นเหล็กมากั้นทำเป็นชั้นสำหรับวางตะกร้า เพื่อป้องกันการซ้อนทับกันจนมีน้ำหนักมากเกินไป

4.5.2 การขนส่งผลลำไยสดที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลลำไยอบแห้ง ซึ่งจะใช้ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ส่วนใหญ่จะบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกและกระสอบปุ๋ย ในการบรรจุผลลำไยใส่ตะกร้าพลาสติกซึ่งมีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 45.2x26.1x30 เซนติเมตร^3 ที่ก้นตะกร้ามีพื้นที่รับแรงกดทับประมาณ 600.3 ตารางเซนติเมตร และมีน้ำหนักของผลลำไยรวมน้ำหนักตะกร้าประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตะกร้า ซึ่งเป็นจำนวนที่บรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกแล้วผลลำไยจะไม่ล้นขอบเหล็กกั้นด้านในออกมา และสามารถวางตะกร้าให้ซ้อนทับกันให้มีจำนวนชั้นเท่าไหร่ก็ได้โดยไม่ทำให้ผลลำไยสดเกิดความช้ำและการปริแตก หากมีการบรรจุผลลำไยล้นขอบเหล็กกั้นด้านในจะเกิดความช้ำขึ้นเมื่อมีการเรียงซ้อนทับกันของตะกร้าเกิน 2 ชั้น และจะเกิดการปริแตกขึ้นเมื่อมีการเรียงซ้อนทับกันของตะกร้าเกิน 89 ชั้น (ภาคผนวก ก)

สำหรับการบรรจุผลลำไยใส่ในกระสอบปุ๋ย ซึ่งมีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 54.5x70x35 เซนติเมตร^3 และบรรจุผลลำไยได้ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อกระสอบ ผลการคำนวณอาจประเมินได้ว่า หากมีการวางเรียงกระสอบให้ซ้อนทับกันตามแนวนอนเกิน 6 ชั้นขึ้นไป จะทำให้ผลลำไยเกิดความช้ำได้ และผลลำไยจะเกิดการปริแตกเมื่อมีการเรียงกระสอบซ้อนทับกันเกิน 227 กระสอบขึ้นไป (ภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตามในการขนส่งผลลำไยไปยังโรงอบเพื่อแปรรูปเป็นผลลำไยอบแห้งส่วนใหญ่จะใช้รถกระบะในการขนส่ง และมีการเรียงกระสอบซ้อนทับกันไม่เกินจำนวนชั้นที่ทำให้ผลลำไยเกิดการปริแตกอยู่แล้ว

4.5.3 การซ้อนทับกันของผลลำไยตามแนวดิ่ง ผลการคำนวณพบว่าผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น (ขนาดน้ำหนักผล 0.011 กก. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.6 เซนติเมตร) จะไม่เกิดความช้ำเมื่อมีการวางซ้อนทับกันได้สูงสุดไม่เกิน 30 และ 29 ผล ตามลำดับ (ภาคผนวก ก) ดังนั้นในการออกแบบภาชนะบรรจุเพื่อบรรจุผลลำไยที่เก็บเกี่ยวมาใหม่และผลลำไยที่ผ่านการแช่เย็น ภาชนะบรรจุควรมีความสูงไม่เกิน 78.0 และ 75.4 เซนติเมตร เมตร ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.4 ในขั้นตอนการแปรรูปผลลำไยอบแห้ง การเทผลลำไยใส่ภาชนะบรรจุ เครื่องคัดเกรด และเครื่องอบแห้งไม่ควรให้ความสูงการเทมากกว่า 0.6 เมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความช้ำจากการกระแทกให้น้อยที่สุด และไม่ควรใช้ผลลำไยที่ร่วงหล่นจากต้นในระหว่างการเก็บเกี่ยวไปแปรรูปเป็นผลลำไยอบแห้ง เพราะผลลำไยดังกล่าวผ่านการเกิดความช้ำมาแล้ว เมื่อนำผลลำไยดังกล่าวไปอบแห้งจะทำให้เกิดคราบน้ำหมากขึ้นได้ง่าย และสำหรับผลลำไยที่ขั้วหลุดออกจากผลและเหลือแต่เยื่อสีขาวบางๆ ติดอยู่บริเวณที่ขั้วเคยติดอยู่ก็ไม่ควรนำไปอบแห้งเช่นเดียวกัน เพราะถึงแม้จะไม่ถูกกดทับจนให้เกิดความช้ำ แต่เมื่อนำผลลำไยดังกล่าวไปเข้าเครื่องคัดเกรดจะทำให้เกิดความช้ำจากการกระแทกในระหว่างการคัดเกรด ซึ่งจะทำให้ของเหลวที่อยู่ด้านในมีโอกาสไหลออกมาด้านนอก และอาจทำให้เกิดคราบน้ำหมากขึ้นในระหว่างการอบแห้งได้เช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved