Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 213–216 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 213-216 (2560)

กรดไขมันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Fatty Acids in Relation to Internal Browning of Pineapple Fruit after Low Temperature Storage

ปัทมวรรณ อนุสรพรพงศ์[1] และ เกียรติสุดา เหลืองวิลัย[1,2]

Pattamawan Anusornpornpong[1] and Kietsuda Luengwilai[1,2]

Abstract

The major problem of pineapple fruit export is chilling injury or internal browning (IB). To date, the cause of chilling injury is still not clear. One of the hypotheses is related to the fatty acids in the plasma membranes. However, the study of the role of fatty acids on IB in pineapple fruit is limited. The aim of this study was therefore to examine the fatty acids in relation to postharvest IB of four pineapple cultivars. To induce IB, fruits were stored at 10±2°C for 7, 14 and 21 days and transferred to 25±2 °C for 3 days. To induce senescence, fruits were stored at 25±2°C for 7 days. The result showed that 'Trad Sri-Thong' and 'Sawi' pineapples had severe IB symptom after 14 days of storage, followed by 'Pattavia' fruits, while no IB symptoms occurred in 'MD2' after 21 days of storage. Comparison of fatty acids in the four cultivars showed that 'Trad Sri-Thong' pineapple had highest level of oleic acid (C18:1) at harvest. 'MD2' pineapple had highest level of linoleic acid (C18:2) at senescence. However, the four cultivars had no difference in fatty acids when IB was induced. After storage, C18:2 was decrease only in 'Pattavia' pineapple. Furthermore, double bond index (DBI) in the four cultivars was not different and did not decrease after storage. Therefore, fatty acids were not related to the postharvest IB in pineapple fruits.

Keywords: chilling injury fatty acids *Ananas comosus*

บทคัดย่อ

ปัญหาสำคัญการส่งออกสับปะรดผลสด คือ การเกิดอาการสะท้านหนาว หรือ อาการไส้สีน้ำตาล โดยสาเหตุของอาการสะท้านหนาวยังไม่ทราบแน่ชัด แต่อาจเกี่ยวข้องกับกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของกรดไขมันกับอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดมีอยู่น้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันกับการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด 4 พันธุ์ ที่ชักนำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลโดยเก็บรักษาสับปะรดที่ 10±2°C เป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน และย้ายมาที่ 25±2°C เป็นเวลา 3 วัน เปรียบเทียบกับการชักนำให้เกิดการสุกโดยเก็บรักษาที่ 25±2°C เป็นเวลา 7 วัน จากการศึกษาพบว่า หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองและพันธุ์สวีมีการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงใกล้เคียงกัน รองลงมาคือพันธุ์ปัตตาเวีย ในขณะที่พันธุ์ MD2 ไม่พบอาการไส้สีน้ำตาลแม้เก็บรักษานาน 21 วัน จากการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดไขมันหลังเก็บเกี่ยวพบว่า พันธุ์ตราดสีทองมี oleic acid (C18:1) มากที่สุด เมื่อสุก พันธุ์ MD2 มี linoleic acid (C18:2) มากที่สุด และเมื่อชักนำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ทั้ง 4 พันธุ์มีชนิดและปริมาณกรดไขมันไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันเทียบกับกรดไขมันเริ่มต้น พบว่าพันธุ์ปัตตาเวียเท่านั้นที่มีการลดลงของ C18:2 เมื่อเกิดอาการไส้สีน้ำตาล ในทำนองเดียวกัน สำหรับค่า double bond index (DBI) พบว่าสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์มีค่า DBI ไม่แตกต่างกัน และไม่ลดลงหลังเก็บรักษา ดังนั้นชนิดและปริมาณของกรดไขมันไม่สอดคล้องกับอาการไส้สีน้ำตาลหลังเก็บรักษาของสับปะรด

คำสำคัญ: อาการสะท้านหนาว กรดไขมัน *Ananas comosus*

คำนำ

ปริมาณการส่งออกสับปะรดผลสดของประเทศไทย มีเพียงร้อยละ 0.4 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งการเก็บรักษาผลสับปะรดที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน จะทำให้เนื้อใกล้แกนสับปะรดมีอาการฉ่ำน้ำ และเป็นสีน้ำตาล รับประทานไม่ได้ เรียกอาการนี้ว่า อาการสะท้านหนาว หรือ อาการไส้สีน้ำตาล

[1] ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กทม. 10400

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission on High Education, Bangkok 10400, Thailand

(internal browning) และข้อสันนิษฐานหนึ่งของการเกิดอาการสะท้านหนาว คือ การเปลี่ยนสถานะของเยื่อหุ้มเซลล์จากของไหล (liquid-crystalline phase) มาเป็นของแข็ง (solid phase) ซึ่งการมีกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นองค์ประกอบของ phospholipid จะช่วยรักษาสภาพการเป็นของไหลของเยื่อหุ้มเมื่อพืชอยู่ภายใต้อุณหภูมิ (Murata *et al*., 1990; Lyons,1973) และการมีพันธะคู่มากจะทำให้อุณหภูมิที่ใช้เปลี่ยนสถานะของกรดไขมันต่ำลง (Quinn, 1985) ในสับปะรดพบว่า พันธุ์ตราดสีทองเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย แต่การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัวไม่แตกต่างกันหลังเก็บรักษา (Nukuntornprakit *et al.,* 2015) ในขณะที่ Zhou *et al*. (2014) เปรียบเทียบสับปะรดหลังเก็บเกี่ยวและชักนำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาล กลับพบว่า ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดใน plasma membrane ลดลงในผลที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล จะเห็นได้ว่า การทดลองทั้งสองให้ผลขัดแย้งกัน ทั้งนี้การศึกษาเกี่ยวกับกรดไขมันกับอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดยังมีอยู่น้อยมาก จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของกรดไขมันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลสับปะรด 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ตราดสีทอง จากจังหวัดตราด และพันธุ์สวี จากจังหวัดชุมพร (อายุหลังดอกบานประมาณ 130 วัน) พันธุ์ปัตตาเวีย และMD2 จากจังหวัดระยอง (อายุหลังดอกบานประมาณ 150 วัน หลังจากชักนำการออกดอก) น้ำหนักผล 1.0-1.5 กิโลกรัม และไม่มีโรคเข้าทำลาย สับปะรดจะถูกขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมงหลังตัดออกจากแปลง จากนั้นทำความสะอาด ตัดก้านให้เหลือความยาวประมาณ 1 นิ้ว วิเคราะห์คุณภาพและอาการไส้สีน้ำตาลทันทีหลังเก็บเกี่ยว และหลังชักนำให้เกิดการสุกโดยการเก็บรักษาที่ 25±2°C เป็นเวลา 7 วัน (0+7) และหลังการชักนำการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลโดยนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±2 เปอร์เซ็นต์ เป็น เวลา 7, 14 และ 21 วัน หลังจากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 วัน

บันทึกการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล ประเมินอาการฉ่ำน้ำและสีน้ำตาล เมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดเมื่อผ่าครึ่งตามความยาวของผลสับปะรด ซึ่ง 0 คะแนน คือ ไม่เกิดอาการ และ 5 คะแนน คือ เกิดอาการตลอดแนวแกนของพื้นที่หน้าตัด จากนั้นวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่อง gas chromatograph มีคอลัมภ์ WCOT FUSED SILICA column, (0.25 mm×50m) และ FID detector ตามวิธีของ AOAC (2000) จำแนกชนิดของกรดไขมันโดยใช้ เวลาที่สารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ออกจากคอลัมภ์ เปรียบเทียบกับ standard C8-C22 คำนวณปริมาณกรดไขมันจากพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันแต่ละชนิดเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) และหาค่า double bond index (DBI) จากผลรวมของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว x จำนวนพันธะคู่ (Zhou *et al*., 2014) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 23

ผล

การเก็บรักษาที่ 10±2°C นาน 14+3 วัน สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองและพันธุ์สวีมีการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงใกล้เคียงกัน คือ 5 คะแนน และ 4 คะแนน ตามลำดับ โดยที่พันธุ์ปัตตาเวียแสดงอาการเพียง 1.3 คะแนน และเมื่อเก็บรักษาจนถึง 21+3 วัน สับปะรดทั้ง 3 พันธุ์แสดงอาการ 5 คะแนนเท่ากัน ขณะที่พันธุ์ MD2 ไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาลตลอดการเก็บรักษา (Figure1)

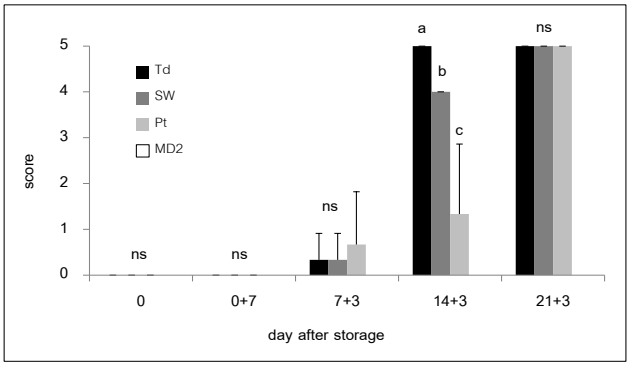

Figure 1 Internal browning score of 'Trad Sri-thong' (Td), 'Sawi' (SW), 'Pattavia' (Pt) and 'MD2' after storage at 25±2 °C for 7 days (0+7) and 10±2°C for 0, 7 (7+3), 14 (14+3) and 21 days (21+3) and transferred to 25±2°C for 3 days. Means are compared among 4 different cultivars at each storage period. Means with different letters are significantly different, ns is non-significant different by Duncan's New Multiple Range Test.

สับปะรดทั้ง 4 พันธุ์ มีกรดไขมันที่ตรวจพบได้ จำนวน 5 ชนิด แบ่งเป็น กรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด คือ palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 3 ชนิด คือ oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) เมื่อเปรียบเทียบสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์หลังเก็บเกี่ยว พบว่า พันธุ์ตราดสีทองมี C18:1 มากที่สุด เมื่อสุก พันธุ์ MD2 มี C18:2 มากที่สุด และเมื่อแสดงอาการไส้สีน้ำตาล สับปะรดทั้ง 4 พันธุ์มีกรดไขมันไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาทีละพันธุ์หลังเก็บรักษา พบว่า พันธุ์ตราดสีทอง ที่ระยะสุก C18:0 เพิ่มขึ้น ขณะที่พันธุ์ MD2 มี C18:1 เพิ่มขึ้น ส่วนพันธุ์ปัตตาเวียมี C18:2 ลดลงทั้งระยะสุกและเมื่อเกิดอาการไส้สีน้ำตาล สำหรับพันธุ์สวีกรดไขมันทุกชนิดไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1) และจากการวิเคราะห์ค่า DBI พบว่า สับปะรดทั้ง 4 พันธุ์มีค่า DBI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่ลดลงเมื่อเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Table 2)

Table 1 Fatty acid compositions (%) of 'Trad Sri thong', 'Sawi', 'Pattavia' and 'MD2' pineapple fruit after harvested, stored at 25±2°C for 7 days (senescence) and stored at 10±2°C for 14 days +25±2°C for 3 days (chilled)

Fatty acid (%)	Condition	Trad Sri-thong	Sawi	Pattavia	MD2	*F*-test
C16:0	At harvest	41.5	39.5	40.3	40.6	*ns*
	Senescence	37.0	40.8	34.9	31.2	*ns*
	Chilled	49.6	34.8	40.9	28.8	*ns*
F-test		*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	
C18:0	At harvest	[b] 0.0	0.0	0.0	0.0	*ns*
	Senescence	[a] 8.6 *A*	3.2 *B*	1.3 *B*	0.0 *B*	**
	Chilled	[b] 2.0	3.3	1.2	1.4	*ns*
F-test		**	*ns*	*ns*	*ns*	
C18:1	At harvest	38.7 *A*	29.1 *AB*	23.8 *B*	[b] 19.7 *B*	**
	Senescence	32.9	30.5	39.0	[a] 40.4	*ns*
	Chilled	23.6	24.7	29.8	[ab] 31.2	*ns*
F-test		*ns*	*ns*	*ns*	*	
C18:2	At harvest	4.8	10.1	[a] 29.1	21.8	*ns*
	Senescence	3.8 *B*	2.1 *B*	[b] 2.1 *B*	9.4 *A*	**
	Chilled	18.8	14.2	[b] 10.0	13.4	*ns*
F-test		*ns*	*ns*	**	ns	
C18:3	At harvest	15.0	21.4	6.7	17.8	*ns*
	Senescence	17.8	23.3	22.6	19.0	*ns*
	Chilled	6.0	23.0	18.1	25.2	*ns*
F-test		*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	

Mean with different letter are significantly different from each other by Duncan's New Multiple Range Test at $p<0.05$ (*) or $p<0.01$ (**)
Capital letter *(A,B)* = the comparison of difference among four pineapple cultivars.
Superscript and small letter *([a, b])* = the comparison of difference among three storage periods.
ns = no different among means.

Table 2 Double bond index (DBI) of 'Trad Sri thong', 'Sawi', 'Pattavia' and 'MD2' pineapple fruit after harvested, stored at 25±2°C for 7 days (senescence) and stored at 10±2°C for 14 days +25±2°C for 3 days (chilled)

DBI	Trad Sri-thong	Sawi	Pattavia	MD2	*F*-test
At harvest	93.4	113.3	102.3	116.8	*ns*
Senescence	93.8	104.8	111.2	116.2	*ns*
Chilled	79.3	122.0	104.1	133.6	*ns*
F-test	*ns*	*ns*	*ns*	ns	

ns = no different among mean by Duncan's New Multiple Range Test.

วิจารณ์

สับปะรดพันธุ์ที่ทนต่ออาการไส้สีน้ำตาล (พันธุ์ปัตตาเวีย และ พันธุ์ MD2) มีชนิดและปริมาณกรดไขมันและค่า double bond index (DBI) ไม่แตกต่างจากพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ตราดสีทอง และ พันธุ์สวี) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามอาการไส้สีน้ำตาลที่มากขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองในสับปะรดของ Nukuntornprakit *et al*., 2015 และ ในผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass และ Fuerte (Eaks, 1990) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันน่าจะไม่ใช่สาเหตุหลักต่อการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ส่งผลต่อการทนกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด ทั้งนี้การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์อาจเกิดมาจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณกรดไขมัน เช่น การเกิดออกซิเดชั่นกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวด้วยเอนไซม์ lipoxygenase ที่ทำให้พันธะคู่เปลี่ยนโครงสร้าง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระที่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องไปเป็นอนุมูลอิสระอื่นๆได้อีกหลายชนิด โดยพบรายงานว่า การอ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาวเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ (Suzuki and Mittler, 2006) นอกจากนั้น อาจเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ phospholipase ที่เข้าตัดบริเวณพันธะเอสเทอร์ของโมเลกุลฟอสโฟลิปิด ส่งผลให้เยื่อหุ้มเสื่อมสภาพ อีกทั้งผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ phospholipase เป็นสัญญาณบางอย่างให้กับพืชในสภาวะเครียด (Chapman, 1998)

สรุป

สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และ พันธุ์สวี มีอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงมากกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ส่วนพันธุ์ MD2 ไม่แสดงอาการตลอดการเก็บรักษา แต่ชนิดและปริมาณกรดไขมัน และค่า DBI ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันกับกรดไขมันเริ่มต้น มีเพียงพันธุ์ปัตตาเวียเท่านั้นที่มีการลดลงของ C18:2 ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไขมันทั้ง 5 ชนิดไม่สอดคล้องกับอาการไส้สีน้ำตาล

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กทม. 10400 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการส่งออก (Export) -- สับปะรดสด แช่เย็น จนแข็ง: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. (29 พฤษภาคม 2560).

A.O.A.C. 2000. Official method of analysis. Association of official Analytical Chemist. EUA

Chapman D. K. 1998. Phospholipase activity during plant growth and development and in response to environmental stress. Tends in plant science 3: 419-425.

Eaks I. L. 1990. Change in the fatty acid composition of avocado fruit during ontogeny, cold storage and ripening. Acta Horticulturae 269:141-152.

Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 24: 445-66.

Murata, N., O. Ishizaki-Nishizawa, S. H. Hayashi, Y. Tasaka and I. Nishida. 1990. Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants. Nature 356: 710-713.

Nukuntornprakit, O., K. Chanjirakula, W. G. van Doorn and J. Siriphanicha. 2015. Chilling injury in pineapple fruit: fatty acid composition and antioxidant metabolism. Postharvest Biology and Technology 99: 20-26.

Quinn, P.J. 1985. A lipid-phase separation model of low-temperature damage to biological membranes. Cryobiology 22 (2): 128-146.

Suzuki, N. and R. Mittler. 2006. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. Physiologia Plantarum 126: 45–51.

Zhou, Y., X. Pan, H. Qu and J. R. S. Underhill. 2014. Low temperature alters plasma membrane lipid composition and ATPase activity of pineapple fruit during blackheart development. Journal of Bioenergetics and Biomembranes 46 (1): 59–69.