Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 79-82 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 79-82 (2559)

ประสิทธิภาพของกระดาษเคลือบเฮกซานาลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราแอนแทรคโนส และราขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมทอง

Efficiency of Hexanal Coated Paper for Banana Anthracnose and Crown Rot Fungi Inhibition

กฤตยา ศรีมณี[1] คฑาวุธ ศุกรภาส[1] และ สุฐพัศ คำไทย[1,2]
Krittaya Srimanee[1], Katawut Sukorraphas[1] and Suthaphat Kamthai[1,2]

Abstract

This research aimed to study the efficiency of coated paper for inhibiting Kluai Hom Thong (Musa AAA Group) banana anthracnose (*Colletotrichum musae*) and crown rot (*Botryodiplodia theobromae*) fungi during storage Banana fungi inhibition also was investigated. The paper coating solution in the experiment had different hexanal concentrations (2, 4, 6, 8, and 10 % (v/v) of 2 types such as mixing and non-mixing with activated carbon. Subsequently, the hexanal coated papers were tested on potato dextrose agar (PDA) and incubated at 25 ± 1 °C for 72 hours. It was found that paper coated with 10% (v/v) of hexanal could delay banana anthracnose and crown rot fungi growth. They were by 53.8 % and 61.3 %, respectively. Furthermore, the efficiency of 10% (v/v) hexanal coated paper without activated carbon could delay the growth of crown rot fungi for up to 21 days of storage at 13 ± 1 ºC and 70 ± 5 %RH.

Keywords: hexanal, banana (Kluai Hom Thong, Musa AA Group), anthracnose, crown rot

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระดาษเคลือบผิวที่ชะลอการเกิดเชื้อราแอนแทรคโนส (*Colletotrichum musae*) และ ราขั้วหวีกล้วย (*Botryodiplodia theobromae*) ระหว่างการเก็บรักษา และ เพื่อยับยั้งการเกิดโรคทั้งสองชนิดของกล้วยหอมทอง โดยทำการศึกษาผลของการเติมสารเฮกซานาลที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10% (v/v) ในสารเคลือบผิวกระดาษที่ผสมผงถ่านกัมมันต์ และไม่ผสมผงถ่านกัมมันต์ จากนั้นทำการทดสอบการยับยั้งเชื้อของกระดาษเคลือบผิวบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) และ บ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า กระดาษเคลือบสารเฮกซานาลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 (v/v) ที่ไม่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ให้ผลการทดลองดีที่สุด โดยกระดาษเคลือบสารเฮกซานาลมีความสามารถชะลอการเจริญเติบโตของโรคแอนแทรคโนส และโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยหอมทอง มีค่าเท่ากับ 53.8 % และ 61.3 % ตามลำดับ ในกรณีของการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 5 % บรรจุด้วยถุงกระดาษเคลือบสารเฮกซานาลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 (v/v) และ ไม่ผสมถ่านกัมมันต์สามารถชะลอการเกิดของเชื้อราที่ขั้วหวีจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: เฮกซานาล, กล้วยหอมทอง, โรคแอนแทรคโนส, โรคขั้วหวีเน่า

คำนำ

กล้วยหอมทอง เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น มาเลเซีย เยอรมัน จีน และเกาหลีใต้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดญี่ปุ่นมีปริมาณความต้องการสูง โดยปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยส่งออกกล้วยหอมสด 2,741 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 87.14 ล้านบาท (สัจจะ, 2558) อย่างไรก็ตามกล้วยหอมทองจัดเป็นผลไม้ในกลุ่ม Climacteric ที่มีเกิดปฏิกริยาชีวเคมีสูงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ และเคมีของผลไม้ เช่น การเกิดเชื้อราเข้าทำลาย และเกิดการเน่าเสียระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา ซึ่งความเสียหายของกล้วยหอมทองหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อราที่บริเวณขั้วของกล้วย (โรคขั้วหวีเน่า) *Botryodiplodia theobroma* และ เกิดจุดดำที่ผิว (โรคแอนแทรคโนส) มีสาเหตุมาจากเชื้อรา*Colletotrichum musae* (สุนทร, 2529) โดยสารระเหยธรรมชาติในกลุ่มของอัลดิไฮด์คาร์บอน 6 โมเลกุล ที่เกิดจากการกระบวนการทำงานของเอนไซม์ลิพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่

[1]สาขาสาขาวิชาเทคโนโลยีการบรรจุ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100
[1]Division of Packaging Technology, School of Agro-Industry, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100
[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2]Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

อิ่มตัวเกิดสารระเหยมีกลิ่นในกลุ่มของแอลกอฮอล์ และ เอสเทอร์ เช่น เฮกซานาล (hexanal) (Hildebrand, 1989) ซึ่งไอระเหยของ เฮกซานาล (hexanol) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium expansum* และ *Botrytis cinerea* บนชิ้นแอปเปิ้ล และ ผลแอปเปิ้ลได้ (Song *et al.,* 1996 and Fan *et al*., 2006) สำหรับการทดลองประสิทธิภาพไอระเหยเฮกซานาลในการรมเชื้อ *Colletotrichum gleosporioides* แสดงให้เห็นว่าการรมผลมะม่วงด้วยไอระเหยของสารเฮกซานาลที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนส และ จุดดำบนผิวมะม่วงได้ (รัมม์พัน และวีรภรณ์, 2554)

จากการรวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพของสารเฮกซาลนาลในการยับยั้งเชื้อต่างๆ ในผลไม้ รวมถึงความสามารถในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส จึงเป็นที่มาของการทำวิจัยพัฒนากระดาษเคลือบผิวด้วยสารเคลือบเฮกซานาลที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Botryodiplodia theobromae* และ *Colletotrichum musae* เพื่อลดการเสื่อมเสียของกล้วยหอมทองภายหลังการเก็บเกี่ยว และ การวางจำหน่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตสารเคลือบกระดาษเพื่อยับยั้งเชื้อราและการเคลือบผิวกระดาษ

นำสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากชานอ้อยและสารละลายเมธิลเซลลูโลส ที่อัตราส่วน 1:1 มาผสมและกวนสารละลายเป็นระยะเวลา 30 นาที ที่ความเร็ว 1000 rpm ด้วยเครื่อง Overhead Stirrer (RW 20, IKA Works (Asia) Laboratory Equipment, Malaysia) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดทำการเติมโพลีเอทิลีนไกลคอล 400 และ Tween 80 กวนสารละลายเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติมเฮกซานาล (Zigma-Aldrich, Germany) ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 6, 8, และ 10 % (v/v) และกวนสารเคลือบผิวกระดาษเป็นเวลา 30 นาที ในกรณีของสารเคลือบกระดาษที่เติมผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon, Zigma-Aldrich, Germany) เติมผงถ่านกัมมันต์ที่ระดับความเข้มข้น 25% (w/v) ภายหลังจากกวนสารละลายผสมเอกซานาล หลังจากนั้นกวนสารละลายเป็นเวลา 30 นาที ตามลำดับ

สำหรับขั้นตอนการเคลือบผิวกระดาษ นำสารละลายเคลือบผิวกระดาษทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ชุดไม่เคลือบผิว (Non-Ac-Hex) ชุดเคลือบถ่านกัมมันต์ (Ac) ชุดเคลือบสารเฮกซานาลและถ่านกัมมันต์ (Ac-Hex) และ ชุดเคลือบสารเฮกซานาล (Hex) เคลือบผิวหน้ากระดาษลอกลายฟอกขาว CA ขนาด 60 x 80 เซนติเมตร โดยใช้น้ำหนักเคลือบผิวกระดาษ 0.01 g/cm^2 หลังจากนั้นอบกระดาษเคลือบผิวโดยตู้อบลมร้อน (Binder, Green innovatech Co. Ltd, Germany) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 10 นาที

2. การทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ทำการแยกเชื้อรา *Colletotrichum musae* จากผิวกล้วยหอมทอง และ *Botryodiplodia theobromae* จากขั้วกล้วยหอมทองตัดเชื้อราที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดประมาณ 1x1 มิลลิเมตร วางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นจำนวน 3 จุด จากนั้นตัดกระดาษที่เคลือบผิวทั้ง 3 สูตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร วางทับบนเชื้อราที่วางไว้เปรียบเทียบกับจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีการวางทับด้วยกระดาษ (ชุดควบคุม) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 – 27 องศาเซลเซียส เวลา 72 ชั่วโมง ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อที่เจริญเติบโต โดยวัดจากขอบวงด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง สังเกตใต้กระดาษ (Contact area) และ บันทึกผล

3. การประเมินประสิทธิภาพการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง

คัดเลือกสูตรกระดาษเคลือบผิวที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดที่ดีที่สุด หรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่น้อยที่สุด นำไปขึ้นรูปเป็นถุงกระดาษชนิด S.O.S. Bag เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของถุงกระดาษเคลือบผิวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง โดยเก็บรักษากล้วยหอมทองในถุงกระดาษ S.O.S. Bag ที่เคลือบผิวสูตรต่างๆ และบรรจุลงในกล่องลูกฟูก ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 5 % จากนั้นทำการวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกล้วยหอมทองทุกๆ 3 วัน และ บันทึกผล

ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพความเข้มข้นเฮกซานาลในการเคลือบกระดาษ

การเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา *Colletotrichum musae* จากผิวกล้วยหอมทอง และ *Botryodiplodia theobromae* จากขั้วกล้วยหอมทอง ที่วางทับด้วยกระดาษทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ชุดไม่เคลือบผิว (Non-Ac-Hex)

ชุดเคลือบถ่านกัมมันต์ (Ac) ชุดเคลือบสารเฮกซานาลและถ่านกัมมันต์ (Ac-Hex) และ ชุดเคลือบสารเฮกซานาล (Hex) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (2 - 10%,v/v) พบว่า ภายหลังทำการบ่มที่อุณหภูมิ 25 – 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10% (v/v) สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.86 ± 0.33 และ 2.07 ± 1.30 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1) นอกจากนี้ พบว่า กระดาษเคลือบสารเฮกซานาลสามารถชะลอการเจริญเติบโตของโรคแอนแทรคโนส และ โรคขั้วหวีเน่าในกล้วยหอมทอง มีค่าเท่ากับ 53.8% และ 61.3% ตามลำดับ

Table1 The diameter of Colletotrichum musae and Botryodiplodia theobromae colonies at 72 hrs

Treatments	Colony diameter (cm)			
	Colletotrichum musae		*Botryodiplodia theobromae*	
Control	2.13 ± 0.43^{a} (-)		7.92 ± 3.12^{ab} (-)	
Non-coating (Non-Ac-Hex)	2.06 ± 0.61^{a} (-)		10.00 ± 0.01^{a} (-)	
Activated carbon coating (Ac)	2.46 ± 0.11^{a} (-)		4.80 ± 0.88^{cd} (-)	
Hexanal coating concentration	Ac-Hex	Hex	Ac-Hex	Hex
2% (v/v)	2.42 ± 0.90^{a} (-)	1.75 ± 0.56^{a} (-)	8.04 ± 2.40^{ab} (-)	10.10 ± 0.05^{a} (-)
4% (v/v)	2.14 ± 0.64^{a} (-)	1.71 ± 0.88^{ab} (-)	7.63 ± 2.23^{abc} (-)	7.91 ± 2.48^{ab} (-)
6% (v/v)	1.78 ± 0.07^{a} (-)	1.47 ± 0.34^{ab} (-)	7.61 ± 1.80^{abc} (-)	6.39 ± 1.58^{b} (-)
8% (v/v)	1.72 ± 0.36^{a} (-)	1.32 ± 0.71^{ab} (-)	5.85 ± 2.57^{bcd} (-)	3.45 ± 1.86^{c} (-)
10% (v/v)	1.46 ± 0.38^{b} (-)	0.86 ± 0.33^{b} (-)	2.37 ± 1.29^{d} (-)	2.07 ± 1.30^{c} (-)

Remark: - = not contact under paper + = contact under paper

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของกล้วยหอมทอง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกระดาษเคลือบผิว แสดงให้เห็นว่ากระดาษเคลือบผิวด้วยสารเฮกซานาลที่ระดับความเข้มข้น 10% (v/v) (Hex-10) สามารถชะลอการเกิดเชื้อรา *Colletotrichum musae และ Botryodiplodia theobromae* ดังนั้นจึงนำกระดาษเคลือบผิวสูตรดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นถุงกระดาษแบบ S.O.S. Bags เพื่อบรรจุกล้วยหอมทอง และเก็บรักษาที่สภาวะ 13 ± 1°C, 70 ± 5% RH พบว่า สามารถชะลอการเกิดเชื้อราทั้งสองชนิดได้นาน 21 วัน และ นานกว่าชุดควบคุม 6 วัน โดยมีค่า การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อเปลือกและผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าสีผิวเปลือก a* และ b* เท่ากับ 3.85 ± 0.95, 261.64 ± 1.59, 188.88 ± 2.65, 8.8 ± 0.53, -10.94 ± 1.25, และ 36.36 ± 1.48, ตามลำดับ (Table 2) สำหรับการเกิดเชื้อราที่บริเวณขั้วของกล้วยหอมทอง (โรคขั้วหวีเน่า) ปรากฏให้เห็นชัดเจนที่ขั้วผลมีลักษณะเป็นฝ้าสีเทาดำหรือสีขาวขึ้นปกคลุมขั้วหวี และเข้าทำลายก่อนการเกิดจุดดำที่ผิวกล้วยหอมทอง (โรคแอนแทรคโนส)

Table 2 The analysis of banana properties in coated-self opening sack (S.O.S. bag) at 13 ± 1°C, 70 ± 5% RH

Banana properties	S.O.S. Bag Types	
	Control	Hexanal coating
Weight loss (%)	4.35 ± 0.10^{a}	3.85 ± 0.10^{b}
Peel firmness (N/cm^2)	252.43 ± 4.88^{a}	261.64 ± 9.78^{b}
Flesh firmness (N/cm^2)	198.47 ± 12.22^{a}	188.88 ± 3.88^{b}
TSS (°Brix)	9.7 ± 0.10^{a}	8.8 ± 0.25^{b}
Color (a*)	-11.87± 0.12^{a}	-10.94 ± 0.45^{b}
Color (b*)	34.25 ± 0.86^{a}	31.46 ± 2.21^{b}
Fungus appearance day	15	21

วิจารณ์ผล

จากการผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้สารเฮกซานาลในการเคลือบกระดาษสามารถชะลอการเกิดโรคขั้วหวีเน่าและ โรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอมทองได้ โดยจากการศึกษาของ Avissar *et al*. (1990) กล่าวว่า สารเฮกซานาลสามารถทำให้การทำงานของเซลล์เมมเบรนของเชื้อราผิดปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากระดับปริมาณน้ำตาล กรดอะมิโนภายในเซลของเชื้อราลดลง และรวมถึงไอระเหยของเฮกซานาลที่มากขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ เนื่องจากเกิดความดันไอเพิ่มขึ้นภายในเซลล์ เมมเบรนกระตุ้นให้เกิดการละลายของสารเฮกซานาล และ เกิดความเป็นพิษภายในเซลล์ของเชื้อรา

ได้ (Gardini *et al*., 2001) สอดคล้องกับการรายงานของ Hildebrand *et al*. (1988) พบว่า ปฏิกิริยาลิพอกซีจีเนส กระตุ้นให้เกิดความเป็นพิษภายในเซลล์เชื้อรา และ Song *et al*. (1996) พบว่า ระดับความเข้มข้นของไอระเหยเฮกซานาลมีส่วนช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium expansum* และ *Botrytis cinerea* โดยที่ระดับความเข้มข้นที่มากที่สุด (450 ppm) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดเชื้อบนผลแอปเปิ้ลดีที่สุด ซึ่งแสดงผลในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยนี้ คือ ระดับความเข้มข้นของสารเฮกซานาลที่สูงที่สุด (10%, v/v) สามารถชะลอการเกิดโรคขั้วหวีเน่า และแอนแทรคโนสของกล้วยหอมทองได้ นอกจากนี้งานวิจัยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะสารเคลือบผิวกระดาษที่สามารถปลดปล่อยไอระเหยเฮกซานาลภายในถุงบรรจุภัณฑ์สำหรับกล้วยหอมทองได้

สรุป

การเคลือบผิวกระดาษโดยสารเฮกซานาลที่ระดับความเข้มข้น 10% (v/v) เป็นสูตรน้ำยาเคลือบผิวกระดาษที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดเชื้อ *Colletotrichum musarum* และ *Botryodiplodia theobromae* ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุด โดยมีค่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.86 ± 0.33 และ 2.07 ± 1.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าถุงกระดาษแบบ S.O.S. bag ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเฮกซานาล เมื่อนำมาบรรจุกล้วยหอมทอง และ การเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 13 ± 1 °C, 70 ± 5 %RH พบว่า กล้วยหอมทองที่สภาวะควบคุม(Control) เกิดเชื้อราที่ขั้วหวีในการเก็บรักษาวันที่ 15 ของเก็บรักษา และ กระดาษเคลือบเฮกซานาลที่ปราศจากผงถ่านกัมมันต์ (Hex) สามารถชะลอการเกิดเชื้อราที่ขั้วหวีกล้วยหอมทองได้นานกว่าชุดควบคุม 6 วัน (21 วันในการเก็บรักษา) โดยยังไม่ปรากฏการสุกและเกิดจุดดำของโรคแอนแทรคโนส

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร และ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัมม์พัน โกศิลานนท์ และ วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2554. การรมเฮกซานาลเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ) : 129 – 132

สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2558. กล้วยหอม. งานวิจัยและพัฒนาพืชสวน, สถาบันวิจัยพืชสวน. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://hort.ezathai.org/ (17 พฤษภาคม 2559).

สุนทร จ้อยบรรดิษฐ์. 2529. การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการควบคุมโรคผลเน่าของกล้วยหอมทองขณะเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 75 หน้า.

Avissar, I., S. Droby and E. Pesis, 1990. Characterization of acetaldehyde effects on *Rhizopus stolonifer* and *Botrytis cinerea*. Ann Appl Biol. 116: 213 - 20.

Fan, L., J. Song, R. M. Beaudry and P. D. Hildebrand. 2006. Effect of hexanal vapor on spore viability of *Penicillium expansum*, lesion development on whole apples and fruit volatile biosynthesis. Journal of Food Science 71: 105 - 109.

Gardini, F., R. Lanciotti and ME. Guerzoni. 2001. Effect of (E)-2-hexenal on the growth of *Aspergillus flavus* in relation to its concentration, temperature and water activity. Lett Appl Microbiol 33: 50 - 5.

Hildebrand, D.F., T.R. Hamilton-Kemp, C.S. Legg and G. Bookjans. 1989. Plant lipoxygenase: occurrence, properties and possible functions. Curr. Top. Plant. Biochem. Physiol. 7: 210 - 219

Hildebrand, D.F. 1989. Lipoxygenases. Physiol. Plant. 76: 249-253.

Song, J., R. Leepipattanawit, W. Deng and R. M. Beaudry. 1996. Hexanal vapor is a natural, metabolizable fungicide: inhibition of fungal activity and enhancement of aroma biosynthesis in apple slices. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121(5): 934 – 942.