Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 241--244 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 241-244 (2560)

ผลของการเคลือบผิวด้วยไขสกัดจากใบกะหล่ำปลีต่อสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านและอัตราการหายใจของมะนาวสด

Effects of Surface Coating Using Wax Extracted from Cabbage Leaf on Effective Water Vapour Permeance and Respiration Rate of Fresh Lime

นิตยา ภูงาม[1] วีรเวทย์ อุทโธ[1,2] และฤทธิรงค์ พฤฑฒิกุล[3]
Nittaya Phungam[1], Weerawate Utto[1,2] and Rittirong Pruthtikul[3]

Abstract

This research has developed the method to extract wax from the cabbage leaf i.e. immersion of fresh leaves cut into size of 1 x 3 cm in a dichloromethane solution, as a solvent, for 15 h at room temperature (35°C) after which the solvent was evaporated out from the extract using nitrogen gas flushing technique giving the dried and ready-to-use wax extract. The research was conducted to investigate effects of surface coating using the wax extract which was dissolved in an ethanol solvent on effective water vapor permeance (effective WVP) and respiration rate of fresh lime. This was compared to those of surface coating using the chitosan coating material (Benefit Chitosan, 2% (w/w) concentration) and non-coated lime (designated as control) at 25°C. The experimental results showed that the effective WVP values of fresh lime coated using both coating materials were significantly lowered than those of non-coated lime (7.2 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1}). An average value of the effective WVP of lime coated using the cabbage wax extract and the chitosan were 1.6 and 1.4 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1} respectively. The study results show that surface coating could greatly decrease respiration rates. An average value of the respiration rate of the lime coated with the cabbage leaf wax extract (25.8 nmol s^{-1} kg^{-1}) was comparable to that of the lime coated with the chitosan (26.9 nmol s^{-1} kg^{-1}). These were approximately 2-fold lower than the average respiration rate value of the non-coated lime (50.1 nmol s^{-1} kg^{-1}).

Keywords: Effective water vapor permeance (WVP), Respiration rate, Cabbage leaf wax extracted

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการสกัดไขจากใบกะหล่ำปลีโดยการแช่ใบกะหล่ำปลีสดขนาด 1 x 3 cm ในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน เป็นระยะเวลา 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (35°C) และระเหยตัวทำละลายออกจากไขที่สกัดด้วยก๊าซไนโตรเจน ไขที่ได้มีลักษณะแห้งพร้อมใช้งาน การวิจัยได้ศึกษาผลของการเคลือบผิวมะนาวด้วยไขที่สกัดซึ่งนำมาละลายในตัวทำละลายเอทานอลต่อสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านและอัตราการหายใจ เปรียบเทียบกับมะนาวซึ่งเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไคโตซาน (Benefit Chitosan ความเข้มข้น 2% (w/w)) และมะนาวที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวหน้า (ชุดควบคุม) ที่อุณหภูมิ 25°C ผลการทดลอง พบว่า การเคลือบผิวหน้าทำให้สมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวชุดควบคุม (7.2 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1}) โดยค่าเฉลี่ยของสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวที่เคลือบผิวหน้าด้วยไขสกัด และสารเคลือบผิวไคโตซานมีค่าเท่ากับ 1.6 และ 1.4 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1} ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่าการเคลือบผิวหน้าทำให้อัตราการหายใจลดลง ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของมะนาวที่เคลือบผิวด้วยไขสกัดจากใบกะหล่ำปลี (25.8 nmol s^{-1} kg^{-1}) มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของมะนาวที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไคโตซาน (26.9 nmol s^{-1} kg^{-1}) และมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของมะนาวที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (50.1 nmol s^{-1} kg^{-1})

คำสำคัญ: สมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ อัตราการหายใจ ไขสกัดจากใบกะหล่ำปลี

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ถนนสถลมาร์ค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
[1] Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, StlMark Road, Warinchamrab district., Ubon Ratchathani
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand.
[3] ห้องปฏิบัติการพลาสติก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
[3] Laboratory Plastics, National Metal and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency

คำนำ

สารเคลือบผิวที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการเคลือบผิวผักและผลไม้สด เนื่องจากช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สดได้ เช่น ชะลอการหายใจและการคายน้ำ สารเคลือบผิวผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติที่สามารถรับประทานได้ (Edible films) เช่น ไขผึ้ง (Bee wax) ไขรำข้าว (Rice bran wax) ไขอ้อย (Sugarcane wax) ไคโตซาน (Chitosan) คาร์บอกซิวเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Arnon *et al.,* 2014) สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาร์ (Carnauba wax) และเชลแล็ก (Shellac) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการเคลือบผิวผักและผลไม้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงทนทาน ยึดติดพื้นผิวดี และชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และปลอดภัยต่อผู้บริโภค (จริงแท้, 2549; Srithanyarat *et al.,* 2011) การพัฒนาสารเคลือบผิวจากวัสดุธรรมชาติเพื่อทดแทนการนำเข้าไขจากต่างประเทศ เช่น ไขคาร์นูบาร์เป็นแนวทางการพัฒนาทางการเกษตรหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง (สวทช, 2554) การวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของใบกะหล่ำปลีคัดทิ้งจากการตัดแต่งก่อนจำหน่าย โดยได้พัฒนาวิธีการสกัดไขจากใบกะหล่ำปลี เนื่องจากไขที่สกัดจากใบกะหล่ำปลี ซึ่งมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) เปียกน้ำได้น้อยมาก (Low wettability) และสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ (Self-cleaning หรือ Lotus leaf effect) (Koch *et al.,* 2006) การวิจัยนี้ยังได้ศึกษาผลของการใช้สารเคลือบผิวหน้าที่ได้จากการสกัดไขจากใบกะหล่ำปลีต่อสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านและอัตราการหายใจของมะนาวสด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดไขจากใบกะหล่ำปลี

การสกัดไขจากใบกะหล่ำปลีได้ประยุกต์วิธีจากงานวิจัยของ Bohinc *et al.* (2014) โดยใช้ใบกะหล่ำปลีสดขนาด 1 x 3 cm จำนวน 150 g ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 2 L ภายในบรรจุตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) (ความเข้มข้น 100%) ปริมาตร 300 ml ปิดฝาให้สนิท แช่เป็นระยะเวลา 15 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้อง (35°C) จากนั้นแยกสารสกัดออกจากเศษใบกะหล่ำปลีด้วยการกรอง และนำสารสกัดไประเหยตัวทำละลายออกจากไขสกัดด้วยก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen gas) อัตราการไหล 5 mL min^{-1} โดยสารสกัดแช่ในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 50°C จนตัวทำละลายระเหยออกหมด สภาวะดังกล่าวทำให้ไขสกัดที่ได้มีลักษณะแห้งและสามารถนำมาใช้งานเป็นสารเคลือบผิวได้โดยการละลายในตัวทำละลายต่อไป

2. การเคลือบผิวหน้ามะนาว

การเตรียมสารเคลือบผิวด้วยการนำไขสกัดจากใบกะหล่ำปลีผสมกับสารละลายเอทานอล (99%) อัตราส่วน 0.5:5 (w/v) นำมะนาวที่ผ่านการทำความสะอาดและเก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบที่ผสมขึ้นด้วยการนำแปรงจุ่มสารเคลือบแล้วทาลงบนผิวหน้าของมะนาวจนทั่ว ทำซ้ำ 2 รอบและทำให้สารเคลือบบนผิวหน้ามะนาวแห้งด้วยการนำพัดลมมาเป่า เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 25°C แล้วนำไปศึกษาอัตราการหายใจ และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ ทำการเปรียบเทียบกับมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวหน้าด้วยไคโตซาน (Benefit Chitosan ความเข้มข้น 2% (w/w)) โดยวิธีการเคลือบดังวิธีที่ได้รายงานข้างต้น และมะนาวที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (ชุดควบคุม)

3. วิธีการศึกษา

3.1 สมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่าน (effective water vapour permeance; effective WVP)

การประมาณค่าสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิว และไม่ผ่านการเคลือบผิว ได้ประยุกต์จากงานวิจัยของ Maguire (1998) ซึ่งเป็นการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำในสภาวะคงที่ (steady-state diffusion) การประมาณค่า effective WVP ใช้หลักการของการแพร่ในสภาวะคงที่ หรือ Fick's first law โดยอัตราการซึมผ่านผิวของผักและผลไม้ของไอน้ำ สัมพันธ์กับ (1) ค่า effective WVP (2) พื้นที่ผิว และ (3) ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในผลิตผลและสิ่งแวดล้อม

3.2 การวัดอัตราการหายใจของมะนาว (respiration rate)

ชั่งน้ำหนักผลมะนาวแต่ละลูก และจดบันทึกเป็นน้ำหนักสด และนำผลผลิต ใส่ลงในขวดโหล (1 ลูก ต่อ 1 โหล) ปิดฝาให้สนิท เก็บรักษาไว้ ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (โดย ณ เวลาเริ่มต้น หรือ t=0 จะกำหนดให้ความเข้มข้นของ CO_2 = 0.03% (v/v)) เมื่อเวลาครบ 1 ชั่วโมง ทำการดูดก๊าซ 20 ml จากบรรยากาศภายในขวดโหลโดยใช้เข็มฉีดยา นำตัวอย่างก๊าซฉีดลงในเครื่อง MAPtest เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นก๊าซ CO_2 และรายงานค่าในหน่วย % (v/v) จากนั้นนำค่ามาคำนวณอัตราการหายใจร่วมกับน้ำหนักของมะนาว ตาม Ideal gas law โดยคำนวณอัตราการผลิต CO_2 ต่อหน่วยเวลา วิธีการวัดและคำนวนอัตราการหายใจได้ประยุกต์จากงานวิจัยของ Maguire (1998)

ผล

ผลการศึกษาการเคลือบผิวมะนาวด้วยไขสกัดจากใบกะหล่ำปลีที่ส่งผลต่อสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวเปรียบเทียบกับมะนาวที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน และมะนาวไม่ผ่านการเคลือบผิว (ชุดควบคุม) พบว่า การเคลือบผิวส่งผลให้สมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวลดลงอย่างมาก (Figure 1) ซึ่งมะนาวที่เคลือบผิวด้วยไขสกัดจากใบกะหล่ำปลี และสารเคลือบผิวไคโตซานมีค่าเฉลี่ยของสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่าน เท่ากับ 1.6 และ 1.4 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีค่าสมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านสูงกว่ามาก (7.2 μmol s^{-1} m^{-2} Pa^{-1})

การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวของไขที่สกัดจากกะหล่ำปลีและสารละลายไคโตสานส่งผลให้อัตราการหายใจของมะนาวมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของมะนาวชุดควบคุม (50.1 nmol s^{-1} kg^{-1}) (Figure 2) มะนาวที่เคลือบผิวด้วยไขสกัดจากใบกะหล่ำปลีมีค่าเฉลี่ยอัตราการหายใจ เท่ากับ 25.8 nmol s^{-1} kg^{-1} ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของมะนาวที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไคโตซาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.9 nmol s^{-1} kg^{-1}

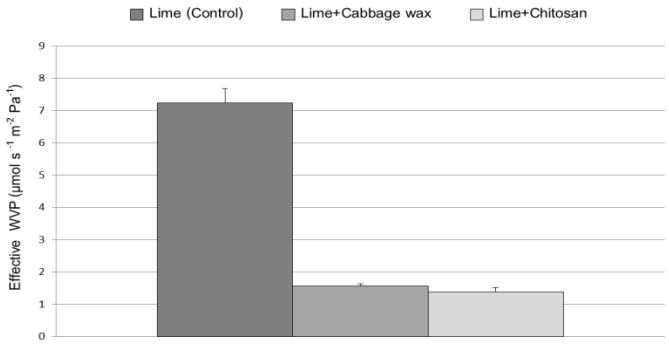

Figure 1 Effects of CB-Wax coating and chitosan coating on effective WVP of fresh lime fruit (n = 8 at 25ºC). Ctrl (control) represents non-coated lime. Data shown represented average ± standard deviation

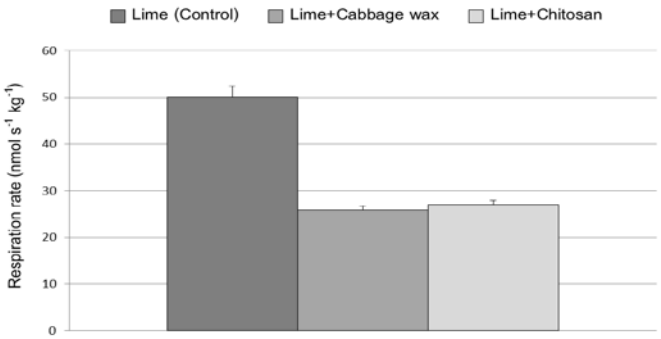

Figure 2 Effects of CB-Wax coating and chitosan coating on respiration rate of fresh lime fruit (n = 8 at 25ºC). Ctrl (control) represents non-coated lime. Data shown represented average ± standard deviation

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเคลือบผิวช่วยให้สมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวลดลง เนื่องจากสารเคลือบผิวไปทำหน้าที่ในการเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของไอน้ำโดยการปิดรูปากใบที่เปิดตามธรรมชาติในชั้น epidermis ของผักและผลไม้ (Hagenmaier and Baker, 1993) การซึมผ่านไอน้ำเกิดจากความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในมะนาวมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำที่อยู่ภายนอกสิ่งแวดล้อม (Kays, 1991) ทั้งนี้ผักและผลไม้มีไขเคลือบผิวหน้าตามธรรมชาติ ทำหน้าที่ควบคุมการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำระหว่างผลิตผลและสิ่งแวดล้อม แต่ไขสามารถเกิดการสูญเสียในระหว่างการเก็บเกี่ยว กระบวนการทำความสะอาดและขนส่ง (Wiles *et al.,* 2000; เกศรัตน์ และคณะ, 2555)

การเคลือบผิวหน้าส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง เนื่องจากสารเคลือบผิวจำกัดการถ่ายเทของก๊าซออกซิเจนจากภายนอกมาสู่เนื้อเยื่อของพืช จึงส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Cisneros-Zevallos and Krochta,

2002) ดังผลการศึกษาที่พบในการศึกษานี้หรืองานวิจัยของ Del Nobile *et al.* (2009) ซึ่งได้รายงานว่าการเคลือบผิวหน้าของผลแคคตัสแพร์ (Cactus pear) ด้วยวุ้น (Agar) และอัลจิเนท (Alginate) ส่งผลให้อัตราการหายใจของผลแคคตัสแพร์ลดลง

สรุป

จากการทดลองการสกัดไขด้วยวิธีการแช่สามารถสกัดไขจากใบกะหล่ำปลีได้ และสารเคลือบผิวจากไขสกัดใบกะหล่ำปลีมีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของมะนาว ส่งผลให้สมบัติการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านของมะนาวลดลง และอัตราการหายใจของมะนาวลดลงด้วย

คำขอบคุณ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำหรับทุนสนับสนุนการศึกษาระดับปริญญาเอกของโครงการ TGIST ประจำปีการศึกษา 2558-2560 และ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เงินสนับสนุนการวิจัยและห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและการอาหาร

เอกสารอ้างอิง

เกศรัตน์ วิศวไพศาล, วิลาวัลย์ คำปวน, จารุณี จูงกลาง และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2555. การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 323-326.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 408 น.

สวทช. ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช. 2554. หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. คอลัมน์ Smart Life. ฉบับวันอังคารที่ 13 กันยายน 2554 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nstda.or.th/nstda-knowledge/6577-20110913-fruits-pretty-dangerous (10 กุมภาพันธ์ 2558).

Arnon, H., Y. Zaitsev, R. Porat and E. Poverenov. 2014. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. Postharvest Biology and Technology 87: 21-26.

Bohinc, T., D. Markovic and S. Trdan. 2014. Leaf epicuticular wax as a factor of antixenotic resistance of cabbage to cabbage flea beetles and cabbage stink bugs attack. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science 64(6): 493-500.

Cisneros-Zevallos, L. and J. M. Krochta. 2002. Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: Understanding relative humidity effects. Journal of Food Science 67(6): 1990-1995.

Del Nobile, M. A., A. Conte, C. Scrocco and I. Brescia. 2009. New strategies for minimally processed cactus pear packaging. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(3): 356-362.

Hagenmaier, R. D. and R. A. Baker. 1993. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. Journal of Agricultural and Food Chemistry 41(2): 283-287.

Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology and handling of perishable plant products. Springer. United States of America. pp. 119-526.

Koch, K., K.D. Hartmann, L. Schreiber, W. Barthlott and C. Neinhuis. 2006. Influences of air humidity during the cultivation of plants on wax chemical composition, morphology and leaf surface wettability. Environmental and Experimental Botany 56(1): 1-9.

Maguire, K. M. 1998. Factors affecting mass loss of apples. Ph.D. thesis. Massey University, Palmerston North, New Zealand.

Srithangarat, S., B. Ratanchinkorn and P. Kwanhong. 2011. Effect of carnuba coating on keeping quality of mangoes namdok mai si thong. Agriculture Science 42(2 Suppl.): 205-208.

Wiles, J. L., P. J. Vergano, F. H. Barron, J. M. Bunn and R. F. Testin. 2000. Water vapor transmission rates and sorption behavior of chitosan films. Journal of Food Science 65(7): 1175-1179.