

ผลของการรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของหัวหอมแดง
Effects of Fumigation with Peppermint Volatile Oil and Chitosan Coating on Postharvest Quality of
Shallot Bulbs

ณัฐชา ใจดี¹ และ วาสนา พิทักษ์พล^{1*}
Natchaya Jaidee¹ and Wasna Pithakpol^{1*}

Abstract

The effects of fumigation with peppermint volatile oil and chitosan coating on postharvest quality of shallot bulbs were studied. Mature shallot bulbs were harvested and cured at a packinghouse for 14 days. The dried leaves were trimmed and bulbs were selected again for uniformity of size, shape and freedom from diseases. Selected bulbs were fumigated with peppermint volatile oil at 50 μ l for 72 hours and coated with 2.0 or 3.0% chitosan solution for 1 min. The non-dipped bulbs and the bulbs dipped in distilled water served as controls. Weight loss, bulb rotting and black mold disease development during storage at ambient temperature ($33\pm 2^\circ\text{C}$, $65\pm 2\%$ RH) for 90 days were recorded. The results showed that the combination of fumigation with 50 μ l peppermint oil and coating with 2.0 or 3.0% chitosan reduced weight loss, bulb rotting and the growth of black mold on shallot bulbs with the respective values of 19.15-20.12%, 2.67-4.00% and 2.21-2.24 score, while the corresponding values for the control (dipping in distilled water) were 23.32%, 6.00% and 2.83 score.

Keywords: shallot bulb, chitosan coating, peppermint essential oil, postharvest quality

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการรมด้วยไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของหัวหอมแดง โดยนำหอมแดงที่เก็บเกี่ยวจากแปลงเกษตรกรมาทำการผึ่งให้แห้งเป็นระยะเวลา 14 วัน หลังจากนั้นนำมาตัดแต่งเอาใบแห้งทิ้ง และคัดเลือกหอมแดงที่มีขนาดใกล้เคียงกันและไม่เป็นโรคคราดำ นำหอมแดงมารวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตรเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หรือจุ่มในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที หรือรมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับการจุ่มในสารเคลือบผิวไคโตซาน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมคือหอมแดงที่ไม่ได้เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น ทำการบันทึกการสูญเสียน้ำหนัก การเน่าเสีย และการเกิดโรคคราดำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 33 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลา 90 วัน ผลการศึกษาพบว่า การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 3.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเน่าเสีย และอัตราการเกิดโรคคราดำของหอมแดงได้ โดยมีค่าเท่ากับ 19.15-20.12 เปอร์เซ็นต์ 2.67-4.00 เปอร์เซ็นต์ และ 2.21-2.24 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 23.32 เปอร์เซ็นต์ 6.00 เปอร์เซ็นต์ และ 2.83 คะแนน ตามลำดับ

คำสำคัญ: หัวหอมแดง, สารเคลือบผิวไคโตซาน, น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่, คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

หอมแดง (shallot, *Allium ascalonicum*) เป็นพืชผักเครื่องเทศที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมาก โดยใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญของอาหารไทยแทบทุกชนิด ทั้งประเภทแกงเผ็ด แกงเลียง ต้มยำ หลน ยำ ลาบ น้ำพริกต่างๆ เครื่องเคียง ข้าวซอย หรือในขนมหวาน เนื่องจากหอมแดงช่วยดับกลิ่นคาวและเพิ่มรสชาติของอาหาร โดยสัดส่วนการบริโภคหอมแดงในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 78 และส่งออกในรูปหอมแดงสด หอมแดงแห้งและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ร้อยละ 22 (สุกัญญา และสมภูมิ, 2551) หอมแดงมีการปลูกมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดศรีสะเกษ พะเยา อุตรดิตถ์ ลำพูน และเชียงใหม่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ในการปลูกหอมแดงเกษตรกร

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

¹ Agricultural Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: wasnan@yahoo.com

จะเก็บหัวพันธุ์ไว้เพื่อปลูกในฤดูถัดไป โดยจะแขวนหอมแดงที่ผ่านการตัดแต่งไว้ในโรงเก็บที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก จากการสำรวจปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในเขตตำบลจำปาหวาย อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา โดยจารุณี และวาสนา (2555) พบว่าปัญหาที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวหอมแดง คือ การเน่าเสีย การผ่อ การเกิดโรคราดำ การสูญเสียน้ำหนัก และการงอกรหว่างการเก็บรักษา โดยพบมากในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) เนื่องจากอากาศที่ร้อนอบอ้าวและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ทำให้หอมแดงเกิดการงอกร และมีการเกิดโรคมากขึ้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเกษตรกรจะนำเอาหอมแดงมาจุ่มในสารเคมีกำจัดเชื้อรา และยาฆ่าหอยเชอร์รี่ (ณัฐชยา, 2557) ซึ่งสารเคมีหลายชนิดมีพิษตกค้าง และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ปัจจุบันมีการป้องกันกำจัดโรคแบบชีววิธีเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี รวมทั้งการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ มีการนำสารสกัดจากพืชหรือสัตว์มาใช้เป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดเชื้อรา เพื่อลดความเสี่ยงเกี่ยวกับสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์ และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค โดยมีรายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ กานพลู และโหระพา พบว่าการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุโรคราดำในหอมแดงได้ (ณัฐชยา และวาสนา, 2556) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใช้สารเคลือบผิวไคโทซานซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งมีมากในเปลือกกุ้ง หรือกระดองปู พบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโทซาน 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของหอมแดงได้ (ณัฐชยา, 2557) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลร่วมกันระหว่างการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่และการเคลือบผิวด้วยไคโทซาน ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของหอมแดง

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนทดลอง ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แบ่งเป็น 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 500 กรัม โดยกรรมวิธี ได้แก่ (1) ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว) (2) ชุดควบคุม (จุ่มในน้ำกลั่น) (3) รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ 50 ไมโครลิตร (4) เคลือบผิวด้วยไคโทซาน 2.0 เปอร์เซ็นต์ (5) เคลือบผิวด้วยไคโทซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์ (6) รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ 50 ไมโครลิตร ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโทซาน 2.0 เปอร์เซ็นต์ (7) รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ 50 ไมโครลิตร ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโทซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง เก็บเกี่ยวหอมแดงจากแปลงเกษตรกร มาแขวนไว้ในที่มีอากาศระบายดีประมาณ 14 วัน หลังจากนั้นตัดแต่งเอาเศษดิน รากและใบแห้งออก คัดเลือกหอมแดงที่สมบูรณ์ ขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย นำหอมแดงมารวมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง นำหอมแดงมาเคลือบผิวด้วยไคโทซานและผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นทำการฉีดพ่นเชื้อรา *A. niger* ความเข้มข้นสปอร์ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำหอมแดงมาแขวนไว้ในที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกที่อุณหภูมิโดยรอบเป็นระยะเวลา 90 วัน

บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ (1) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (2) เปอร์เซ็นต์หอมแดงที่เน่าเสีย (3) ระดับคะแนนการเกิดโรคราดำ (0 = ไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อราเกิดขึ้น, 1 = มีการเข้าทำลายของเชื้อราน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์, 2 = มีการเข้าทำลายของเชื้อรา 25-50 เปอร์เซ็นต์, 3 = มีการเข้าทำลายของเชื้อรา 51-75 เปอร์เซ็นต์ และ 4 = มีการเข้าทำลายของเชื้อรามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์) (4) เปอร์เซ็นต์หอมแดงที่สามารถนำมาทำเป็นหัวพันธุ์ได้ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผล

การสูญเสียน้ำหนักและการเน่าเสียของหอมแดง

หอมแดงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยการเคลือบผิวด้วยไคโทซานและการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่มีแนวโน้มในการลดการสูญเสียน้ำหนักของหอมแดงได้ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าหอมแดงที่รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโทซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือหอมแดงที่รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่เพียงอย่างเดียว และหอมแดงที่เคลือบผิวด้วยไคโทซาน 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 19.15, 19.57 และ 20.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับหอมแดงในชุดควบคุม (จุ่มในน้ำกลั่น) ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 23.32 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1A) หอมแดงมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วันพบว่าหอมแดงที่รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโทซาน 2.0 เปอร์เซ็นต์ และหอมแดงที่รวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่เพียง

อย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียน้อยที่สุด 2.67 และ 3.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับชุดควบคุม (จุ่มในน้ำกลั่น) ที่มีการเน่าเสีย 6.00 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1B)

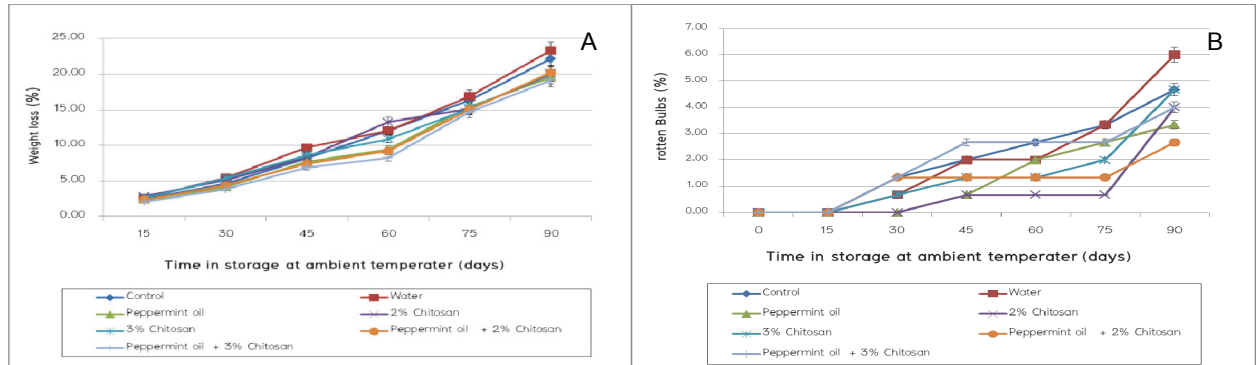


Figure 1 Effects of fumigation with peppermint volatile oil and chitosan coating on weight loss (A) and rooting (B) in shallot bulbs during storage at ambient temperature ($33 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\% \text{RH}$) for 90 days.

การเกิดโรคราดำของหอมแดงและเปอร์เซ็นต์หอมแดงที่สามารถนำมาทำหัวพันธุ์

การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่และเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีแนวโน้มช่วยลดการเกิดโรคราดำของหอมแดงได้ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าหอมแดงที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการเกิดโรคน้อยที่สุด 2.21 คะแนน รองลงมาคือหอมแดงที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีระดับคะแนนการเกิดโรค 2.24 คะแนน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับชุดควบคุม (จุ่มในน้ำกลั่น) ซึ่งมีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 2.83 คะแนน (Figure 2A) และสำหรับหอมแดงที่ใช้ทำพันธุ์เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าหอมแดงที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่เพียงอย่างเดียว และหอมแดงที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์หอมแดงที่สามารถนำมาใช้ทำหัวพันธุ์ได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 81.34 และ 80.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 70.03 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2B)

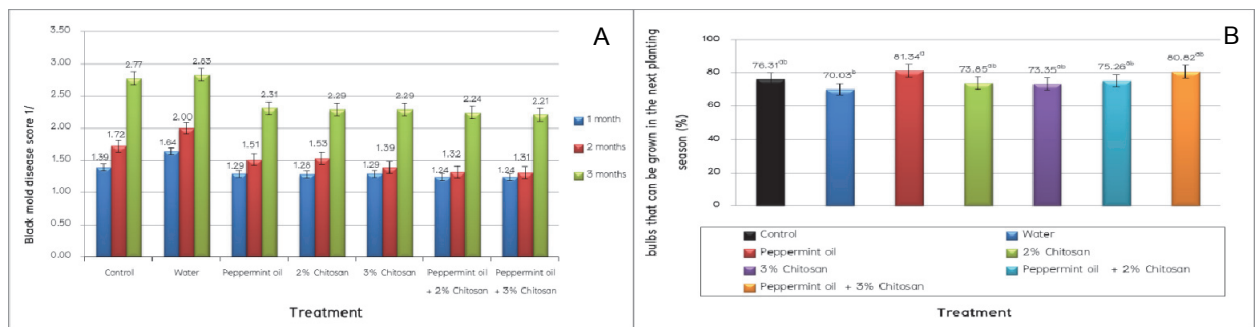


Figure 2 Effects of fumigation with peppermint volatile oil and chitosan coating on disease development (A) and the percentage of bulbs that can be grown in the next planting season (B) in shallot bulbs during storage at ambient temperature ($33 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\% \text{RH}$) for 90 days.

¹/0 = No infection, 1 = <25% infection, 2 = <25-50% infection, 3 = <50-75% infection and 4 = >75% infection

วิจารณ์ผล

การรวมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของหัวหอมแดงพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นและไคโตซานมีแนวโน้มสามารถควบคุมเชื้อรา *A. niger* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคคราด้าของหอมแดงได้ การเกิดคราด้าพบมากในหอมแดงที่เก็บรักษาที่มีความชื้นสูง โดยกลุ่มผงสปอร์ของราดำเจริญขึ้นตามบริเวณเนื้อเยื่อภายในและทำลายจากภายในข้างนอกเน่าเข้าไปข้างในทีละชั้น รวมทั้งพบว่าการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นร่วมกับเคลือบผิวด้วยไคโตซานช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และรักษาคุณภาพของหอมแดงได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่สามารถผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ อีกทั้งยังทำลายโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ กรดไขมัน ฟอสโฟลิพิด และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดความเป็นพิษที่สร้างความเสียหายแก่ผนังเซลล์ (Di Pasqua *et al.*, 2007; Turina *et al.*, 2006) และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานจะไปปกคลุมหรือทดแทนไขที่เคลือบอยู่ ปิดช่องเปิดตามธรรมชาติต่างๆ จำกัดการแพร่ผ่านเข้าออกของก๊าซต่างๆ ส่งผลให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจลดลง (วรรณมณฑน์ และคณะ) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dong *et al.* (2004) ที่ระบุว่า การเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของไคโตซานในการลดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิด โดยไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยตรง (สายชล, 2548)

สรุป

การรวมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเน่าเสีย และอัตราการเกิดโรคคราด้าของหอมแดงได้ และในการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นเพียงอย่างเดียว และน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 3.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของหัวหอมแดงที่ใช้ทำหัวพันธุ์ได้มากกว่าในกรรมวิธีอื่น

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จารุณี มโหฬาร และวาสนา พิทักษ์พล. 2555. การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของหอมแดงและผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหอมแดง. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 1. 12-13 มกราคม 2555. อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ณัฐชยา ใจดี. 2557. ผลของการรวมด้วยน้ำมันหอมระเหยและการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* และ คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหอมแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.
- ณัฐชยา ใจดี และวาสนา พิทักษ์พล. 2556. ประสิทธิภาพของการรวมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยสะระแห่นต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus niger* ในหอมแดง. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 5. 4-5 มีนาคม 2556. อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา.
- วรรณมณฑน์ ชาญจารุจิตร, อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. 2552. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. 17-20 มี.ค. 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สายชล โนนชัย. 2548. ประสิทธิภาพของไคโตซาน น้ำมันหอมระเหย และเชื้อราที่คัดเลือกรักษาเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อรา *Fusarium moniliforme* Sheldon และผลต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สุกัญญา ตู่แก้ว และสมภูมิ พรรณอกัยพงศ์. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร หอมแดง. โรงพิมพ์สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ. 30 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/ewt_newsphp?nid=13577. (5 มกราคม 2557).
- Di Pasqua, R., G. Betts, N. Hoskins, M. Edwards, D. Ercolini and G. Maurello. 2007. Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55(12): 4863-4870.
- Dong, H., L. Cheng, J. Tan, K. Zheng and Y. Jiang. 2004. Effect of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Food Engineer* 64: 355-358.
- Turina, A.V., M.V. Nolan, J.A. Zygodlo and M.A. Perillo. 2006. Natural terpenes: Self-assembly and membrane partitioning. *Biophysical Chemistry* 122: 101-113.