

ประสิทธิผลของสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าต่อการเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้า

THE EFFECTIVENESS OF CHITOSAN COATING FROM OYSTER MUSHROOM
ON BANANA FRUIT'S SHELF LIFEนลินอร นุ้ยพลอด¹Nalin-on Nuiplot¹^{*1} งานวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*nalin-on@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานที่ได้จากเห็ดนางฟ้าต่อการยืดอายุผลกล้วยน้ำว้า เนื่องจากผลการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับการยืดอายุผลไม้ด้วยฟิล์มยืดห่ออาหารชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ที่เคลือบด้วยกลีเซอรอล พบว่าสามารถยืดอายุของกล้วยหอมได้ถึง 9 วัน ในอุณหภูมิห้อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจประยุกต์สารเคลือบไคโตซานที่ได้จากเห็ดนางฟ้าที่มีปริมาณไคโตซานมากเป็นอันดับ 3 จากเห็ดกินได้ 7 ชนิด ทั้งยังเพาะง่าย และราคาถูก ให้มีสภาพพลาสติกของฟิล์มยืดห่ออาหาร โดยนำกลีเซอรอลและทวิน 80 มาใช้ร่วมกับไคโตซาน จากนั้นศึกษาผลของสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยติดตามในทุก 5 วัน เป็นระยะเวลารวม 10 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ทั้งนี้สารเคลือบไคโตซานต้องทดสอบเรื่องความหนืดและการยึดเกาะกับพื้นผิว ก่อนนำไปใช้ทดลองในขั้นต่อไป ผลการวิจัยพบว่า 1) กล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไคโตซานจากเห็ดนางฟ้ามีคุณภาพสูงกว่ากล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการเคลือบ และ 2) กล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าที่นำกลีเซอรอลและทวิน 80 มาใช้ร่วม มีคุณภาพสูงกว่ากล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบจากไคโตซานปกติ และยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้าได้ประมาณ 10 วัน หรือมากกว่า ที่อุณหภูมิห้อง

คำสำคัญ: ไคโตซาน ไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า สารเคลือบไคโตซาน การยืดอายุกล้วยน้ำว้า

ABSTRACT

This research was aimed to study the efficiency of the chitosan coating from oyster mushroom on extension of banana's shelf life. According to previous study on fruit aging, polyvinyl chloride: a food wrap film was coated with glycerol. It was found that the life of the banana could

วันที่รับบทความ 28 กุมภาพันธ์ 2564

วันแก้ไขบทความ 8 มีนาคม 2564

วันตอบรับบทความ 20 มีนาคม 2564

be extended up to 9 days at room temperature. The researcher, therefore, was interested in applying chitosan coatings obtained from Oyster mushroom; which contains the third highest content of chitosan out of 7 edible mushrooms, easy to grow and not expensive, to have a plastic condition as the food wrap film by applying glycerol and also tween 80 with the chitosan. The effect of the developed chitosan was further studied on the changes of banana's fruit during storage at room temperature. They were observed the color changing and % weight loss in every 5 days for a total period of 10 days. The coatings were tested for the viscosity and adhesion to the surface before being used for further testing. The results showed that: 1) the coated bananas had a higher quality than the uncoated ones, and 2) the bananas coated with the chitosan that was used with glycerol and tween 80 had a higher quality than the normal one. Moreover, it can extend the shelf life of banana fruit to around 10 days or more than at room temperature or at 25 degree Celsius.

Keywords: Chitosan, Chitosan from Oyster mushroom, Chitosan coating, Extension of banana fruit

1. บทนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่า มีรสชาติดี ประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ทานได้ทุกวัยตั้งแต่ทารกจนถึงวัยชรา เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นในการเจริญเติบโต คือ อาร์จินีน (Arginine) และฮิสทีดีน (Histidine) และมีปริมาณแคลเซียมสูงสุดเมื่อเทียบกับกล้วยสายพันธุ์อื่น ๆ ในปริมาณเท่ากัน [1] ทั้งยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากได้รับความนิยมในการรับประทานทั้งในและต่างประเทศ แม้กล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ [2] แต่ในบางช่วงก็เผชิญปัญหาในด้านการตลาดและส่งออก เพราะอายุการเก็บรักษาสั้นอันเป็นปัญหาต่อการกระจายสินค้า [3] การแปรรูปกล้วยน้ำว้าจึงอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อขยายตลาดการส่งออก อย่างไรก็ตาม กล้วยน้ำว้าสดในรูปแบบสุกพร้อมทานก็ยังเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยม ซึ่งการกระจายสินค้าในระยะทางไกลและสภาพอากาศร้อนขึ้นจะทำให้กล้วยน้ำว้าเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วจากกระบวนการออกซิเจน หรืออาจปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ รวมทั้งการย่อยสลายตัวเองเนื่องจากอุณหภูมิโปรตีนที่ย่อยง่ายและกรดอะมิโนจำเป็น [4] ส่งผลให้เกิดปัญหาทางคุณภาพ จึงสูญเสียคุณภาพและมูลค่าทางเศรษฐกิจ

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ส่วนใหญ่จะได้รับการสกัดสารจากเปลือกแข็งของสิ่งมีชีวิตจำพวกกุ้ง ปู และหอยทาก เป็นสารธรรมชาติที่ปลอดภัย ไม่เป็นพิษ ราคาไม่สูง และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ช่วยส่งเสริมให้อาหารปราศจากสิ่งปนเปื้อน [5] โดยมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ทั้งที่ก่อโรคและทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากประจุบวกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของกลูโคซามีน สามารถทำปฏิกิริยากับเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ [6] ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการรั่วและสูญเสียโปรตีนรวมทั้งสารอื่น ๆ ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่สุด นอกจากนี้ ไคโตซานยังมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน [7] เนื่องจากสามารถจับกับโมเลกุลของธาตุโลหะได้

(Chelating agent) โดยมีหมู่อะมิโนที่สามารถแตกตัวให้ประจุบวกที่สามารถจับโลหะที่เป็นตัวเร่งของปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทั่วไปทั้งแบบที่เกิดจากเอนไซม์หรือไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องก็ตาม ดังนั้นไคโตซานจึงสามารถช่วยรักษาคุณภาพสีผิวของอาหารจำพวกผักและผลไม้ได้ อาจนับได้ว่าสามารถใช้ไคโตซานทดแทนสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ได้ นอกจากนี้ จากการที่ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถนำมารับประทานได้ จึงมีแนวโน้มว่าจะมีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจสุขภาพมากขึ้นโดยการหลีกเลี่ยงสารเคมีที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ การเลือกใช้ไคโตซานจึงจะช่วยลดปริมาณใช้สารเคมีอาหารสังเคราะห์ที่เติมไปด้วยสารเคมีอื่นอาจจะเกิดการสะสมและเป็นอันตรายต่อร่างกายในที่สุด ดังนั้นเห็ดนางฟ้าซึ่งนำมาใช้สกัดไคโตซานได้ประมาณ 0.5 ± 0.12 กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม [5] และมักไม่พบสถานการณ์การแพ้อาหารจำพวกเห็ดนางฟ้าเท่ากับจากกุ้งหรือปู [8] ทั้งยังมีการเพาะกันโดยทั่วไปโดยรอบบริเวณที่ศึกษา จึงเหมาะในการนำมาทำการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานที่ได้จากเห็ดนางฟ้าต่อการยืดอายุผลกล้วยน้ำว้า ด้วยการสังเกตและวัดผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยน้ำว้าที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบัน การใช้วัสดุจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก หนึ่งในนั้นคือ สารพอลิเมอร์จากธรรมชาติ (Natural polymer) ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) เช่น เซลลูโลส (Cellulose) แป้ง (Starch) เพกติน (Pectin) รวมทั้งไคติน (Chitin) และไคโตซาน โดยข้อดีของสารพอลิเมอร์เหล่านี้คือ ผลิตจากวัตถุดิบที่มีอยู่มากมายในธรรมชาติ ทั้งบนบกและในทะเล นอกจากนี้ยังเข้ากับธรรมชาติได้ดีและย่อยสลายได้เอง [9] มีการพัฒนาสูตรสารเคลือบผิวไคโตซานสำหรับผักและผลไม้กันอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการถนอมอาหารของไคโตซานขึ้นอยู่กับชนิดและสภาวะการเก็บรักษาอาหาร ตลอดจนชนิดของจุลินทรีย์ที่มักมีการปนเปื้อนในอาหารนั้น ๆ [10] มีรายงานว่าสารเคลือบผิวจากไคโตซานมีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี ดังนั้นจึงมีการประยุกต์เติมสารประเภทไขมันซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการซึมผ่านไอน้ำได้ดี เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของสารเคลือบ [11] ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจ สูง (Climacteric fruit) ในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นสารเคลือบผิวที่นำมาใช้จึงควรช่วยลดการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊ส [12] ซึ่งการศึกษาของ อุมามพร และคณะ (2552) [13] พบว่าการเคลือบผิวกล้วยหอมด้วยฟิล์มห่ออาหารชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์และกลีเซอรอล ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการเกิดจุดสีน้ำตาลของกล้วยหอมได้ดีกว่ากล้วยที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และเนื่องจากกลีเซอรอลและทวิน 80 เป็นไขมันจากพืช ที่มักพบในอุตสาหกรรมอาหาร มีคุณภาพดี ราคาถูก และมีจุดหลอมเหลวต่ำ [14] จึงนิยมนำมาใช้ในการยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหาร ในการวิจัยนี้จึงนำทั้งกลีเซอรอลและทวิน 80 มาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มคุณภาพของไคโตซาน

การศึกษาผลของไคโตซานจากเห็ดในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวพืชยังมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเกี่ยวกับไคโตซานจากเห็ดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในกล้วยไม้รองเท้านารีชาวดุสิต [15] โดยพบว่าเมื่อสกัดใบกล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า แสดงค่าการทำงานของเอนไซม์ไคตินเนส (Chitinase: CTN activity) สูงสุด นั่นแสดงว่าไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าสามารถยับยั้งการเจริญของผนังเซลล์ของราได้มาก

ผลการศึกษาปริมาณไคโตซานจากเห็ดกินได้ 7 ชนิด ได้แก่ เห็ดหอม เห็ดกระด้าง เห็ดหูหนูสีน้ำตาล เห็ดเผาะ เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า และเห็ดนางรม [5] พบว่า ปริมาณไคโตซานจากเห็ดทั้ง 7 ชนิด มีปริมาณ 1.54%, 2.25%, 0.45%, 1.12%, 0.47%, 1.26% และ 0.50% ตามลำดับ โดยปริมาณไคโตซานที่พบมากเป็น 3 อันดับแรก

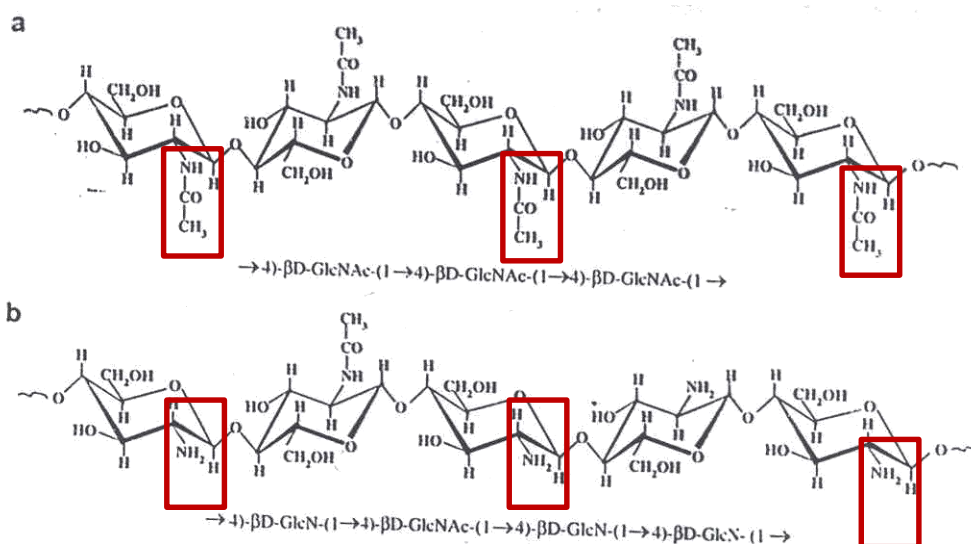
คือ เห็ดกระด้าง เห็ดหอม และเห็ดนางฟ้า ทั้งเนื่องจากเห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่เพาะได้ง่าย เหมาะกับสภาพอากาศ โดยทั่วไปในทกภูมิภาค และมีราคาถูก ผู้วิจัยจึงคัดเลือกเห็ดนางฟ้ามาใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

การผลิตโคโตซานโดยทั่วไปจะได้จากปฏิกิริยากำจัดหมู่แอซิติล (Acetyl) ของโคติน หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาดีแอซิติลเลชัน (Deacetylation reaction) ทำให้ เอ็น-แอซิติลกลูโคซามีน (N-acetylglucosamine) ซึ่งเป็นโมเลกุลเดี่ยวของโคตินถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคซามีน (ภาพที่ 1) ดังนั้นจากโคตินจึงเปลี่ยนเป็นโคโตซาน สามารถทำได้โดยให้โคตินทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสเข้มข้น 30-60% (w/v) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 80-140 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานถึง 10 ชั่วโมง [16]

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมโคโตนานจากเห็ดนางฟ้า (ดัดแปลงจาก [12])

นำเห็ดนางฟ้าที่ผึ่งแดดจนแห้งและบดละเอียดแล้วไปกำจัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียม อีเธอร์ (Petroleum ether) (1 g: 5 ml) จากนั้นนำไปกรอง และอบแห้ง จนกลายเป็นผงของแข็ง จากนั้นนำผงของแข็งที่ได้ไปกำจัดแร่ธาตุด้วยการต้มกับกรด ในที่นี้ใช้ 2M HCl (1 g: 5 ml) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำ กรอง และอบแห้งจนกลายเป็นผงของแข็ง นำผงของแข็งที่ได้ไปย่อยโปรตีนออกด้วยการต้มกับเบส ในที่นี้ใช้ 2M NaOH (1 g: 5 ml) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำ กรอง และอบแห้งจนกลายเป็นผงของแข็ง แล้วจึงนำผงของแข็งที่ได้ไปสกัดสารสี (Pigment) ออก ด้วยอะซีโตน (Acetone) (1 g: 3 ml) จากนั้นกรองแบบลดความดัน และอบแห้ง ในขั้นตอนนี้จะได้โคติน และนำโคตินไปทำปฏิกิริยากำจัดหมู่เมซิติลด้วย 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำ กรอง และอบแห้ง ในขั้นตอนนี้จะได้โคโตซาน



ภาพที่ 1 โครงสร้างของไคติน (a) และไคโตซาน (b) แตกต่างกันที่ลักษณะหมู่เอซิดิลของกลูโคซามีน [7]

3.2 การเตรียมสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า (ดัดแปลงจาก [12])

ชั่งไคโตซาน 0.3 กรัม ละลายในสารละลายอะซิติกเข้มข้น 3% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า โดยค่อย ๆ เติมไคโตซานลงในกรดทีละน้อยจนกว่าไคโตซานจะละลายหมด จากนั้นใช้อัตราส่วนระหว่าง สารละลายไคโตซาน:กลีเซอรอล:ทวิน 80 ในอัตราส่วน 8:1:1 และใช้เครื่องกวนผสมให้เข้ากัน

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า

โดยวิเคราะห์คุณภาพของสารเคลือบในรูปแบบสารละลายหรือสารเคลือบซึ่งได้จากการขึ้นรูปบนกระเจกที่หุ้มด้วยฟิล์มยืดห่ออาหารชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ ที่ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วประเมินค่าคุณสมบัติทางกายภาพ 4 ลักษณะ คือ 1) ลักษณะปรากฏของสารละลาย 2) ความหนืดของสารละลาย จากการขึ้นรูปสารเคลือบไคโตซานจำนวน 50 ครั้ง นับจำนวนครั้งที่สารเคลือบไคโตซานมีลักษณะการเกาะติดกันเป็นแผ่นเดียวกัน โดยควรมีค่ามากกว่า 80% 3) การเกาะติดพื้นผิววัสดุ นับจำนวนครั้งที่พลิกคว่ำกระเจก 50 ครั้ง แล้วสารเคลือบไคโตซานสามารถเกาะติดกระเจกอยู่ได้ โดยควรมีค่ามากกว่า 80% และ 4) ความหนาของสารเคลือบไคโตซานโดยเฉลี่ย จากการขึ้นรูปสารเคลือบไคโตซานจำนวน 50 ครั้ง

3.4 การประยุกต์ใช้สารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า

คัดเลือกสูตรสารเคลือบผิวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าคุณภาพแล้ว มาเคลือบบนผิวกล้วยน้ำว้าที่แบ่งออกเป็นหีวย่อย ๆ หีวย่อยประมาณ 10 ผล โดยใช้วิธีการจุ่ม (Dip) จากนั้นผึ่งให้แห้ง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 ± 2 องศาเซลเซียส) ทำการทดลองทั้งหมด 3 กลุ่ม กับกล้วยน้ำว้าที่สุกพร้อมทานในอีก 1-2 วัน ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุมที่ 1 หรือ กล้วยน้ำว้าปกติที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว 2) กลุ่มควบคุมที่ 2 หรือ กล้วยน้ำว้าที่ผ่านการห่อฟิล์มยืดห่ออาหารและเคลือบด้วยกลีเซอรอล และ 3) กลุ่มทดลอง หรือ กล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า โดยทำการทดลองกลุ่มละ 4 ซ้ำ เก็บผลการทดลองทุก ๆ 5 วัน เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 10 วัน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยการสังเกตเฉดสีและจุดน้ำตาล (ตารางที่ 1) และวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) โดยนำการชั่งน้ำหนักกล้วยในทุก ๆ 5 วัน จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณค่าเฉลี่ย (%) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ดัดแปลงจาก [18] และ [19])

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก		
ระดับสีเหลือง:เขียว	จำนวนจุดน้ำตาล	ความหมาย
< 20%	≤ 2 จุด	เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด
20-49%	3-5 จุด	เปลี่ยนแปลงน้อย
50-79%	6-9 จุด	เปลี่ยนแปลงปานกลาง
80-89%	10-15 จุด	เปลี่ยนแปลงมาก
$\geq 90\%$	≥ 16 จุด	เปลี่ยนแปลงมากที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า

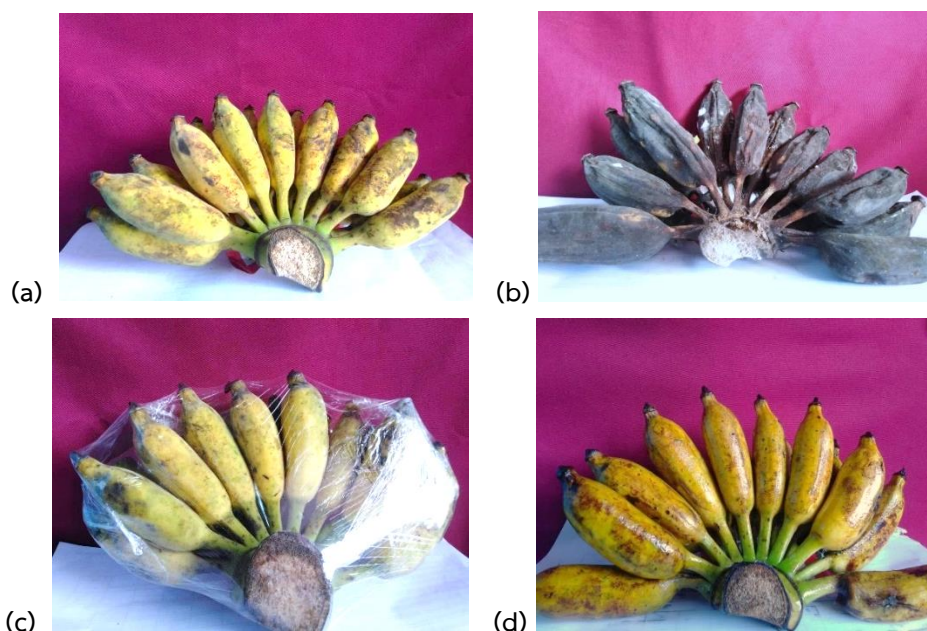
สารเคลือบไคโตซานมีลักษณะปรากฏเป็นของเหลว สารเนื้อเดียว สีขาวขุ่น อมเหลืงอ่อน สามารถขึ้นรูปโดยมีการเกาะติดเป็นแผ่นเดียวกัน คิดเป็น 96% และเมื่อพลิกคว่ำกระจก สารเคลือบไคโตซานสามารถเกาะติดกระจกอยู่ได้ คิดเป็น 94% และความหนาของสารเคลือบไคโตซานโดยเฉลี่ย มีค่า 0.025 เซนติเมตร ($SD = 0.14$)

4.2 การประยุกต์ใช้สารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้ากับกล้วยน้ำว้า

จากการศึกษาเบื้องต้นเพื่อทดสอบเรื่องความหนืดและการเกาะติดพื้นผิววัสดุของสารเคลือบไคโตซานพบว่า ทั้งความหนืดและการเกาะติดพื้นผิววัสดุ มีค่าสูงกว่า 80% ดังนั้นจึงถือว่าสารเคลือบไคโตซานผ่านการทดสอบ และสามารถนำไปใช้ทดสอบในขั้นต่อไป คือการประยุกต์ใช้สารเคลือบไคโตซานกับการยืดอายุกล้วยน้ำว้า โดยประเมินจากค่าลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยน้ำว้าวันที่ 0 (2a) มีดังนี้ ในหรีปกติที่ไม่เคลือบผิว มีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยในระดับมากที่สุด (2b) ในหรีที่ห่อด้วยฟิล์มยืดสำหรับห่ออาหาร และเคลือบด้วยกลีเซอร์รอล มีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยในระดับมาก (2c) และในหรีที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบไคโตซาน มีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยในระดับปานกลาง (2d) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 (a) กล้วยน้ำว้าวันที่ 0, (b) กล้วยน้ำว้ากลุ่มควบคุมที่ 1, (c) กล้วยน้ำว้ากลุ่มควบคุมที่ 2, และ (d) กล้วยน้ำว้ากลุ่มทดลอง โดย (b), (c), และ (d) เป็นผลหลังเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน

4.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ 10 วัน พบว่า กล้วยน้ำว่าในกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ากล้วยน้ำว่าในกลุ่มควบคุมที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน 3.22% (และเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยน้ำว่าในกลุ่มทดลองกับกล้วยน้ำว่าในกลุ่มควบคุมที่ 2 พบว่ามีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกัน 0.17% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) โดยเฉลี่ยของกล้วยน้ำว่าทั้ง 3 กลุ่มทดสอบ เมื่อเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน

กลุ่มทดสอบ	การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) โดยเฉลี่ย $\pm$ SD		
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10
กลุ่มควบคุมที่ 1	0	10.02 $\pm$ 0.3	15.30 $\pm$ 0.4
กลุ่มควบคุมที่ 2	0	5.57 $\pm$ 0.1	8.25 $\pm$ 0.2
กลุ่มทดลอง	0	5.10 $\pm$ 0.1	8.08 $\pm$ 0.2

5. อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบผิวโคโตซาน พบว่าค่าความหนืดและการเกาะติดพื้นผิววัสดุของสารเคลือบ สามารถเกาะติดเป็นแผ่นเดียวกันและเกาะติดบนแผ่นกระจกอยู่ได้ คิดเป็น 96% และ 94% ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 80% แสดงให้เห็นว่า สารเคลือบผิวที่ประกอบด้วยโคโตซานและกลีเซอรอลและทวิน 80 ในอัตราส่วน 8:1:1 ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบผิวโคโตซานมีความเหมาะสมในการนำไปเคลือบผิวกล้วยน้ำว่าเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาต่อไป ทั้งนี้เมื่อความหนืดของสารเคลือบเพิ่มสูงขึ้น จะแสดงถึงความต้านทานต่อการไหลในค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Perez-Gago *et al.* (2002) [19] ที่พบว่า การเกาะติดที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวข้องกับความหนืดของสารเคลือบผิวที่สูงขึ้น โดยกลีเซอรอลและทวิน 80 ส่งผลให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นความหนืดจึงเพิ่มขึ้น [18]

สำหรับคุณสมบัติของสารเคลือบผิวโคโตซานเมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม มีความหนาเฉลี่ย 0.025 เซนติเมตร (SD = 0.14) เมื่อพิจารณาไปถึงความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองของอุมาพร และคณะ [13] พบว่าความหนาดังกล่าวทำให้มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี แต่ยังคงพบว่า กลีเซอรอลมีอิทธิพลต่อความสามารถในการซึมผ่านออกซิเจนสูงกว่าทวิน 80 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Srinivasa *et al.* (2007) [21] ที่พบว่า การเติมกลีเซอรอลในฟิล์มโคโตซานจะส่งผลให้ความสามารถของการซึมผ่านออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากส่งผลให้มีการขยายสายโซ่ของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้แรงต้านระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์และออกซิเจนลดลง แต่ทวิน 80 เป็นเพียงสารลดแรงตึงผิวที่ไม่ส่งผลต่อการซึมผ่านของออกซิเจน

จากผลการทดลองในภาพที่ 2 และตารางที่ 2 พบว่า ค่าคุณภาพทางกายภาพของกล้วยน้ำว่ากลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาเมื่อวันที่ 10 ของการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยน้ำว่าที่ผ่านการเคลือบผิวจากโคโตซานจากเห็ดนางฟ้าโดยใช้ร่วมกับกลีเซอรอลและทวิน 80 มีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่ามากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มกล้วยน้ำว่าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มกล้วยน้ำว่าที่ห่อฟิล์มยืดสำหรับห่ออาหารและเคลือบด้วยกลีเซอรอล แม้การเคลือบเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเพียงเล็กน้อยทั้งที่มีสีเข้มกว่า

อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับการห่อฟิล์มพลาสติก แต่เมื่อวิเคราะห์จากเฉดสีและจำนวนจุดน้ำตาลโดยเฉลี่ย พบว่ามีผลการทดลองที่แตกต่างกัน โดยการเคลือบมีผลการเปลี่ยนแปลงปานกลาง ส่วนการห่อพลาสติกมีผลการเปลี่ยนแปลงมาก แสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวช่วยชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกของกล้วยน้ำว้าให้ช้าลงจากปกติได้ดีกว่าการห่อฟิล์มพลาสติก และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก พบว่ากล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบผิวจากไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามาก เมื่อเทียบกับกลุ่มกล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกลุ่มกล้วยน้ำว้าที่ห่อฟิล์มยืดสำหรับห่ออาหารและเคลือบด้วยกลีเซอรอลและทวิน 80 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของคณิศร และคณะ (2549) [22] ที่พบว่า การเคลือบผิวกล้วยไข่ด้วยสารสกัดจากครั้งเมียดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ความหนาแน่น และการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยไข่ให้ช้าลง โดยสามารถเก็บรักษากล้วยไข่ไว้ได้นาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับการศึกษาของอุมาพร และคณะ (2552) [13] ที่พบว่า กล้วยหอมที่ผ่านการเคลือบผิวมีคุณภาพสูงกว่ากล้วยหอมที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมได้อย่างน้อย 12 วัน ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 องศาเซลเซียส

ดังนั้น กลีเซอรอลและทวิน 80 มีบทบาทต่อคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบผิวไคโตซานจากเห็ดนางฟ้า ดังนี้ กลีเซอรอลความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ขณะที่ทวิน 80 มีผลต่อความหนืดและการเกาะติดของพื้นผิว และเมื่อนำสารเคลือบผิวไคโตซานจากเห็ดนางฟ้ามาประยุกต์ใช้ในกล้วยน้ำว้า พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการสูญเสียน้ำหนักได้ ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ ในเรื่องความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจน และในเรื่องการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน โดยใช้เครื่องมือเฉพาะทางเพื่อให้เห็นเป็นตัวเลขชัดเจน และเนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่สุกเร็ว จึงควรวัดผลการเปลี่ยนแปลงของสีที่ถี่มากขึ้น เพื่อสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณสุชาดา ปลั่งกระจำง เจ้าหน้าที่ยังพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวัดเสถียร จ.นครปฐม ผู้ดูแลและประสานงานการใช้เครื่องอบอุณหภูมิต่ำสูง

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่สนับสนุนทั้งกำลังใจและกำลังใจในการทำงานวิจัยชิ้นนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุนทรี แสงสีโสธ. กล้วย : ผลไม้สารพัดประโยชน์. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2543, 48(153), หน้า 3-5.
- [2] มติชนออนไลน์. กล้วยไทยนิยมทั่วโลก ก.เกษตรฯ ส่งเสริมพื้นที่ปลูก ชู “บ้านลาด” โมเดล, 2560. สืบค้นจาก [http:// www.prachachat.net/economy/news-44949](http://www.prachachat.net/economy/news-44949).
- [3] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.). การผลิตกล้วยน้ำว้าและการแปรรูป. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2554.
- [4] สุทธิวัลย์ สีทา. ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อการชะลอการสุกของผลกล้วยหอมพันธุ์คาเวนดิช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542.
- [5] จันทพรพร ทองเอกแก้ว. การศึกษาปริมาณไคตินและไคโตซานจากเห็ดกินได้ชนิดต่าง ๆ. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.

-
- [6] Ki Myong Kim, Jeong Hwa Son, Sung-Koo Kim, Curtis L. Weller and Milford A. Hanna. **Properties of Chitosan Films as a Function of pH and Solvent Type.** Journal of Food Science, 2006, 71(3), 119-124.
- [7] Harish Prashanth and Tharanathan. **Chitin/chitosan : modification and their unlimited application potential – an overview.** Journal of Trends in Food Science & Technology, 2007. 18(3), 117-131.
- [8] Lee C.H., Park H.J. and Lee D.S. **Influence of antimicrobial packaging of kinetics of spoilage microbial growth in milk and orange juice.** Journal of Food Engineering, 2004, 65(4), 527-531.
- [9] Frank Devlieghere and An Vermeulen. **Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables.** Journal of Food Microbiology, 2004, 21(6), 703-714.
- [10] นภาพร เชี่ยวชาญ และธนรัตน์ ศรีสุวรรณิช. **ไคโตแซนกับการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร.** วารสารอาหาร, 2546, 34(2), หน้า 120-124.
- [11] ดนัย บุญเกียรติ. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548. 248 หน้า.
- [12] สุกัญญา วงวาท. **การพัฒนาสารเคลือบผิวอิมัลชันจากไคโตซาน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.
- [13] อุมพร ขนประชา, อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. **ผลของสารเสริมสภาพพลาสติกต่อคุณสมบัติสารเคลือบไคโตซานและการประยุกต์ในกล้วยหอม.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
- [14] จิรสา ทรงกรด. **สารลดแรงตึงผิว.** กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2548.
- [15] อาร์ชีซะ ดินอะ. **ผลของไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในกล้วยไม้รองเท้านารีชาวดุสิต.** สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2541.
- [16] Synowiecki and Al-Khateeb. **Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2003, 43(2), 145-171.
- [17] Perez-Gago, Rojas and Del Rio. **Effect of lipid type and amount of edible hydroxypropyl Methylcellulose-lipid composite coatings used to protect postharvest quality of mandarin cv.Fortune.** Journal of Food Science, 2002, 67(8): 2903-2910.
- [18] นลินอร นัยปลอด. **การศึกษาการขจัดคราบเลือดโดยใช้ผักโขม.** วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ, 2562, 13(1), หน้า 109-115.
- [19] กนกกรณ์ อุปรัง, ปาลิตา เกิดทวี และเพื่อนจิต สิงห์แผ่น. **ผลของสารสกัดจากใบชะพลูในการขจัดคราบเลือด.** พิษณุโลก: โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี.
- [20] Everette and McLeod. **Interactions of polysaccharide stabilizers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt.** Journal of International Dairy, 2005, 15(11), 1175-1183.

- [21] Srinivasa, Ramesh and Tharanathan. **Effect of plasticizer and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films.** Journal of Food Hydrocolloids, 2007, 21(7), 1113-1122.
- [22] คณิศร นุตวงษ์, จักรกฤษ วงศา และสุภาเวท มานิชม. **การพัฒนาสารเคลือบผิวกล้วยหอมทองโดยใช้สารสกัดจากครั่งเม็ด.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.