TPT-06

ผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่อโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อลำไยแช่แข็ง

นันท์ชนก นันทะไชย[1*] และ อินทิรา ลิจันทร์พร[1]

[1]*สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*
ต. ประชาธิปัตย์ อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

ผู้เขียนติดต่อ: นันท์ชนก นันทะไชย E-mail: eaye22@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ 2 ชนิด คือ ไคโตซานและเมธิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.1, 0.5 และ 1.0% ต่อโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อลำไยแช่แข็ง พบว่าเนื้อเยื่อของลำไยแช่เย็นที่ 4°C เกิดการแยกตัวของเซลล์เพียงเล็กน้อย ในขณะที่เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็ง ถูกทำลายตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา เกิดการแยกตัวของเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจน เซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 1.0% เกิดการแยกตัวของเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจนและเกิดความเสียหายต่อเซลล์มากกว่าลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 0.1 และ 0.5% สำหรับเซลล์ของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 0.1% นั้นถูกทำลายตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา ในขณะที่ลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลส 0.5 และ 1.0% มีความเสียหายของเซลล์เนื้อเยื่อน้อยมาก โครงสร้างของเซลล์และการแยกตัวของเซลล์ของลำไยที่เคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเคลือบด้วยไคโตซาน

คำหลัก:ลำไย; ผลไม้แช่แข็ง; สารเคลือบผิวที่รับประทานได้; โครงสร้างเซลล์

1. บทนำ

ลำไยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dimocarpus longan* Lour. หรือ *Euphoria longana* Lam. หรือ *Nephelium longana* Camb. และชื่อสามัญคือ Longan [1] เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Sapindaceae ซึ่งเป็นพืชตระกูลเดียวกับเงาะและลิ้นจี่ [2] ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญที่รัฐบาลจัดให้อยู่ในกลุ่มสินค้าเพื่อการส่งออก มูลค่าการส่งออกสูงปีละหลายพันล้านบาท ทั้งในรูปลำไยสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง [3] ปริมาณความต้องการบริโภคลำไยภายในประเทศมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณการส่งออกลำไยสดและผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น การส่งออกส่วนใหญ่จะส่งออกในรูปสำไยสดและลำไยอบแห้ง อย่างไรก็ตามได้มีการส่งเสริมการตลาดเพื่อขยายการส่งออกในตลาดใหม่ ได้แก่ อินเดีย ตะวันออกกลางและเกาหลีใต้ โดยฐานตลาดใหม่นี้มีความต้องการบริโภคผลไม้แช่แข็งเพิ่มขึ้นอย่างมาก [4] สารเคลือบผิวมีคุณสมบัติเป็นสารที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนก๊าซและลดการคายน้ำ สารเคลือบผิวมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่รับประทานไม่ได้ ได้แก่ petroleum wax, mineral wax และ chemical synthetic wax ต่างๆ ส่วนสารเคลือบผิวชนิดที่รับประทานได้ คือสารที่ผลิตมาจากวัสดุธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ สารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เช่น เมทิลเซลลูโลส ไคโตซาน และ bee wax เป็นต้น [5-7] ลำไยที่ใช้สารเคลือบผิวไคโตซานมีอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักลดลง การเพิ่มของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และการเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษาเกิดขึ้นช้าลง และการเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานทำให้ลำไยมีคุณภาพดีขึ้นและอายุการเก็บรักษานานขึ้น [8] ผลสตรอเบอรี่ (cv. Camarosa) ที่เคลือบด้วยไคโตซานผสม oleic acid มีการเน่าเสียลดลง เมื่อเทียบกับการใช้สารเคลือบไคโตซานเพียงอย่างเดียว [9] นอกจากนี้การใช้คาราจีแนนและไคโตซานร่วมกับ calcium chloride เคลือบผลสตรอเบอรี่ ทำให้สตรอเบอรี่มีการสูญเสียน้ำหนักและเกิดการเสื่อมเสียจาก

เชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว [10] นอกจากผลไม้สดแล้ว ยังมีการใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น การใช้ไคโตซานเคลือบมะม่วงตัดแต่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ [11] การใช้ alginate เคลือบสาลี่ตัดแต่งช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อของสาลี่ [12] และการใช้เพคติน alginate และ gellan gum เคลือบเมลอนตัดแต่งช่วยลดการสูญเสียน้ำและรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ [13] ได้มีการศึกษาการใช้สารเคลือบผิวที่รับประทานได้บางชนิดกับผลไม้แช่แข็งด้วยเช่นกัน การเคลือบผลสตรอเบอรี่ และราสเบอรี่ด้วยไคโตซาน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -23°C พบว่าสตรอเบอรี่ที่เคลือบด้วยไคโตซานมีคุณภาพเนื้อสัมผัสหลังการละลายดีกว่าสตอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน [14] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ 2 ชนิด ได้แก่ ไคโตซานและเมธิลเซลลูโลสต่อลักษณะโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็ง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมผลิตผล

เก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอจากสวนในจังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกผลลำไยที่มีอายุ 21 สัปดาห์หลังจากติดผล หรือมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ระหว่าง 18-20% บรรจุผลลำไยลงในกล่องกระดาษและขนส่งทางรถตู้ปรับอากาศอุณหภูมิประมาณ 25°C นำมาคัดเลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ

2.2 ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่อลักษณะโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็ง

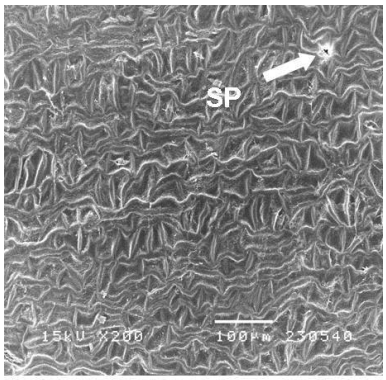
วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in Completely Randomize Design โดยมี 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ ได้แก่ ไคโตซานและเมธิลเซลลูโลส และปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของสารเคลือบผิว ได้แก่ 0.1, 0.5 และ 1.0% นำผลลำไยมาตัดขั้วผลออก ล้างทำความสะอาด จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นผึ่งให้แห้งที่อุณภูมิประมาณ 25°C นำมาปอกเปลือกแล้วจึงจุ่มในสารเคลือบผิวไคโตซานและเมธิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0% บรรจุลงในถาดพลาสติก นำไปแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18°C เก็บลำไยไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งในสัปดาห์เริ่มต้น (0) และสัปดาห์สุดท้าย (4) ของการเก็บรักษา โดยสังเกตเซลล์ของเนื้อลำไยเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษา เนื้อลำไยผ่านการแช่แข็งและการละลายแล้ว ด้วยกล้อง Scanning electron microscope: SEM

2.3. การวิเคราะห์ด้วยกล้อง SEM

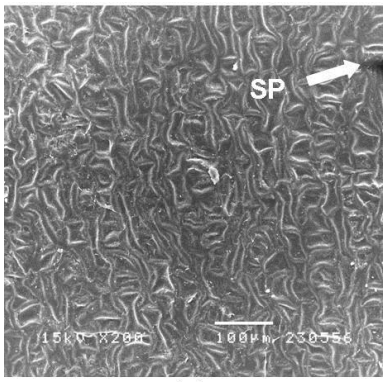
หั่นเนื้อลำไยเป็นชิ้นบางๆ โดยหั่นตามขวางล้างในน้ำกลั่น แล้วจุ่มด้วย citric acid ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 % เป็นระยะเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปแช่ใน glutaraldehyde ความเข้มข้น 2.5% ใน phosphate buffer pH 7.2 ความเข้มข้น 0.1 M นาน 2 ชั่วโมง เนื้อเยื่อ pericarp ถูกแช่ใน phosphate buffer pH 7.2 นาน 20 นาที อีกครั้งหนึ่ง และล้างด้วยน้ำกลั่นนาน 20 นาที เนื้อเยื่อ pericarp ถูกทำให้แห้งด้วยแอลกอฮอล์ และฉาบด้วย platinum/palladium หลังจากทำให้แห้ง เนื้อลำไยที่แห้งนำมาเคลือบด้วยทองเหลืองอีกครั้ง และนำไปส่องด้วยกล้อง SEM (JEOL, model JSM-5410LV, Tokyo, Japan)

3. ผลการวิจัย

ลำไยแช่เย็น ลำไยปอกเปลือกแช่แข็ง ลำไยปอกเปลือกแล้วเคลือบด้วยไคโตซานหรือเมธิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 0.1, 0.5 หรือ 1.0% จากนั้นทำไปแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 และ 4 สัปดาห์ ด้วยเครื่อง SEM (กำลังขยาย 200X) พบว่าเนื้อเยื่อของลำไยแช่เย็นที่ 4°C โครงสร้างของเซลล์อยู่ในสภาพดี เกิดการแยกตัวของเซลล์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 1ก และ ข)



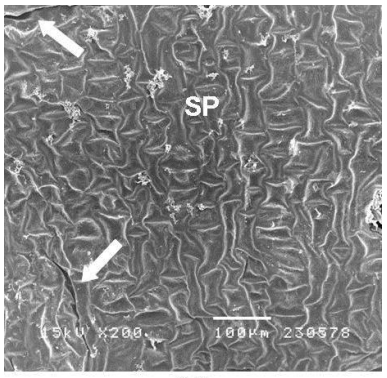
(ก)



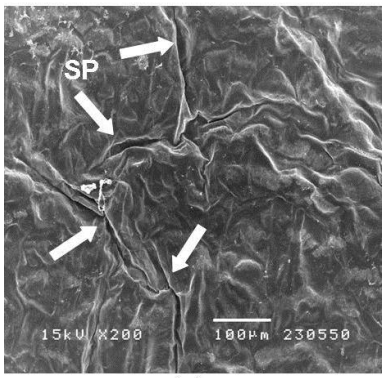
(ข)

รูปที่ 1. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่เย็น เก็บรักษาเป็นเวลา (ก) 0 สัปดาห์ และ (ข) 4 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

โครงสร้างของเซลล์ของลำไยแช่แข็งปอกเปลือก ถูกทำลายตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา (รูปที่ 2ก) เกิดการแยกตัวของเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของเซลล์เกิดมากขึ้น โครงสร้างของเซลล์ถูกทำลาย เซลล์มีลักษณะเหี่ยว และการแยกตัวของเซลล์มากขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานถึง 4 สัปดาห์ (รูปที่ 2ข)



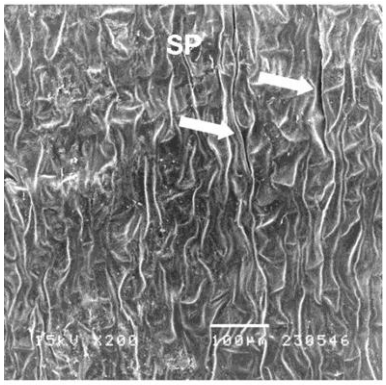
(ก)



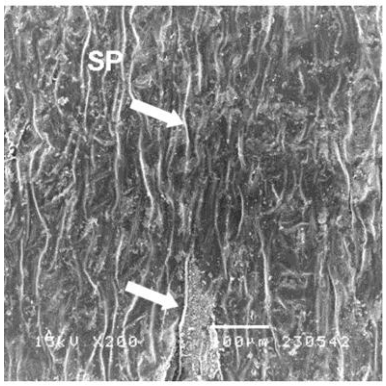
(ข)

รูปที่ 2. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งปอกเปลือก เก็บรักษาเป็นเวลา (ก) 0 สัปดาห์ และ (ข) 4 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

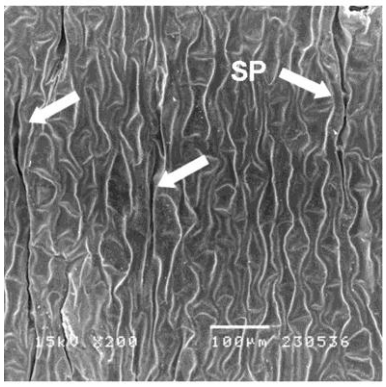
ลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 1.0% เกิดการแยกตัวของเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา และเกิดความเสียหายต่อเซลล์มากกว่าลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 0.1 และ 0.5% (รูปที่ 3) และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นจนถึง 4 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของเซลล์เกิดมากขึ้น โครงสร้างของเซลล์ถูกทำลาย และการแยกตัวของเซลล์มากขึ้น อย่างไรก็ตามลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 0.5% มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์น้อยกว่าลำไยแช่แข็งที่เคลือบด้วยไคโตซาน 0.1 และ 1.0% โดยที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.1% นั้น เกิดการแยกตัวของเซลล์มากเห็นได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 1.0% เกิดการแยกตัวของเซลล์เพียงเล็กน้อย แต่เซลล์มีลักษณะเหี่ยวย่นที่เห็นได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 4)



(ก)

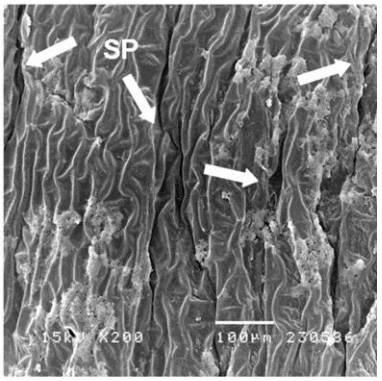


(ข)

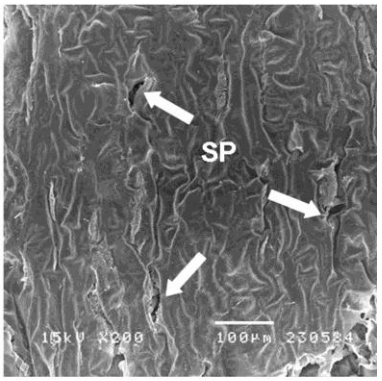


(ค)

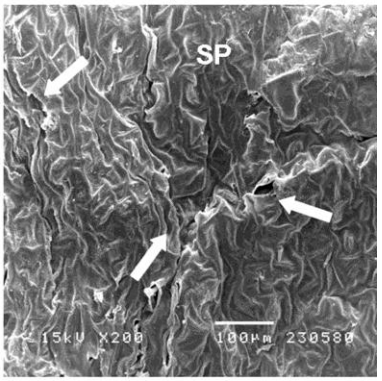
รูปที่ 3. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น (ก) 0.1% (ข) 0.5% และ (ค) 1.0% เก็บรักษาเป็นเวลา 0 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)



(ก)



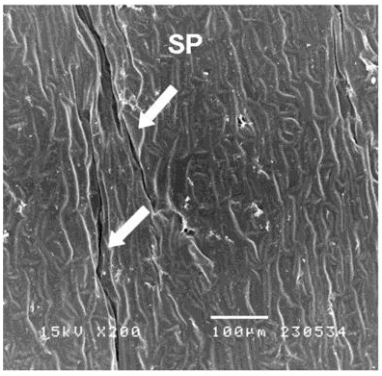
(ข)



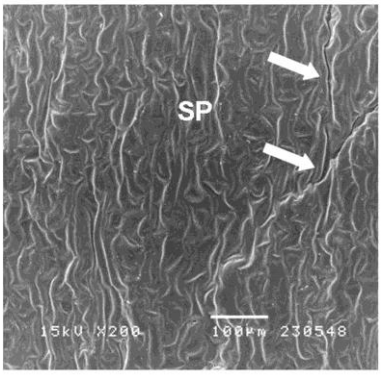
(ค)

รูปที่ 4. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น (ก) 0.1% (ข) 0.5% และ (ค) 1.0% เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

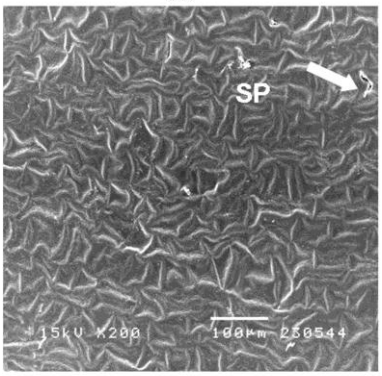
โครงสร้างของเซลล์ของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสความเข้มข้น 0.1% ถูกทำลายตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา ในขณะที่ลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลส 0.5 และ 1.0% นั้นมีความเสียหายของเซลล์เนื้อเยื่อน้อยมาก เกิดการแยกตัวของเซลล์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 5)



(ก)



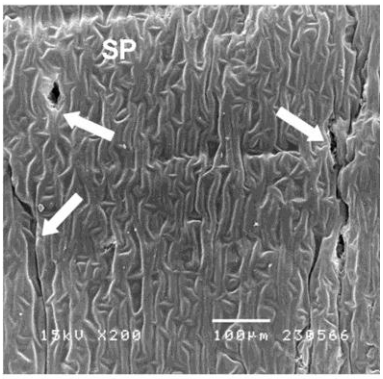
(ข)



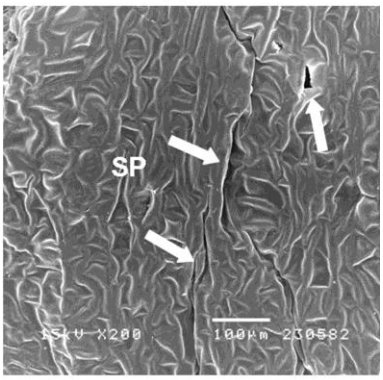
(ค)

รูปที่ 5. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น (ก) 0.1% (ข) 0.5% และ (ค) 1.0% เก็บรักษาเป็นเวลา 0 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

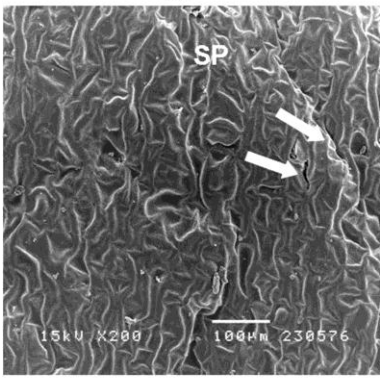
เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานถึง 4 สัปดาห์ เซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5% เกิดการแยกตัวของเซลล์มากขึ้น สำหรับลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสความเข้มข้น 0.1% นั้นพบว่าการแยกตัวของเซลล์เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เซลล์มีลักษณะเหี่ยวย่นอย่างเห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 6)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6. ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งเคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น (ก) 0.1% (ข) 0.5% และ (ค) 1.0% เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

4. สรุปและวิจารณ์

เนื้อเยื่อของลำไยแช่เย็นที่ 4°C โครงสร้างของเซลล์อยู่ในสภาพดี เกิดการแยกตัวของเซลล์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับเนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งปอกเปลือกนั้น เกิดการแยกตัวของเซลล์ตั้งแต่ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา

และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นจนถึง 4 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของเซลล์เกิดมากขึ้น โครงสร้างของเซลล์ถูกทำลาย และการแยกตัวของเซลล์มากขึ้น นอกจากนั้นเซลล์ยังมีลักษณะเหี่ยวย่นอีกด้วย เซลล์ของพืชประกอบด้วยผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์เมมเบรน ซึ่งผนังเซลล์มีความแข็งแรง ไม่มีความยืดหยุ่น จึงต้านทานต่อการขยายตัวของผลึกน้ำแข็งได้น้อย [15] เนื่องจากในการเกิดผลึกของน้ำแข็ง น้ำแข็งจะมีปริมาตรมากกว่าน้ำ น้ำที่แข็งตัวจะทำให้เซลล์เกิดความเสียหายได้ [16] กลไกความเสียหายจากการแช่แข็งในเนื้อเยื่อของพืช มี 4 กระบวนการ ได้แก่ ความเสียหายจากความเย็น (chill damage) ความเสียหายจากความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (solute-concentration damage) ความเสียหายจากการระเหยของน้ำ (dehydration damage) และความเสียหายทางกลจากผลึกน้ำแข็ง (mechanical damage from ice crystals) [17]

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อลำไยแช่แข็งที่ไม่ได้เคลือบและเคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่รับประทานได้แล้วพบว่าการเคลือบด้วยสารเคลือบผิวช่วยรักษาโครงสร้างของเซลล์ได้ดีกว่า เกิดการแยกตัวของเซลล์และลักษณะการเหี่ยวย่นของเซลล์น้อยกว่าการไม่ใช้สารเคลือบผิว และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการที่เคลือบด้วยไคโตซานและเมธิลเซลลูโลสแล้ว เห็นได้ชัดเจนว่าโครงสร้างของเซลล์ และการแยกตัวของเซลล์ของลำไยที่เคลือบด้วยเมธิลเซลลูโลสเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเคลือบด้วยไคโตซาน อาจเนื่องมาจากโดยทั่วไปแล้วเมธิลเซลลูโลสถูกใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด สารที่ทำให้เกิดเจล สารให้ความคงตัว หรือ emulsifier ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้เกิดความคงตัวในการเก็บรักษา ลด syneresis จากการแช่แข็ง/ละลาย ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง [18] ดังนั้นการเคลือบลำไยแช่แข็งด้วยเมธิลเซลลูโลสจึงช่วยป้องกันความเสียของโครงสร้างเนื้อเยื่อได้

สารเคลือบไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ มะเขือเทศ พีช แพร์ กีวี่ และลิ้นจี่ [19-22] อย่างไรก็ตามการใช้เมธิลเซลลูโลสในการเคลือบผลิตผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปยังมีอยู่น้อยมาก ซึ่งจากการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมธิลเซลลูโลสมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของลำไยแช่แข็งได้เช่นกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท บรอนสัน แอนด์ จาคอบส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เมธิลเซลลูโลสเพื่อใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยพืชสวน. (2540). เอกสารวิชาการมาตรฐานพันธุ์พืชสวน.

[2] พาวิน มะโนชัย, ยุทธนา เขาสุเมรุ, ชิติ ศรีตนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. (2546). เทคโนโลยีการผลิตลำไย. วารสารเคหการเกษตร, กรุงเทพฯ.

[3] กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยพืชสวน. (2551). ลำไย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://-it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=4, เข้าดูเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2554.

[4] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2552). ภาพรวมสถานการณ์สินค้าเกษตรปี 2551 และแนวโน้มปี 2552, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.-oae.go.th/ewt_news.php?nid=275&filename=index, เข้าดูเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2552.

[5] จริงแท้ ศิริพานิช. (2538). สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

[6] มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. (2535). ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. วารสารอาหาร. 22:1-6.

[7] Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. Trends in Food Science and Technology, 20:438-447.

[8] Jiang, Y. and Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry. 73: 139-143.

[9] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology, 41:164-171.

[10] Ribeiro, C., Vicente, A.A., Teixeira, J.A. and Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. Postharvest Biology and Technology, 44:63-70.

[11] Chien, J.P., Sheu, F. and Yang, F.H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering, 78:225-229.

[12] Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. (2008a). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. Postharvest Biology and Technology, 50:87-94.

[13] Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. (2008b). Sing polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. LWT - Food Science and Technology, 41:1862-1870.

[14] Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W. and Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (Fragaria x ananassa) and raspberries (Rubus ideaus) biology. Postharvest Biology and Technology. 33:67-78.

[15] Sun, D.W. and Li, B. (2003). Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. Journal of Food Engineering. 57: 337–345.

[16] Cano, M. P. (1996). Vegetables. In O. Jeremiah (Ed.), Freezing effects on food quality (pp. 247–298). New York, USA: Marcel Dekker.

[17] Reid, D. S. (1994). Basic physical phenomena in the freezing and thawing of plant and animal tissues. In L. Mallett (Ed.), Frozen food technology (2nd ed., pp. 1–19). Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional.

[18] Phillips, G.O. and Williams, P.A. (2000). Handbook of hydrocolloids. New York, CRC press. pp. 87-213.

[19] Du, J.M., Gemma, H. and Iwahori, S. (1997). Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 66: 15-22.

[20] El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnamapalam, R. and Boulet, M. (1991). Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of Food Science. 56: 1618-1620.

[21] El Ghaouth, A., Ponnamapalam, R., Castaiglen, F., and Arul, J. (1992). Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. HortScience. 27: 1016-1018.

[22] Zhang, D.L. and Quantick, P.C. (1997). Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (Litchi chinensis Sonn.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 12: 195-202.