Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 102 - 105 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 102 - 105 (2567)

ผลของการเคลือบผิวจากสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซาน ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของผลแตงกวา
Effect of Crude Pomegranate Peel Extract Mixed with Chitosan Coating on Microbial Growth Inhibition and Quality Attributes of Cucumber

พริมา พิริยางกูร[1] ดวงพร เนตรสว่าง[2] บุณยานุช รัตนาปนนท์[2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Pharima Phiriyangkul[1], Duangporn Netsawang[2], Bunyanuch Rattanapanon[2] and Jutatip Poubol [2]

Abstract

The properties of the crude extract from pomegranate peel mixed with chitosan in inhibiting the growth of four species of microorganisms as *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, and *Fusarium* sp., were studied using the agar disc diffusion method. It was found that the crude extract from pomegranate peel mixed with chitosan effectively inhibited the growth of all tested microorganisms. In a separate study, cucumber fruits (SpeedMax variety) were coated with 1) chitosan, 2) crude extract from pomegranate peel mixed with chitosan, and compared with a control set (dipped in water). The cucumbers were stored at 7°C, and the quality attribution of cucumbers were recorded every 7 days for 14 days. The experimental results were recorded by measuring weight loss, ripening, and spoilage of the cucumber fruits. It was found that coating cucumbers with crude pomegranate peel extract mixed with chitosan (Chi + PPE, 2.59±0.01) had no significant effect on percentage of weight loss when compared to coating with chitosan (Chi, 2.58±0.01), but significant differences from control group (2.93±0.01). However, coating cucumbers with crude pomegranate peel extract mixed with chitosan (Chi + PPE) tended to increase ripening more than those coated with chitosan and the control ($p<0.05$). Chitosan coating alone was unable to delay the spoilage of cucumber fruits compared to the control. However, it was found that cucumber fruits coated with crude pomegranate peel extract mixed with chitosan spoiled more than those coated with chitosan and the control ($p<0.05$).

Keywords: cucumber, pomegranate peel, chitosan, coating

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus* และ *Fusarium* sp. โดยวิธี agar disc diffusion พบว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิด เมื่อศึกษาการเคลือบผลแตงกวาพันธุ์สปีดแม็กด้วย 1) ไคโตซาน (Chi) 2) สารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซาน (Chi + PPE) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (จุ่มน้ำ) (control) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแตงกวา ทุก 7 วัน เป็นเวลา 14 วัน บันทึกผลการทดลองโดยตรวจวัดการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเน่าเสียของผลแตงกวา พบว่าการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซาน (Chi + PPE, 2.59±0.01) ไม่มีผลต่อค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเทียบกับการเคลือบด้วยไคโตซาน (Chi, 2.58±0.01) แต่ต่างจากชุดควบคุม (control, 2.93±0.01) ($p<0.05$) แต่สารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซาน (Chi + PPE) มีแนวโน้มทำให้การสุกเพิ่มขึ้นมากกว่าสารเคลือบไคโตซานและชุดควบคุม ($p<0.5$) สารเคลือบไคโตซานไม่สามารถช่วยชะลอการเน่าเสียของผลแตงกวาได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) ในขณะที่สารเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานกลับทำให้การเน่าเสียของผลแตงกวาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและสารเคลือบไคโตซาน ($p<0.05$)

คำสำคัญ: แตงกวา เปลือกทับทิม ไคโตซาน การเคลือบ

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Division of Microbiology, Department of Science and Bioinnovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom, 73140
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[2] Division of Biological Science, Department of Science and Bioinnovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom, 73140

คำนำ

แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) เป็นพืชสำคัญเชิงพาณิชย์ มีการเพาะปลูกทั่วโลก ประกอบด้วยน้ำปริมาณมาก แคลอรี่ต่ำ มีสารประกอบฟีนอลและคิวเคอร์บิทาซิน (cucurbitacins) ปริมาณมาก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคเบาหวาน ต้านการอักเสบ ต้านน้ำตาลในเลือดสูง และต่อต้านสารก่อมะเร็ง (Mukherjee *et al*., 2013; Uthpala *et al*., 2020) อย่างไรก็ตาม แตงกวาสามารถเน่าเสียง่าย (Al-Juhaimi *et al*., 2012) โดยการสูญเสียน้ำและความแน่นเนื้อหลังการเก็บเกี่ยว การเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนสี การสะท้านหนาวและการเหี่ยวเฉา ส่งผลให้แตงกวามีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 14 วัน (Sarker *et al*., 2021) การเคลือบถูกนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวา (Ghafoor *et al*., 2022; Maleki *et al*., 2018) โดยฟิล์มที่เคลือบจะช่วยปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของก๊าซในบรรยากาศ ลดความชื้นและการสูญเสียน้ำหนัก ช่วยชะลอกระบวนการสุกงอม ส่งผลให้สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดได้ (Maringgal *et al*., 2020) ไคโตซานนิยมใช้เคลือบผักและผลไม้ที่รับประทานได้ เนื่องจากหาได้ง่าย มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ ราคาถูก สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์ม สามารถเสริมสารต้านจุลชีพหรือสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จากธรรมชาติ (Oladzadabbasabadi *et al*., 2022) เปลือกทับทิมคิดเป็นร้อยละ 30-40 ของน้ำหนัก จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีสารสำคัญโดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ (Alqahtani *et al*., 2023) อีกทั้งมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ (Cruz-Valenzuela *et al*., 2022, Singh *et al*., 2019) งานวิจัยนี้สนใจศึกษาผลของการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานต่อคุณภาพของแตงกวาพันธุ์สปีดแม็ก เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิม (PPE)

อบเปลือกทับทิมพันธุ์ตูนิเซียที่มีขนาด 0.5x3 เซนติเมตร ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดเป็นผง สกัดผงเปลือกทับทิบด้วยเอทานอลร้อยละ 80 (1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร) บ่มที่ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปั่นเหวี่ยง 10,000xg ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) แล้วกำจัดตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง เก็บสารสกัดในที่มืดที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

2. การเคลือบผิวแตงกวา

คัดเลือกผลแตงกวาพันธุ์สปีดแม็กที่มีคุณภาพดี ลักษณะผลสมบูรณ์ ขนาดใกล้เคียงกัน และปราศจากรอยโรค รอยช้ำและแมลง ล้างด้วยน้ำประปาผสมคลอรีน (15 ppm) แล้วแช่ไว้ในน้ำประปาที่ผสมคลอรีน 5 นาที เมื่อครบเวลา ผึ่งแตงกวาให้สะเด็ดน้ำ ตากให้แห้ง นำผลแตงกวาไปเคลือบด้วยสารเคลือบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ (control), 1% ไคโตซาน (1% chitosan + 1% acetic acid + 0.75% glycerol) (Chi), และ 1% ไคโตซาน + 1% PPE (1% chitosan + 1% acetic acid + 0.75% glycerol + 1% PPE) (Chi + PPE) โดยการแช่ในสารเคลือบแต่ละชนิด 1 นาที หลังแช่สารผึ่งให้แห้ง บรรจุแตงกวาที่เคลือบในกล่องพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ปริมาตร 750 ลูกบาศก์มิลลิลิตร ขนาด 8.8x14x5.3 เซนติเมตร ปิดฝา เก็บที่ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

3. การศึกษาผลของการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานต่อคุณภาพของแตงกวา

3.1 การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราของสารเคลือบ

ทดสอบโดย agar disc diffusion method โดยดูดสารเคลือบปริมาตร 20 ไมโครลิตร บน Whatman filter paper No.1 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ทดสอบเชื้อ *E. coli*, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* spp. ในอาหาร nutrient agar (NA) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับเชื้อ *Fusarium* spp. เลี้ยงเชื้อในอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

3.2 การสูญเสียน้ำหนักของแตงกวาและการสุก (ripening index; %TSS/%TA)

ชั่งน้ำหนักผลแตงกวาตั้งแต่วันเริ่มต้นและทุก ๆ 7 วัน โดยใช้แตงกวาลูกเดียวกันตลอดการทดลอง คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตร เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก = (น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนัก ณ วันที่ชั่ง)/น้ำหนักเริ่มต้น × 100 และคำนวณการสุกจากอัตราส่วนระหว่างร้อยละของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (%TSS) กับร้อยละกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%TA) โดยคำนวณ จากสูตร %TSS/%TA = (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%TSS)/(ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%TA)

3.3 การประเมินคุณภาพของผลแตงกวา

ประเมินการเน่าเสียด้วยตาเปล่า โดยสังเกตจากบริเวณผิวของผลแตงกวาทั้งหมด ซึ่งแบ่งเกณฑ์การประเมินคะแนนคุณภาพตามการเน่าเสียที่เกิดบริเวณผิวแตงกวาออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 0 (ไม่เกิดการเน่าเสีย) 1 (เกิดการเน่าเสียน้อยกว่าร้อยละ 25) 2 (เกิดการเน่าเสียร้อยละ 25-50) 3 (เกิดการเน่าเสียร้อยละ 50-75) และ 4 (เกิดการเน่าเสียมากกว่าร้อยละ 75)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ นำขอมูลที่ไดวิเคราะหความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบคาเฉลี่ยของแต่ละวิธีดวย Duncan' multiple rang test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การตรวจวัดการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราของสารเคลือบ

การศึกษาการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารเคลือบด้วยวิธี agar disc diffusion พบว่าแตงกวาในชุดควบคุม (control) ไม่สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *E. coli*, *Salmonella* spp., *B. cereus* และ *Fusarium* sp. ในขณะที่การเคลือบไคโตซาน (Chi) และการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซาน (Chi + PPE) สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้ง 4 สายพันธุ์ ทั้งนี้สารเคลือบไคโตซาน (Chi) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด ($p<0.05$) (Table 1) ไคโตซานมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Maringgal *et al*., 2020; Oladzadabbasabadi *et al*., 2022) เปลือกทับทิมมีสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ellagic acid อนุพันธ์ proanthocyanidins และ flavonoids (Singh *et al*., 2019) และมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli*, *Enterobacter aerogenes* และ *Pseudomonas aeruginosa*) แบคทีเรียแกรมบวก (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ *B. cereus*) ยีสต์และรา (*Candida albicans* และ *Fusarium oxysporum*) (Rosas-Burgos *et al*., 2017; Rongai *et al*., 2019; Gosset-Erard *et al*., 2021)

Table 1 Antibacterial and antifungal activity by agar disc diffusion assay

Treatment	Zone of Inhibition in diameter (mm.)			
	E. coli	*Salmonella* spp.	*B. cereus*	*Fusarium* sp.
Control	0.00 ± 0.00^{Ac}	0.00 ± 0.00^{Ab}	0.00 ± 0.00^{Ab}	0.00 ± 0.00^{Ab}
Chi	0.97 ± 0.15^{Aa}	0.73 ± 0.06^{Ba}	0.80 ± 0.10^{Aba}	0.80 ± 0.00^{ABa}
Chi + PPE	0.73 ± 0.06^{Ab}	0.77 ± 0.06^{Aa}	0.77 ± 0.06^{Aa}	0.75 ± 0.07^{Aa}

Different letters (capital letters in the same row, lowercase letters in the same column) represent difference according to Duncan's multiple range test (DMRT) at $p<0.05$

2. ผลของการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานต่อคุณภาพของแตงกวา

แตงกวาชุดควบคุมและแตงกวาที่ผ่านการเคลือบทุกชุดทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักและเน่าเสียเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าแตงกวาที่เคลือบด้วย Chi + PPE มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (1.71±0.01) สูงที่สุด รองลงมาคือแตงกวาที่เคลือบด้วย Chi (1.31±0.01) และน้ำ (1.28±0.01) ตามลำดับ วันที่ 14 ของการเก็บรักษา พบว่าแตงกวาที่เคลือบด้วยน้ำ มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด (2.93±0.01) ในขณะที่แตงกวาที่เคลือบด้วย Chi + PPE (2.59±0.01) และ Chi (2.58±0.01) มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการเคลือบไคโตซานจะช่วยป้องกันการระเหยน้ำและยับยั้งการคายน้ำ (Maringgal *et al*., 2020) แตงกวามีการสุกเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่วันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ในขณะที่วันที่ 14 ของการเก็บรักษาพบว่าแตงกวามีค่าการสุกลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 7 และ 14 แตงกวาที่เคลือบด้วย Chi มีการสุกน้อยที่สุด ในขณะที่แตงกวาที่เคลือบด้วยน้ำและ Chi + PPE มีความสุกมากกว่าแตงกวาที่เคลือบด้วย Chi ($p<0.05$) เมื่อเก็บแตงกวาเป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าแตงกวาที่เคลือบด้วย Chi + PPE มีคะแนนการเน่าเสียสูงที่สุด ในขณะที่แตงกวาที่เคลือบด้วยน้ำและ Chi มีคะแนนการเน่าเสียไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ในขณะที่ Ghafoor *et al*. (2022) พบว่าสารเคลือบไคโตซานผสมสารสกัดจากเปลือกส้มและกากผลมะกอกช่วยคงลักษณะทางกายภาพและยืดอายุการเก็บแตงกวาเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 14 วัน และ Cruz-Valenzuela *et al*. (2022) พบว่าสารสกัดจากเปลือกทับทิมช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์โคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียไซโครฟิลิกในถั่วงอก alfafa ได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ที่การเคลือบไคโตซานและการเคลือบไคโตซานผสมสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาได้ อาจเนื่องจากสารที่สกัดได้จากเปลือกทับทิมมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อที่ทำให้แตงกวาเน่าเสียเพียงบางชนิดเท่านั้น นอกจากนี้ส่วนผสมของสารเคลือบ วิธีการเคลือบ อุณหภูมิและภาชนะที่ใช้ในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่ออายุการเก็บรักษาแตงกวาที่แตกต่างกัน ดังเช่นที่ Ghafoor *et al*. (2022) รายงานว่า การเคลือบและการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ โภชนาการ คุณภาพ ลักษณะปรากฏและอายุการเก็บรักษาของแตงกวา

สรุป

เมื่อเก็บแตงกวาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส การเคลือบไคโตซานไม่สามารถช่วยชะลอการเน่าเสียของผลแตงกวาได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) และการเคลือบสารสกัดหยาบจากเปลือกทับทิมผสมไคโตซานทำให้การเน่าเสียของผลแตงกวาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและการเคลือบเฉพาะไคโตซาน ทั้งนี้ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ชนิดของภาชนะในการบรรจุ ซึ่งมีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาเพิ่มเติมต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

เอกสารอ้างอิง

Al-Juhaimi, F.Y., K. Ghafoor and E.E. Babiker. 2012. Effect of gum arabic edible coating on weight loss, firmness, and sensory characteristics of cucumber (*Cucumic sativus* L.) fruit during storage. Pak. J. Bot. 44: 1439–1444.

Alqahtani, N.K., T.M. Alnemr and S.A. Ali. 2023. Effects of pomegranate peel extract and/or lactic acid as natural preservatives on physicochemical, microbiological properties, antioxidant activity, and storage stability of Khalal Barhi date fruits. Foods 12: 1160.

Cruz-Valenzuela, M.R., R.E. Ayala-Soto, J.F. Ayala-Zavala, B.A. Espinoza-Silva, G.A. González-Aguilar, O. Martín-Belloso, R. Soliva-Fortuny, F. Nazzaro, F. Fratianni, M.R. Tapia-Rodríguez and A.T. Bernal-Mercado. 2022. Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts as antimicrobial and antioxidant additives used in alfalfa sprouts. Foods 11: 2588.

Ghafoor, K., F.Y. Al-Juhaimi, I.A. Mohamed Ahmed, E.E. Babiker, S.A. Shahzad and O.N. Alsawmahi. 2022. Effects of functional coatings containing chitosan, orange peel and olive cake extracts on the quality attributes of cucumber during cold storage. Plants 11(14): 1895.

Gosset-Erard, C., M. Zhao, S. Lordel-Madeleine and S. Ennahar. 2021. Identification of punicalagin as the bioactive compound behind the antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels. Food Chemistry 352: 129396.

Sarker, A., A. Deltsidis and T.E. Grift. 2021. Effect of aloe vera gel-carboxymethyl cellulose composite coating on the degradation kinetics of cucumber. J. Biosys. Eng. 46: 112–128.

Maleki, G., N. Sedaghat, E.J. Woltering, M. Farhoodi and M. Mohebbi. 2018. Chitosan limonene coating in combination with modified atmosphere packaging preserve postharvest quality of cucumber during storage. J. Food Meas. Charact. 12: 1610–1621.

Maringgal, B., N. Hashim, I.S.M.A. Tawakkal and M.T.M. Mohamed. 2020. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. Trends Food Sci. Technol. 96: 253–267.

Mukherjee, P.K., N.K. Nema, N. Maity and B.K. Sarkar. 2013. Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. Fitoterapia 84: 227–236.

Oladzadabbasabadi, N., A.M. Nafchi, F. Ariffin, M.M.J.O. Wijekoon, A.A. Al-Hassan, M.A. Dheyab and M. Ghasemlou. 2022. Recent advances in extraction, modification, and application of chitosan in packaging industry. Carbohydr. Polym. 277: 118876.

Rongai, D., P. Pulcini, G.D. Lernia, P. Nota, P. Preka and F. Milano. 2019. Punicalagin content and antifungal activity of different pomegranate (*Punica ganatum* L.) genotypes. Horticulturae 5: 52.

Rosas-Burgos, E.C., A. Burgos-Hernandez, L. Noguera-Artiaga, M. Kacaniova., F. Hernandez-Garcia, J.L. Cardenas-Lopez and A.A. Carbonell-Barrachina. 2017. Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts as affected by cultivar. J Sci Food Agric. 97(3): 802–810.

Singh, B., J.P. Singh, A. Kaur and N. Singh. 2019. Antimicrobial potential of pomegranate peel: a review. Int J Food Sci Technol. 54: 959–965.

Uthpala, T.G.G., R.A.U.J. Marapana, K.P.C. Lakmini and D.C. Wettimuny. 2020. Nutritional bioactive compounds and health benefits of fresh and processed cucumber (*Cucumis Sativus* L.). Sumer. J. Biotechnol. 3: 75–82.