

Bài báo nghiên cứu

**ẢNH HƯỞNG CỦA CHITOSAN PHÂN TỬ LƯỢNG THẤP
VÀ NANO SiO₂ ĐẾN CHẤT LƯỢNG QUẢ ỔI (*Psidium guajava* L.)
SAU THU HOẠCH****Phạm Thị Hà Vân*, Lê Sĩ Ngọc, Nguyễn Văn Lượng**

Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông nghiệp Công nghệ cao, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Phạm Thị Hà Vân – Email: havanvt89@gmail.com

Ngày nhận bài: 12-8-2020; ngày nhận bài sửa: 18-9-2020; ngày duyệt đăng: 25-12-2020

TÓM TẮT

Ổi là quả có đỉnh hô hấp nên diễn ra quá trình chín sau thu hoạch làm cho thịt quả bị mềm, màu sắc vỏ quả bị biến đổi, thời gian bảo quản ngắn. Đánh giá khả năng kháng các chủng vi sinh được phân lập từ quả ổi bị hư hỏng trong quá trình bảo quản bằng hỗn hợp chitosan khối lượng phân tử thấp và nano SiO₂, đồng thời ứng dụng hỗn hợp để xử lý bao màng quả ổi nhằm tăng thời gian tồn trữ. Hỗn hợp chitosan khối lượng phân tử thấp và nano SiO₂ có khả năng kháng tốt các chủng vi sinh vật này. Ổi giống Đài Loan sau thu hoạch được xử lý bao màng bằng hỗn hợp 2% chitosan (M_w 44,5 kDa) và 0,02% nano SiO₂ có độ biến đổi màu sắc vỏ quả, độ cứng, hàm lượng vitamin C, tỉ lệ hư hỏng, tổng chất rắn hòa tan, tỉ lệ hao hụt khối lượng giảm chậm, bảo quản 12 ngày ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$, $80 \pm 5\%$ RH gấp đôi thời gian so với không xử lý.

Từ khóa: chitosan; ổi; nano SiO₂; bảo quản**1. Giới thiệu**

Ổi là loại trái cây có đỉnh hô hấp đột biến nên sau khi thu hoạch quá trình chín diễn ra rất nhanh, thời gian tồn trữ ngắn làm cho thịt quả bị mềm, màu sắc vỏ quả bị biến đổi. Hiện nay, trên thế giới đã có một vài nghiên cứu để nhằm kéo dài thời gian bảo quản mà vẫn giữ được chất lượng trái ổi.

Chitosan và chitosan phân tử lượng thấp đang được nghiên cứu nhiều trong việc bảo quản nông sản sau thu hoạch. Chitosan phân tử lượng thấp được tạo ra do thủy phân từ chitosan nên có khối lượng phân tử thấp và độ hòa tan lớn hơn so với chitosan. Keqian và cộng sự (2012), Krishna và Rao (2014) đã nghiên cứu ứng dụng chitosan trong bảo quản ổi, kết quả cho thấy mẫu ổi được xử lý bao màng chitosan có sự thay đổi về độ chắc, hao hụt khối lượng, chất diệp lục, malondialdehyde (MDA), chất rắn hòa tan (SSC), acid tổng số, vitamin C chậm hơn so với mẫu ổi không xử lý trong suốt quá trình bảo quản.

Cite this article as: Phạm Thị Hà Vân, Lê Sĩ Ngọc, & Nguyễn Văn Lượng (2020). The effects of low molecular weight chitosan and nano SiO₂ on the quality of post-harvest guava (*Psidium guajava* L.). *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 17(12), 2143-2156.

Nano silica đã và đang được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực và đã được chứng minh không ảnh hưởng xấu đến sức khỏe người tiêu dùng và cây trồng. Sự kết hợp giữa nano silica và chitosan có thể tăng cường khả năng kháng vi sinh vật của lớp màng bao, hạn chế hoạt động của enzyme, ức chế sâu bệnh trên nông sản, cải thiện một số đặc tính của lớp màng bao (Tong et al., 2016). Jianglian và Zhang Shaoying (2013) đã nghiên cứu sử dụng chitosan kết hợp với nano SiO₂ trong bảo quản quả táo sau thu hoạch. Quả táo được xử lý với 1% chitosan + 0,04% nano SiO₂ và bảo quản ở nhiệt độ phòng, sau 32 ngày, độ biến thiên về màu sắc, tỉ lệ thối hỏng, hao hụt khối lượng, tỉ lệ hô hấp, hao hụt vitamin C, hao hụt polyphenol của quả táo được xử lý đều thấp hơn nghiệm thức đối chứng.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Giống ổi Đài Loan được trồng tại huyện Bàu Bàng tỉnh Bình Dương. Ổi được thu hoạch sau 75 ± 2 ngày tính từ lúc nở hoa, quả đồng đều về kích thước, không tổn thương cơ học, sâu bệnh.

Chitosan được điều chế từ vỏ tôm, cua có khối lượng phân tử trung bình 16; 44,5; 80; 109 kDa, độ deacetyl hóa 83% (Hình 1).

Nano SiO₂ kích thước trung bình 20-30 nm sản xuất vỏ trấu do Trung tâm Nghiên cứu và triển khai công nghệ bức xạ Thành phố Hồ Chí Minh sản xuất.



Chitosan $M_w = 109$ kDa Chitosan $M_w = 80$ kDa Chitosan $M_w = 44,5$ kDa Chitosan $M_w = 16$ kDa

Hình 1. Chitosan sử dụng trong thí nghiệm

Các chủng vi sinh vật thử nghiệm: 4 chủng nấm mốc: *Chrysosporium tropicum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Aspergillus wentii*, *Colletotrichum acutatum* và 3 chủng vi khuẩn: *Azotobacter* sp., *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu hoạch và xử lý ổi: Ổi được thu hoạch vào lúc sáng sớm hoặc chiều mát, cắt cuống khoảng 1-2 cm cho vào thùng carton (20 trái/ thùng, kích thước thùng 40 x 25 x 20 (cm), thùng có 6 lỗ thông gió kích thước 2,5 cm², được bố trí đối xứng nhau) và mang về khu tập kết trong vòng 3 giờ để tiến hành bố trí thí nghiệm.

- Phương pháp chuẩn bị dung dịch nano SiO₂ – chitosan: Hòa tan chitosan vào acid acetic loãng 0,5% (v/v) khuấy đều cho đến khi tạo hỗn hợp đồng nhất. Sau đó bổ sung thêm nano SiO₂ ở kích thước 20-30 nm, điều chỉnh pH = 5,5 và sử dụng máy đồng hóa để phối trộn đều dung dịch. Hỗn hợp sau khi pha xong được sử dụng liền không để qua ngày.

Đánh giá chất lượng hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan theo thời gian bảo quản: Hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan sẽ được bảo quản trong lọ thủy tinh nắp nhôm (250 ml), mỗi bình chứa 200 ml hỗn hợp, được đánh giá chất lượng theo thời gian bảo quản về khả năng kháng vi sinh vật và kích thước hạt sau 0, 15, 30, 45, 60 ngày bảo quản ở 30 ± 2°C, 80 ± 5% RH.

- Hoạt tính kháng khuẩn được tính bằng đường kính vòng kháng khuẩn ΔD (Schillinger et al., 1989): Môi trường thử hoạt tính kháng khuẩn TSA được đổ trên đĩa petri, trải vi khuẩn kiểm định lên đĩa thạch. Sử dụng giấy thấm vô trùng (d = 6mm) cho vào đĩa petri đã trải vi khuẩn. Sau đó hút 10 μl dung dịch nano SiO₂ – chitosan cho vào giữa giấy thấm, nước cất vô trùng được sử dụng trong mẫu đối chứng âm. Ủ đĩa thạch ở 32°C, sau 24 giờ, quan sát vòng kháng khuẩn tạo thành.

$$\Delta D = D - d \text{ (mm)}.$$

Trong đó: D: đường kính vòng vô khuẩn (mm); d: đường kính giấy thấm vô trùng (mm)

- Hoạt tính kháng nấm được tính bằng đường kính vòng kháng nấm ΔN (El - Hawary et al., 2013): Môi trường thử hoạt tính kháng nấm là môi trường PDA có bổ sung thêm dịch nano SiO₂ – chitosan được đổ trên đĩa petri, nước cất vô trùng được sử dụng trong mẫu đối chứng âm. Sử dụng phương pháp đục lỗ thạch (d = 6 mm) chứa chủng nấm thuần cần kiểm định vào giữa đĩa petri, ủ đĩa thạch ở 32°C, sau 5-7 ngày quan sát sự phát triển của nấm tạo thành.

$$\Delta N = N - d \text{ (mm)}.$$

Trong đó: N: đường kính vòng nấm không phát triển (mm); d: đường kính đục lỗ thạch (mm)

- Xác định đường kính tăng nấm tạo thành ΔA: ΔA = A - a (mm). Trong đó: A: đường kính tăng nấm tạo thành (mm); a: đường kính đục lỗ thạch (mm).

- Phương pháp đo màu sắc: Sử dụng máy Color Checker Nippon Denshoke NR – 1.

$$\text{Độ biến đổi màu sắc vỏ quả } \Delta E: \Delta E = [(L_i - L_0)^2 + (a_i - a_0)^2 + (b_i - b_0)^2]^{1/2}$$

Trong đó: L_i, a_i, b_i: Kết quả đo màu ở lần phân tích thứ i; L₀, a₀, b₀: Kết quả đo màu của nguyên liệu đầu vào.

- Phương pháp xác định chất rắn hòa tan (Brix) bằng khúc xạ kế Refractometer.

- Xác định vitamin C theo TCVN 8977: 2011.

- Xác định tỉ lệ hao hụt khối lượng (HHKL)%: $HHKL(\%) = [(m_1 - m_2)/m_1] \times 100$

Trong đó: m₁ là khối lượng ôi trước khi bảo quản, m₂ là khối lượng ôi sau khi bảo quản.

- Đo kích thước hạt bằng phương pháp DLS bằng thiết bị Particle size analyze.

- Xác định silic tổng theo TCVN 9172: 2012 ICP – OES

- Xử lý số liệu bằng Excel và phần mềm Minitab 16 ở mức ý nghĩa 95%.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thử nghiệm hoạt tính kháng vi sinh vật gây hư hỏng ôi sau thu hoạch của hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan phân tử lượng thấp trong điều kiện in vitro

Kết quả về khả năng kháng khuẩn và kháng nấm của hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan trong điều kiện in vitro được thể hiện ở Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Hoạt tính kháng khuẩn của hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan trong điều kiện in vitro

Nghiệm thức	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)		
	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>Azoto sp.</i>
Chitosan M _w = 109 kDa	3,45 ^f ±0,49		4,27 ^f ±0,23
Nano SiO ₂ - Chitosan M _w = 109 kDa	4,80 ^{ef} ±0,28	1,24 ^e ±0,12	5,56 ^e ±0,47
Chitosan M _w = 16 kDa	9,85 ^c ±0,36	5,07 ^c ±0,17	7,82 ^c ±0,36
Nano SiO ₂ - Chitosan M _w = 16 kDa	11,61 ^{ab} ±1,09	5,86 ^b ±0,16	9,81 ^b ±0,24
Chitosan M _w = 44,5 kDa	10,63 ^{bc} ±0,53	7,14 ^a ±0,18	9,39 ^b ±0,49
Nano SiO ₂ - Chitosan M _w = 44,5 kDa	12,86 ^a ±0,55	7,16 ^a ±0,23	11,19 ^a ±0,56
Chitosan M _w = 80 kDa	5,23 ^d ±0,43	3,65 ^d ±0,43	6,31 ^{de} ±0,17
Nano SiO ₂ - Chitosan M _w = 80 kDa	6,34 ^{de} ±0,50	3,97 ^d ±0,54	6,82 ^{cd} ±0,22
Đối chứng	--	--	--
Nano SiO ₂	--	--	--
P	*	*	*

Trong cùng một cột, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa (P < 0,05), --: Không kháng.

Bảng 2. Hoạt tính kháng nấm của hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan trong điều kiện in vitro

Xử lí	Đường kính tăng nấm (mm)			
	<i>Chrysosporiu m</i>	<i>Cladosporium Sphaerospermu</i>	<i>Aspergillus wentii</i>	<i>Colletotrichu m acutatum</i>
Chitosan M _w = 109 kDa	16,76 ^d ±0,79	6,88 ^b ±0,58	14,64 ^{ef} ±0,3	14,31 ^e ±1,04
Nano SiO ₂ -Chitosan	14,47 ^c ±0,87	+++	13,57 ^{de} ±0,4	13,05 ^{de} ±0,27
Chitosan M _w = 16 kDa	12,56 ^b ±0,70	+++	10,93 ^{bc} ±0,8	8,22 ^c ±0,68
Nano SiO ₂ - Chitosan M _w	7,24 ^a ±0,79	+++	12,09 ^{cd} ±0,5	5,42 ^b ±1,05
Chitosan M _w = 44,5 kDa	8,04 ^a ±0,61	+++	6,65 ^a ±0,35	+++
Nano SiO ₂ - Chitosan	6,32 ^a ±0,27	+++	9,34 ^b ±0,69	+++
Chitosan M _w = 80 kDa	16,05 ^{cd} ±0,71	+++	16,57 ^{fg} ±0,3	11,76 ^d ±0,55
Nano SiO ₂ -Chitosan	14,56 ^c ±0,46	+++	18,36 ^g ±1,0	11,18 ^d ±0,54
Đối chứng	80,00 ^e ±0,00	29,17 ^c ±1,76	29,87 ^h ±1,4	18,44 ^f ±1,18
Nano SiO ₂	80,00 ^e ±0,00	29,30 ^c ±1,27	30,28 ^h ±0,9	18,13 ^f ±0,83
P	*	*	*	*

Trong cùng một cột, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa (P < 0,05), +++: Kháng hoàn toàn.

Ở cùng 1 nghiệm thức, đường kính vòng kháng khuẩn của chitosan đối với *B. subtilis* (vi khuẩn Gram dương) nhỏ hơn so với *E. coli* và *Azotobacter sp.* (vi khuẩn Gram âm) kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Ying - Chien và cộng sự (2004).

Chitosan có khối lượng phân tử thấp 16; 44,5 kDa có khả năng kháng khuẩn và nấm tốt hơn so với chitosan có khối lượng phân tử 80 kDa và chitosan thương mại ($M_w = 109$ kDa), điều đó chứng minh chitosan khối lượng phân tử thấp có khả năng kháng khuẩn và nấm rất tốt và tốt hơn chitosan có khối lượng phân tử cao (Yin et al., 2010). Khi kết hợp nano silica và chitosan thì có thể tăng cường khả năng kháng vi sinh vật của lớp màng bao chitosan (Dhanasingh et al., 2011). Chính vì thế, hầu hết các nghiệm thức chứa hỗn hợp nano SiO_2 và chitosan khối lượng phân tử thấp đều thể hiện khả năng kháng khuẩn và kháng nấm tốt hơn so với nghiệm thức chỉ chứa chitosan ở cùng khối lượng phân tử. Chitosan khối lượng phân tử 44,5 kDa (1%) kết hợp với nano SiO_2 (0,04%) có khả năng ức chế tốt các chủng vi sinh vật gây hư hỏng quả ổi sau thu hoạch.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO_2 (N) và Chitosan (M_w 44,5 kDa) (C) lên chất lượng của quả ổi sau thu hoạch

Ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO_2 (N) và Chitosan (M_w 44,5 kDa) (C) lên chất lượng của quả ổi sau thu hoạch được thể hiện ở Bảng 3 đến Bảng 6.

Bảng 3. Ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO_2 và Chitosan (M_w 44,5 kDa) lên tỉ lệ hao hụt khối lượng (%) của quả ổi theo thời gian bảo quản ở $15 \pm 1^\circ C$, $80 \pm 5\% RH$

Nghiệm thức		3 ngày	6 ngày	9 ngày	12 ngày
ĐC	Đối chứng	3,38 ^e ±0,20	8,57 ^f 0,13	--	--
NT1	0,5% C	3,19 ^f ±0,15	6,63 ^e ±0,09	9,96 ^a ±0,23	--
NT2	0,5% C+0,02% N	3,04 ^{ef} ±0,08	6,60 ^e ±0,09	9,80 ^a ±0,15	--
NT3	0,5% C 0,04% N	3,01 ^{ef} ±0,14	6,53 ^{de} ±0,09	9,70 ^a ±0,10	--
NT4	0,5% C+0,06% N	3,06 ^f ±0,05	6,52 ^{de} ±0,08	9,79 ^a ±0,13	--
NT5	1% C	2,75 ^{de} ±0,12	6,22 ^{cd} ±0,11	8,73 ^b ±0,12	--
NT6	1% C+0,02% N	2,70 ^d ±0,11	6,18 ^c ±0,08	8,62 ^b ±0,09	--
NT7	1% C+0,04% N	2,64 ^{bcd} ±0,06	6,18 ^c ±0,08	8,58 ^b ±0,07	--
NT8	1% C+0,06% N	2,67 ^{cd} ±0,07	6,15 ^c ±0,08	8,53 ^b ±0,13	--
NT9	1,5% C	2,46 ^{abcd} ±0,04	5,74 ^b ±0,27	7,52 ^a ±0,09	9,44 ^b ±0,09
NT10	1,5% C+0,02% N	2,34 ^a ±0,06	5,51 ^{ab} ±0,09	7,56 ^a ±0,05	9,38 ^{ab} ±0,04
NT11	1,5% C+0,04% N	2,36 ^{ab} ±0,07	5,42 ^{ab} ±0,03	7,57 ^a ±0,05	9,30 ^{ab} ±0,10
NT12	1,5% C+0,06% N	2,38 ^{abc} ±0,07	5,37 ^a ±0,03	7,51 ^a ±0,07	9,32 ^{ab} ±0,14
NT13	2% C	2,31 ^a ±0,10	5,61 ^{ab} ±0,15	7,46 ^a ±0,05	9,20 ^{ab} ±0,16
NT14	2% C+0,02% N	2,24 ^a ±0,06	5,52 ^{ab} ±0,05	7,52 ^a ±0,18	9,16 ^{ab} ±0,23
NT15	2% C+0,04% N	2,23 ^a 0,07	5,47 ^{ab} ±0,09	7,39 ^a ±0,08	9,11 ^{ab} ± 0,08
NT16	2% C+0,06% N	2,21 ^a ±0,03	5,34 ^a ±0,05	7,44 ^a ±0,13	9,05 ^a ± 0,16
P		*	*	*	*

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa, ns: Khác biệt không có ý nghĩa ($P < 0,05$), --: Dùng thí nghiệm

Tỉ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên ở tất cả nghiệm thức tăng dần theo thời gian bảo quản (Bảng 3). Đối với quả ổi ở các nghiệm thức có xử lí bao màng chitosan và nano thì tốc độ hao hụt khối lượng thấp hơn so với nghiệm thức ĐC không bao màng. Nồng độ chitosan sử dụng trong thí nghiệm càng cao thì tỉ lệ hao hụt khối lượng càng thấp và ngược lại. Cụ thể sau 12 ngày bảo quản tỉ lệ hao hụt khối lượng của mẫu ổi ở NT16 là thấp nhất và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với NT10 đến NT15, các nghiệm thức khác dừng theo dõi do tỉ lệ hao hụt khối lượng của quả ổi $> 10\%$.

Hỗn hợp chitosan – nano SiO₂ tạo ra cấu trúc phân tử mới không chỉ chứa nhóm hữu cơ mà còn chứa các hạt nano SiO₂ vô cơ. Các hạt nano SiO₂ vô cơ được phân tán trong các ma trận chitosan, hình thành mạng lưới chứa cấu trúc hữu cơ – vô cơ, giúp cải thiện tính chất tạo màng và bán thấm cho chitosan. SiO₂ được chứng minh là có khả năng cải thiện đặc tính của chitosan trong bảo quản thực phẩm (Yu et al., 2012).

Bảng 4. Ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO₂ và Chitosan (M_w 44,5 kDa) đến độ biến đổi màu sắc (ΔE) của vỏ quả ổi theo thời gian bảo quản ở $15 \pm 1^\circ C$, $80 \pm 5\% RH$

Nghiệm thức		3 ngày	6 ngày	9 ngày	12 ngày
ĐC	Đối chứng	14,60 ^e ±2,03	23,65 ^f ±2,44	--	--
NT1	0,5% C	10,02 ^d ±0,98	18,09 ^e ±2,95	24,39 ^c ±1,76	--
NT2	0,5% C+0,02%	8,11 ^{bcd} ±0,26	18,11 ^e ±2,95	24,49 ^c ±1,00	--
NT3	0,5% C 0,04% N	9,34 ^d ±0,44	17,18 ^{de} ±2,27	23,02 ^c ±1,30	--
NT4	0,5% C+0,06% N	8,33 ^{cd} ±0,98	15,48 ^{cde} ±0,82	23,66 ^c ±1,28	--
NT5	1% C	8,23 ^{cd} ±1,44	14,29 ^{bcd} ±1,13	21,81 ^c ±0,41	--
NT6	1% C+0,02% N	6,42 ^{abcd} ±0,67	13,03 ^{abcde} ±0,75	21,54 ^{bc} ±1,62	--
NT7	1% C+0,04% N	5,93 ^{abcd} ±0,98	12,87 ^{abcde} ±2,36	20,85 ^{bc} ±0,77	--
NT8	1% C+0,06% N	4,53 ^{abc} ±0,16	11,89 ^{abcd} ±2,50	20,57 ^{bc} ±0,96	--
NT9	1,5% C	6,40 ^{abcd} ±0,70	11,19 ^{abc} ±1,47	17,56 ^{ab} ±2,23	25,04±1,00
NT10	1,5% C+0,02%	3,76 ^a ±1,78	10,81 ^{abc} ±1,68	16,21 ^a ±1,28	23,70±0,81
NT11	1,5% C+0,04%	4,74 ^{abc} ±2,69	9,42 ^{ab} ±0,62	16,20 ^a ±1,36	22,50±0,40
NT12	1,5% C+0,06%	4,76 ^{abc} ±1,14	8,13 ^a ±1,29	14,78 ^a ±0,37	21,46±2,73
NT13	2% C	3,64 ^a ±0,61	9,17 ^{ab} ±2,26	14,84 ^a ±1,95	22,62±1,75
NT14	2% C+0,02% N	4,96 ^{abc} ±2,84	8,23 ^a ±1,52	14,28 ^a ±2,17	22,21±2,49
NT15	2% C+0,04% N	3,88 ^{ab} ±1,07	8,74 ^a ±1,81	14,73 ^a ±1,08	19,70±2,76
NT16	2% C+0,06% N	4,14 ^{abc} ±1,23	8,07 ^a ±1,86	13,56 ^a ±0,81	20,21±2,60
P		*	*	*	ns

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa, ns: Khác biệt không có ý nghĩa ($P < 0,05$), --: Dừng thí nghiệm

Trong cùng một thời điểm sau thu hoạch thì độ biến đổi màu sắc (ΔE) của nghiệm thức đối chứng là lớn nhất và cao hơn đáng kể so với mẫu quả ổi ở các nghiệm thức được xử lí với chitosan và nano SiO₂ (Bảng 4). Nồng độ chitosan và nano SiO₂ càng cao thì độ biến đổi màu sắc (ΔE) càng nhỏ và ngược lại. Cụ thể, sau 6 ngày bảo quản độ biến đổi màu sắc (ΔE) của vỏ quả ổi ở nghiệm thức ĐC là cao nhất và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với các nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với NT6 đến NT15. Sau 12

ngày bảo quản độ biến đổi màu sắc (ΔE) ở NT15 thấp nhất, tuy nhiên kết quả này khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức từ NT9 đến NT14, NT16.

Ôi thuộc nhóm quả có hô hấp đột biến với đặc tính là tăng tốc độ hô hấp trong suốt quá trình chín đồng thời với sự sản sinh ethylene đã cho thấy các thay đổi chủ yếu về sinh lí trong quá trình sau thu hoạch, biểu hiện là sự thay đổi rõ ràng về màu sắc và sự thay đổi về sắc tố là một trong những dấu hiệu để phân biệt quả ở các giai đoạn chín khác nhau. Độ biến đổi màu sắc của vỏ quả ôi tăng nhanh trong giai đoạn đầu do quả đang trong giai đoạn hô hấp đột phát, quá trình chín xảy ra nhanh. Trong quá trình chín của quả ôi hàm lượng chlorophyllase giảm dần do hoạt động của các enzyme như chlorophyll oxidase và peroxidase, còn hàm lượng carotenoid tăng dần do vậy quả càng chín, vỏ càng vàng, màu xanh càng giảm (Jain et al., 2003).

Bảng 5. Ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO₂ và Chitosan (M_w 44,5 kDa) lên hàm lượng vitamin C (mg/kg) của quả ôi theo thời gian bảo quản ở 15 ± 1°C, 80 ± 5% RH

Nghiệm thức		3 ngày	6 ngày	9 ngày	12 ngày
Nguyên liệu		408,22±18,49			
ĐC	Đối chứng	789,71 ^f ±33,4	1092,79 ^e ±31,48	--	--
NT1	0,5% C	683,01 ^e ±23,9	913,77 ^d ±42,43	1205,00 ^g ±28,4	--
NT2	0,5% C+0,02%	661,02 ^{de} ±40,4	901,70 ^d ±45,98	1181,90 ^g ±22,5	--
NT3	0,5% C 0,04%	642,77 ^{de} ±26,0	885,32 ^d ±17,94	1148,56 ^g ±39,2	--
NT4	0,5% C+0,06%	645,95 ^{de} ±17,7	848,87 ^{cd} ±20,52	1146,64 ^{fg} ±22,9	--
NT5	1% C	648,53 ^{de} ±30,8	854,22 ^{cd} ±35,75	1068,85 ^{ef} ±39,5	--
NT6	1% C+0,02% N	656,99 ^{de} ±30,8	834,24 ^{bcd} ±33,39	1046,06 ^{de} ±35,6	--
NT7	1% C+0,04% N	649,16 ^{de} ±28,0	844,19 ^{cd} ±23,55	1039,21 ^{cde} ±31,	--
NT8	1% C+0,06% N	648,55 ^{de} ±30,2	833,11 ^{bcd} ±17,15	1027,89 ^{bcd} ±32,	--
NT9	1,5% C	623,70 ^{cde} ±28,	781,79 ^{bc} ±34,90	973,28 ^{abcd} ±19,2	1268,23 ^b ±22,0
NT1	1,5% C+0,02%	600,97 ^{bcd} ±13,	749,28 ^{ab} ±39,51	965,26 ^{abc} ±24,5	1250,78 ^b ±25,8
NT1	1,5% C+0,04%	578,78 ^{abcd} ±36	742,73 ^{ab} ±22,18	941,41 ^a ±4,74	1256,99 ^b ±26,3
NT1	1,5% C+0,06%	539,23 ^{abc} ±23,	740,68 ^{ab} ±33,82	950,17 ^{ab} ±15,69	1247,66 ^b ±27,0
NT1	2% C	541,10 ^{abc} ±29,	733,31 ^a ±28,98	929,11 ^a ±15,83	1221,73 ^{ab} ±30,3
NT1	2% C+0,02% N	507,81 ^a ±23,0	719,84 ^a ±31,07	917,69 ^a ±14,15	1107,21 ^a ±84,5
NT1	2% C+0,04% N	518,27 ^{ab} ±12,4	713,60 ^a ±28,82	918,96 ^a ±33,00	1137,39 ^a ±78,1
NT1	2% C+0,06% N	511,76 ^a ±33,5	725,74 ^a ±18,64	903,09 ^a ±10,79	1142,49 ^a ±43,1
<i>P</i>		*	*	*	*

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$), --: Dừng thí nghiệm

Hàm lượng vitamin C tăng dần ở tất cả các nghiệm thức khi thời gian bảo quản tăng. Trong đó mẫu ôi ở nghiệm thức đối chứng có tốc độ tăng hàm lượng vitamin C là cao nhất và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê so với mẫu ôi ở các nghiệm thức được xử lí bao màng nano SiO₂ và chitosan. Nồng độ chitosan và nano SiO₂ càng cao thì tốc độ tăng của hàm

lượng vitamin C càng chậm và ngược lại. Cụ thể, sau 6 ngày bảo quản, mẫu ôi ở nghiệm thức ĐC có hàm lượng vitamin C cao nhất và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê với mẫu quả ôi ở các nghiệm thức xử lí bao màng. NT15 có tốc độ tăng hàm lượng Vitamin C là chậm nhất và thấp nhất và khác biệt không có ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức từ NT10 đến NT14, NT16. Sau 12 ngày bảo quản, hàm lượng vitamin C của mẫu ôi ở NT14 là thấp nhất và khác biệt không có ý nghĩa thống kê với NT13, NT15, NT16.

Hàm lượng vitamin C của ôi tăng dần trong quá trình bảo quản và tăng đột biến ở giai đoạn chín (những ngày cuối của quá trình bảo quản) đạt giá trị cao nhất là 1300 mg/kg. Lim và cộng sự (2006) đã chỉ ra rằng hàm lượng vitamin C của quả ôi tăng dần trong quá trình bảo quản, đạt giá trị thấp nhất ở độ chín 1 (quả xanh già) và 2 (quả bắt đầu chuyển màu) và có sự tăng đột biến và đạt giá trị lớn nhất ở giai đoạn 3 (quả chín) và sau đó giảm ở giai đoạn chín mềm, trong nghiên cứu của chúng tôi chỉ dừng lại ở giai đoạn quả chín, khi tỉ lệ hao hụt khối lượng >10%, nên kết quả về hàm lượng vitamin C tăng dần trong quá trình bảo quản.

Bảng 6. Ảnh hưởng của hỗn hợp nano SiO₂ và Chitosan (M_w 44,5 kDa)

lên tổng chất rắn hòa tan (°Bx) của quả ôi theo thời gian bảo quản ở 15 ± 1°C, 80 ± 5% RH

Nghiệm thức		3 ngày	6 ngày	9 ngày	12 ngày
Nguyên liệu		7,95±0,44			
ĐC	Đối chứng	9,38 ^b ±0,13	10,93 ^f ±0,30	--	--
NT1	0,5% C	8,82 ^{ab} ±0,40	10,36 ^{ef} ±0,26	11,47 ^f ±0,20	--
NT2	0,5%	8,74 ^{ab} ±0,43	10,21 ^{bcde} ±0,13	11,46 ^f ±0,04	--
NT3	0,5% C	8,70 ^{ab} ±0,29	10,32 ^{def} ±0,24	11,31 ^{ef} ±0,13	--
NT4	0,5% C+0,06	8,69 ^{ab} ±0,39	10,10 ^{bcde} ±0,37	10,97 ^{def} ±0,13	--
NT5	1% C	8,79 ^{ab} ±0,26	9,72 ^{abcde} ±0,25	10,83 ^{bcdef} ±0,26	--
NT6	1% C+0,02%	8,70 ^{ab} ±0,21	9,70 ^{abcde} ±0,10	10,89 ^{def} ±0,36	--
NT7	1% C+0,04%	8,71 ^{ab} ±0,38	9,60 ^{abcd} ±0,21	10,83 ^{cdef} ±0,14	--
NT8	1% C+0,06%	8,70 ^{ab} ±0,26	9,54 ^{abc} ±0,08	10,85 ^{cdef} ±0,36	--
NT9	1,5% C	8,64 ^{ab} ±0,21	9,45 ^{ab} ±0,24	10,39 ^{abcd} ±0,57	11,49±0,20
NT1	1,5%	8,53 ^a ±0,16	9,52 ^{abc} ±0,30	10,53 ^{abcde} ±0,17	11,42±0,43
NT1	1,5%	8,55 ^a ±0,19	9,44 ^{ab} ±0,27	11,58 ^{abcde} ±0,14	11,15±0,18
NT1	1,5%	8,54 ^a ±0,14	9,43 ^{ab} ±0,22	10,27 ^{abcd} ±0,16	11,12±0,36
NT1	2% C	8,57 ^{ab} ±0,18	9,36 ^a ±0,20	10,15 ^{abcd} ±0,42	11,20±0,36
NT1	2% C+0,02%	8,43 ^a ±0,10	9,35 ^a ±0,20	9,99 ^{abc} ±0,33	11,05±0,25
NT1	2% C+0,04%	8,46 ^a ±0,31	9,38 ^{ab} ±0,35	9,96 ^a ±0,34	10,99±0,22
NT1	2% C+0,06%	8,36 ^a ±0,20	9,38 ^{ab} ±0,14	9,98 ^{ab} ±0,35	10,91±0,35
<i>P</i>		*	*	*	ns

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa, ns: Khác biệt không có ý nghĩa ($P < 0,05$) --: Dừng thí nghiệm

Mẫu ôi ở nghiệm thức đối chứng khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) với các mẫu ôi được xử lí bao màng chitosan và nano SiO₂ (Bảng 6). Nồng độ chitosan và nano SiO₂ càng tăng thì tốc độ tăng hàm lượng chất rắn hòa tan càng giảm và ngược lại. Trong suốt thời gian tồn trữ quả ôi có sự thủy phân tinh bột thành đường dưới tác dụng của các enzyme α , β amylase làm cho lượng đường tổng số tăng nên nồng độ chất rắn hòa tan cũng

tăng theo. Hàm lượng chất rắn hòa tan của quả ổi có giá trị từ $7,95 \pm 0,44^{\circ}\text{Bx}$ (nguyên liệu đầu vào khi quả trưởng thành) đến $11,58 \pm 0,14^{\circ}\text{Bx}$ (khi quả chín).

Sử dụng hỗn hợp chứa 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ để bảo quản quả ổi Đài Loan cho độ biến đổi màu sắc vỏ quả, hao hụt khối lượng, hàm lượng vitamin C, tổng chất rắn hòa tan giảm chậm nhất, tỉ lệ hư hỏng thấp, thời gian bảo quản khoảng 12 ngày, gần gấp đôi so với không xử lí bao màng khi tồn trữ ở $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $80 \pm 5\% \text{RH}$.



Mẫu ổi NT14 sau 3 ngày bảo quản



Mẫu ổi NT14 sau 9 ngày bảo quản



Mẫu ổi ĐC sau 3 ngày bảo quản



Mẫu ổi ĐC sau 9 ngày bảo quản

Hình 2. Mẫu ổi theo thời gian bảo quản

Bảng 7. Hàm lượng silic tổng số


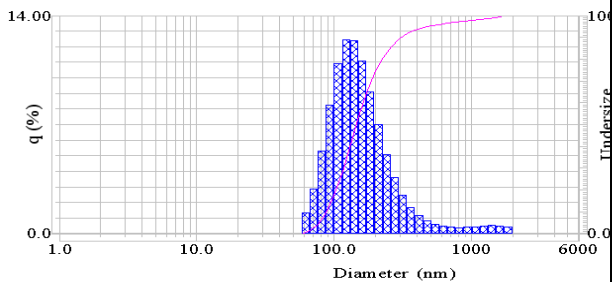


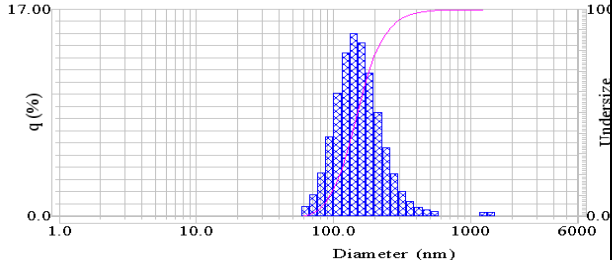


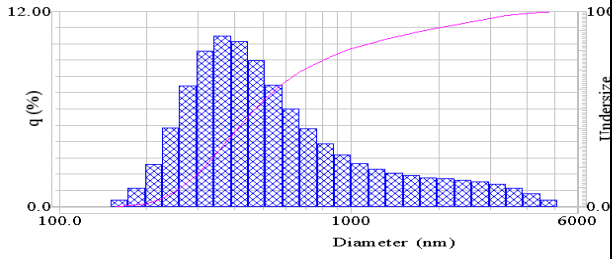

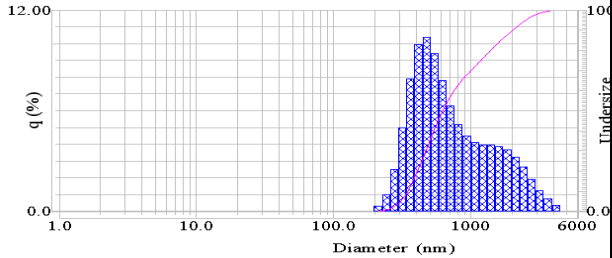

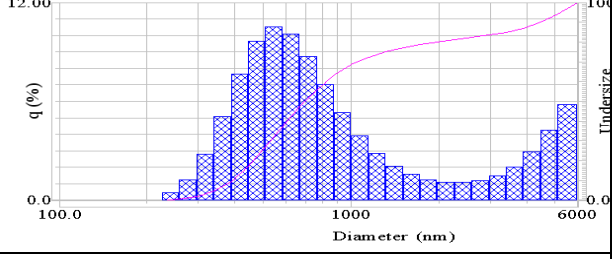

Nghiệm thức	Hàm lượng Silic tổng số (mg/kg)
Đối chứng	66,13±5,56
2% chitosan + 0,02% nano SiO ₂	64,77±3,93
P	ns

Hàm lượng Silic tổng số của mẫu đối chứng và mẫu xử lí bao màng 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ khác biệt không có ý nghĩa thống kê (Bảng 7) điều này chứng tỏ việc xử lí ổi bằng nano SiO₂ không có ảnh hưởng đến chất lượng của quả ổi, không gây dư lượng Silic lên ổi sau khi xử lí.

3.3. Đánh giá chất lượng hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan khối lượng phân tử lượng thấp theo thời gian bảo quản

Chất lượng hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan khối lượng phân tử lượng thấp theo thời gian bảo quản được thể hiện ở Bảng 8.

Bảng 8. Kích thước hạt của hỗn hợp 2% chitosan+0,02% nano SiO₂ theo thời gian bảo quản

TGBQ (ngày)	Kích thước hạt (nm)	
0	148,13 ^a ±3,12	 
		
15	185,32 ^a ±16,08	 
		
30	468,30 ^b ±33,40	 
		
45	608,10 ^b ±95,40	
		
60	807,20 ^c ±90,80	
		
P		*

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê, * khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$)

Theo kết quả trình bày ở Bảng 8, kích thước hạt của hỗn hợp tăng dần theo thời gian bảo quản và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). Nguyên nhân hỗn hợp 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ có sự tăng kích thước hạt theo thời gian bảo quản là do nano SiO₂ được pha trong NaOH 10% tạo thành dung dịch huyền phù, sau thời gian bảo quản các hạt nano SiO₂ kết tụ với nhau tạo thành các hạt nano SiO₂ có kích thước cao hơn và có thể liên kết NaOH làm tăng kích thước hạt của hỗn hợp.

Bảng 9. Hoạt tính kháng vi khuẩn gây hư hỏng ổi sau thu hoạch của hỗn hợp 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ trong điều kiện in vitro theo thời gian bảo quản

TGBQ (ngày)	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)			
	ĐC	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>Azoto sp.</i>
0	0	11,39 ^a ±1,06	9,71 ^a ±0,51	13,78 ^a ±0,56
15	0	10,66 ^a ±0,56	9,02 ^a ±1,35	13,46 ^a ±0,98
30	0	11,20 ^a ±1,07	7,86 ^{ab} ±0,71	9,93 ^b ±0,38
45	0	9,59 ^{ab} ±0,80	5,89 ^b ±0,41	8,66 ^b ±0,55
60	0	7,91 ^b ±0,34	2,97 ^c ±0,34	5,20 ^c ±0,75
P		*	*	*

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê. * khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$)

Bảng 10. Hoạt tính kháng nấm gây hư hỏng ổi sau thu hoạch của hỗn hợp 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ trong điều kiện in vitro theo thời gian bảo quản

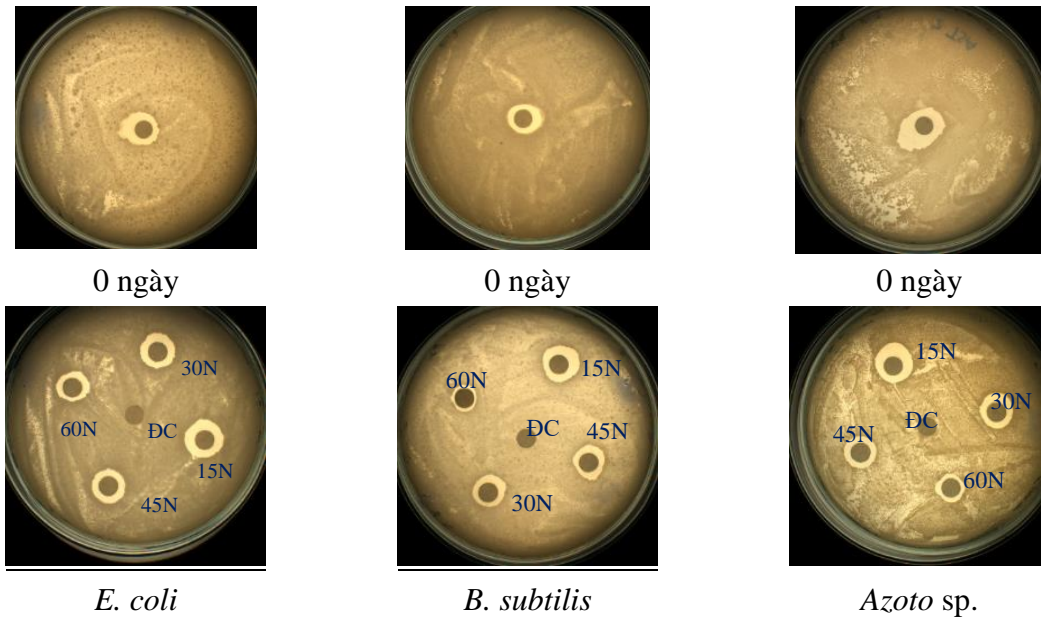
TGBQ (ngày)	Đường kính vòng kháng nấm (mm)				
	ĐC	<i>Chrysosporium tropicum</i>	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	<i>Aspergillus wentii</i>	<i>Colletotrichum acutatum</i>
0	0	15,23±0,52	17,34±0,75	14,31±0,74	9,81±0,39
15	0	15,09±0,35	16,72±0,72	14,09±0,74	9,51±0,64
30	0	14,98±1,66	16,06±1,51	14,10±0,80	9,29±0,68
45	0	15,17±0,55	16,55±0,42	14,78±0,38	9,26±0,61
60	0	15,59±0,93	15,80±0,85	14,16±0,56	9,13±0,82
P		ns	ns	ns	ns

Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các trị số có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê, ns: Khác biệt không có ý nghĩa ($P < 0,05$)

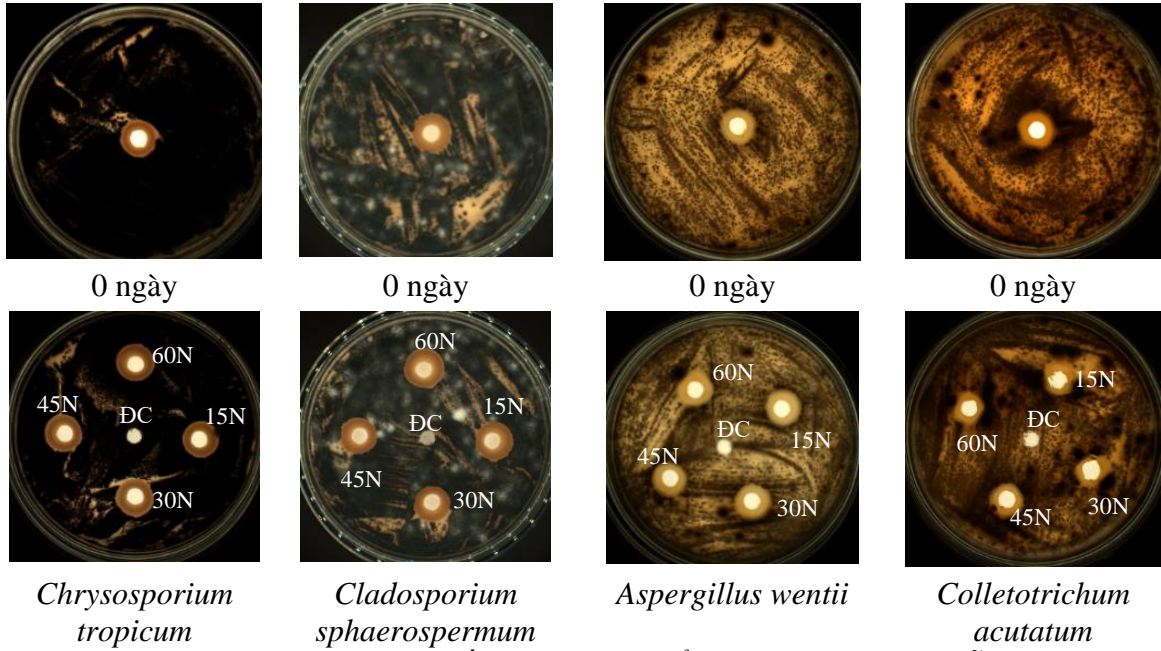
Hỗn hợp chitosan và nano SiO₂ sau 0, 15, 30, 45, 60 ngày bảo quản đều có khả năng kháng 3 chủng vi khuẩn kiểm định được thể hiện ở Bảng 9 và Hình 4; tuy nhiên, khả năng kháng giảm dần theo thời gian bảo quản. Nguyên nhân của sự giảm khả năng kháng đối với các chủng vi khuẩn kiểm định có thể là do hỗn hợp chitosan và nano SiO₂ bị lắng cặn theo thời gian bảo quản và sự lắng cặn tăng theo thời gian làm ảnh hưởng đến khả năng kháng vi khuẩn của hỗn hợp.

Khả năng kháng nấm của hỗn hợp đối với 4 chủng nấm kiểm định có đường kính vòng kháng nấm khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) theo thời gian bảo quản

được thể hiện ở Bảng 10 và Hình 5, có thể do chitosan có khả năng kháng nấm rất tốt nên sự lắng cặn của hỗn hợp không có ảnh hưởng nhiều đến hoạt tính kháng nấm của chitosan.



Hình 4. Hoạt tính kháng vi khuẩn gây hư hỏng ổi sau thu hoạch của hỗn hợp 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ trong điều kiện in vitro theo thời gian bảo quản



Hình 5. Hoạt tính kháng nấm gây hư hỏng ổi sau thu hoạch của hỗn hợp 2% chitosan + 0,02% nano SiO₂ trong điều kiện in vitro theo thời gian bảo quản

4. Kết luận

Hỗn hợp nano SiO₂ và chitosan Mw = 44,5 kDa có khả năng kháng tốt các chủng vi sinh vật kiểm định. Giống ổi Đài Loan sau thu hoạch được xử lí bao màng bằng hỗn hợp chứa 2% chitosan (M_w 44,5 kDa) và 0,02% nano SiO₂ có tốc độ biến đổi màu sắc vỏ quả, độ cứng, hàm lượng vitamin C, tỉ lệ hư hỏng, tổng chất rắn hòa tan, tỉ lệ hao hụt khối lượng giảm chậm nhất, chất lượng cảm quan tốt, thời gian bảo quản khoảng 12 ngày khi bảo quản ở 15 ± 1°C, 80 ± 5% RH gần gấp đôi so với nghiệm thức ĐC không xử lí bao màng.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dhanasingh, M., & Hiriyannaiah (2011). Preparation, characterization and antimicrobial studies of chitosan/silica hybrid polymer. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 1, 48-56.
- Duan Jianglian, & Zhang Shaoying (2013). Application of chitosan based coating in fruit and vegetable preservation: A review. *Journal of food processing & technology*, ISSN: 2157-7110.
- El - Hawary, S. S., El - Tantawy, M. E., Rabeh, M. A., & Badr, W. K. (2013). Chemical composition and biological activities of essential oils of *Azadirachta indica* A. Juss. *International Journal of Applide Research in Natural Products*, 6(4), 33-42.
- George (2005). *Bergey's manual of systematic bacteriology*. In: Don, J.B., Noel, R.K. and James, T.S. (eds.). United States.
- Ha, V. C., & Tran, T. D. (2016). Xác định loại nấm mốc và vi khuẩn gây bệnh sau thu hoạch trên vải và phương pháp phòng trừ [Determination of the mold and bacteria strains in postharvest's lychee fruits and diseased prevention]. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 14(4), 635-644.
- Jain, N., Dhawan, K., Malhotra, S., & Singh, R. (2003). Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 309-315.
- Keqian Hong, Jianghui Xie, Lubin Zhang, Dequan Sun, & Deqiang Gong (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 144, 172-178
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., & Tee, J. J. (2006). Antioxidant properties of guava fruit: Comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal*, 3, 9-20.
- Rama Krishna, & Sudhakar Rao (2014). Effect of chitosan coating on the Physiochemical characteristics of Guava (*Psidium guajava* L.) fruits during storage at room temperature, *India Journal of Science and Technology*, 7(5), 554-558.
- Schillinger, U., & Lucke, F. K. (1989). Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Applied and Environmental Microbiology*, 55, 1901-1906.

- Tong, S., Chao, L. W., Han, H., Yue, D., & Jian, R. L. (2016). Preparation and preservation properties of the chitosan coatings modified with the in situ synthesized nano SiO_x. *Food hydrocolloids*, 54, 130-138.
- Yin, H., Xiaping, Z., & Yuguang, D. (2010). Oligochitosan: A plant diseases vaccine A review. *Carbohydrate Polymers*, 82, 1-8.
- Yu, Y. W., Zhang, S.Y., Ren, Y. Z., Li, H., Zhang, X. N., & Di, J. H. (2012). Jujube preservation using chitosan film with nano-silicon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 113, 408-414.
- Ying - Chien, C., Ping, S. P., & Chang, C. C. (2004). Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristic of cell wall. *Acta Pharmacol Sin*, 25(7), 932-936.

**THE EFFECTS OF LOW MOLECULAR WEIGHT CHITOSAN
AND NANO SiO₂ ON THE QUALITY
OF POST-HARVEST GUAVA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.)**

Pham Thi Ha Van^{*}, Le Si Ngoc, Nguyen Van Luong

The research and development for high-tech agricultural, Ho Chi Minh City, Vietnam

**Corresponding author: Pham Thi Ha Van – Email: havanvt89@gmail.com*

Received: August 12, 2020; Revised: September 18, 2020; Accepted: December 25, 2020

ABSTRACT

*Guava (*Psidium guajava* L.) is a climacteric fruit that continues to ripen after harvest. Therefore, it is becoming soft-textured and color changing. It is also has a short period of availability. In this study, we evaluated the antimicrobial activity of the complex of low molecular weight chitosan and nano SiO₂ against microbials isolated from spoiled guava in post-harvest period. Taiwan-origin guavas were treated with a mixture of 2% chitosan (M_w 44.5 kDa) and 0.02% nano SiO₂ at 15 ± 1°C, 80 ± 5% RH. The results show that they had slow changes in the color, hardness, vitamin C content, deterioration rate, total dissolved solids, weight loss rate, and lasted twice as long (12 days) as those on the control ones (six days).*

Keywords: Chitosan; Guava; nano SiO₂; preservation