

Wpływ naświetlania promieniami UV-C strąków fasoli szparagowej odmiany *Unidor* na wydłużenie okresu jej przydatności do spożycia

Streszczenie: Celem badań było określenie optymalnego sposobu pozbiorczego traktowania strąków fasoli szparagowej mogącego przyczynić się do ograniczenia strat, a tym samym przedłużenia okresu ich przechowywania w temperaturze pokojowej. Badano wpływ następujących czynników – konfekcjonowanie pozbiorcze strąków: strąki pakowane w worki Xtend® lub przechowywane luzem w skrzynkach; sposób naświetlania UV-C: naświetlanie przez 120 lub 600s z lampami umieszczonymi w odległości 20, 40 lub 60 cm od powierzchni próby. Obserwacje i pomiary strąków wykonano po 7 dniach przechowywania w temperaturze 20-22°C. Uzyskane rezultaty porównano z obiektem kontrolnym, który stanowiły strąki bez naświetlania. Przechowywanie strąków fasoli w workach Xtend® bez naświetlania przyczyniło się do bardzo dużych strat (ponad 64%) spowodowanych ich gniciem. Niezależnie od sposobu przechowywania fasoli najmniejsze jej straty zaobserwowano po poddaniu ich naświetlaniu UV-C przez 120 s w każdej testowanej odległości oraz przez 600 s, kiedy lampy zawieszono na wysokości 40 cm od próby. Największą masę strąków nadających się do spożycia po przechowywaniu luzem stwierdzono po ich naświetleniu promieniami UV-C przez 600 s z odległości 40 cm, a po przechowywaniu w workach Xtend® po naświetlaniu przez 120 s i umieszczeniu lamp na wysokości 60 cm.

Wstęp

Naświetlanie UV-C to metoda eliminowania wirusów, bakterii i grzybów często stosowana w dezynfekcji materiałów wrażliwych na działanie wysokich temperatur lub materiałów, które nie mogą być traktowane substancjami chemicznymi [Kashiwabuchi i in. 2012]. Wysoki stopień sterylizacji materiału roślinnego można osiągnąć przez napromieniowanie UV-C o długości fali od 100 do 280 nm [Tomaszewska-Sowa i in. 2015]. Promieniowanie UV-C może zwiększyć odporność zebranych owoców i warzyw na gniciu, opóźnić proces ich pozbiorczego dojrzewania oraz wydłużyć okres ich przechowywania [Wang i in. 2009, Escalona i in. 2010, Darvishi i in. 2012]. Inną metodą pozwalającą wydłużyć okres przechowywania owoców i warzyw jest zastosowanie opakowań, które modyfikują wokół nich mikroatmosferę. Opakowania takie hamują rozwój mikroorganizmów powodujących psucie się zapakowanego produktu, opóźniają

procesy związane z dojrzewaniem pozbiorczym, ograniczają straty wody i związane tym zmiany tekstury przejawiające się kurczeniem i wędnięciem [Irtwange 2006, Abadiasin 2012].

Celem przeprowadzonego eksperymentu było określenie optymalnego sposobu pozbiorczego traktowania strąków fasoli szparagowej, mogącego przyczynić się do przedłużenia ich trwałości między zbiorem, a zużyciem przez konsumenta. W tym celu analizowano wpływ sposobu naświetlania promieniowaniem UV-C oraz ich przechowywania w workach Xtend® w temperaturze pokojowej.

Materiał i metody

Eksperyment przeprowadzono na strąkach fasoli szparagowej odmiany Unidor zebranych 3 sierpnia 2018 r. z uprawy towarowej. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych (Laboratorium Badań Strukturalnych i Analiz Przyrodniczych w Siedlcach), w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Analizowano wpływ następujących czynników fizycznych:

A. konfekcjonowanie pozbiorcze strąków: A1. pakowanie w worki Xtend®; A2. przechowywanie bez worków – strąki umieszczone luzem w skrzynkach,

B. sposób naświetlania: B1. bez naświetlania UV-C; B2. naświetlanie UV-C przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 20 cm od powierzchni próby; B3. naświetlanie UV-C przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 40 cm od powierzchni próby; B4. naświetlanie UV-C przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 60 cm od powierzchni próby; B5. naświetlanie UV-C przez 600 s lampami umieszczonymi w odległości 20 cm od powierzchni próby; B6. naświetlanie UV-C przez 600 s lampami umieszczonymi w odległości 40 cm od powierzchni próby; B7. naświetlanie UV-C przez 600 s lampami umieszczonymi w odległości 60 cm od powierzchni próby.

Każda próba ważyła średnio 134 g i liczyła 42 młode, w pełni wyrośnięte, nieuszkodzone mechanicznie strąki. Połowę prób umieszczono w workach Xtend®, pozostałe w otwartych płaskich pojemnikach polietylenowych imitujących warunki przechowywania w skrzynkach. Próby poddano naświetlaniu przez 120 s (2 cykle po 60 s) lub 600 s (2 cykle po 300 s) umieszczając je odpowiednio w odległości 20, 40 lub 60 cm od lamp. Po trzy próby w workach i bez worków pozostawiono bez naświetlania. Po pierwszym cyklu naświetlania strąki zostały przemieszane w celu zwiększenia powierzchni, na którą oddziaływało promieniowanie ultrafioletowe. Po naświetlaniu strąki w workach i w pojemnikach przechowywano w warunkach pokojowych (temperatura 20-22°C, wilgotność względna powietrza 60-70%).

Do naświetlania zastosowano 2 lampy (TUV 36W/G36 T8 Philips Eindhoven, The Netherlands) o długości fali 256 nm. Umieszczono je w obudowie

z odbłyśnikiem ze stali nierdzewnej. Worki Xtend® produkowane są przez StePac L.A. Ltd. z siedzibą w Tefen w Izraelu. Jak podaje producent worki modyfikują mikroatmosferę wokół zapakowanych w nie owoców i warzyw, przyczyniając się do obniżenia zawartości tlenu, wzrostu zawartości CO₂, zwiększenia wilgotności oraz kontrolowania kondensacji pary wodnej. Modyfikowana atmosfera oraz wilgotność względna od 90 do 95%, uzyskiwana w następstwie oddychania produktów zamkniętych w workach Xtend®, minimalizuje odwodnienie oraz utratę wagi i zapewnia jędrność produktów. Równocześnie opakowania Xtend® uwalniają nadmiar wilgoci co pozwala zachować świeży, zdrowy wygląd produktu oraz zapobiega zaburzeniom fizjologicznym [<http://puch.com.pl>, Irtwange 2006].

Obserwacje i pomiary strąków wykonano po 7 dniach przechowywania. Określono masę i liczbę strąków dobrych (jędrnych, bez objawów gnicia), ubytek masy strąków oraz liczbę strąków z przebarwieniami spowodowanymi promieniowaniem UV-C. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy pomocy wieloczynnikowej analizy wariancji. Istotność różnicy średnich oceniano testem Tukey'a przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki badań

Próby początkowe użyte do badań w każdej kombinacji liczyły po 42 strąki fasoli szparagowej, a ich masa wynosiła średnio 134,6 g. Po 7 dniach przechowywania w temperaturze pokojowej masa strąków dobrych wyniosła średnio 79 g i stanowiła 58,7% masy początkowej. Liczba strąków dobrych wynosiła średnio 12,1 (tab. 1). Straty związane z przechowywaniem spowodowane były zarówno ubytkiem masy wynikającym z transpiracji, które wyniosły średnio około 3% oraz gniciem strąków 38,3%.

Przechowywanie fasoli nienaświetlanej w workach Xtend® przyczyniło się do bardzo dużych strat spowodowanych gniciem strąków (tab. 2). Straty z tego powodu wyniosły ponad 64%, natomiast ubytek masy wynikający z transpiracji był niewielki i nie przekroczył 1%. Przechowywanie nienaświetlanej fasoli bez worków przyczyniło się do większego ubytku spowodowanego parowaniem, natomiast mniejszych strat wynikających z gnicia strąków stanowiących 37,5% masy początkowej wziętej do badań próby.

W przypadku fasoli przechowywanej w workach Xtend® naświetlanie UV-C, bez względu na czas jego trwania oraz odległość lamp od powierzchni próby, przyczyniło się do uzyskania istotnie większej masy strąków nadających się do spożycia w porównaniu do stwierdzonej bez naświetlania (tab. 1). Najlepszy efekt w postaci największej masy strąków nadających się do spożycia uzyskano stosując łącznie przechowywanie w workach Xtend® oraz naświetlanie przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 60 cm od powierzchni strąków. Istotnie

mniejszą masę strąków nadających się do spożycia uzyskano przechowując je w workach Xtend® i stosując długie naświetlanie (600 s) z małej odległości (20 cm).

Tabela 1. Masa oraz liczba strąków dobrych po 7 dniach przechowywania

Parametry naświetlania		Masa strąków (g)			Liczba strąków		
		Sposób opakowania		Średnio	Sposób opakowania		Średnio
Czas	Odległość	Xtend®	bez worka		Xtend®	bez worka	
Bez naświetlania		47,0a*	79,0abc	63,0a	6,7 a	12,3	9,5a
120 s	20 cm	86,0bc	69,7ab	77,8b	12,7 b	11,0	11,8ab
	40 cm	90,3bc	87,0bc	88,7b	13,7 b	13,3	13,5b
	60 cm	94,7c	66,0a	80,3b	14,3 b	10,0	12,2ab
600 s	20 cm	74,3b	76,7abc	75,5ab	11,0 ab	12,0	11,5ab
	40 cm	88,7bc	91,7c	90,2b	13,3 b	14,7	14,0b
	60 cm	85,0bc	70,3ab	77,7ab	12,7 b	11,0	11,8ab
Średnio		80,9	77,2	79,0	12,1	12,0	12,1

Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ / [opracowanie własne].

Największą masę strąków fasoli szparagowej nadających się do spożycia po tygodniu przechowywania bez worków stwierdzono po naświetlaniu przez 600 s i umieszczeniu źródła promieniowania w odległości 40 cm od powierzchni strąków. Istotnie mniejszą masę strąków nadających się do spożycia stwierdzono w przypadku naświetlania przez 120 s i umieszczeniu lamp w odległości 20 i 60 cm, a także naświetlania przez 600 s i odległości lamp 60 cm. Niezależnie od naświetlania UV-C przechowywanie strąków fasoli w workach Xtend® lub bez worków nie miało istotnego wpływu na liczbę strąków nadających się do spożycia.

Tabela 2. Masa oraz liczba strąków zgniłych po 7 dniach przechowywania

Parametry naświetlania		Masa strąków (g)			Liczba strąków		
		Sposób opakowania		Średnio	Sposób opakowania		Średnio
Czas	Odległość	Xtend®	bez worka		Xtend®	bez worka	
Bez naświetlania		86,0c*	50,3ab	68,2 d	13,3	7,7	10,5
120s	20cm	48,3ab	58,7b	53,5 c	7,3	9,0	8,2
	40 cm	41,3ab	43,7ab	42,5 ab	6,3	6,7	6,5
	60 cm	37,0a	63,7b	50,3 bc	5,7	10,0	7,9
600s	20 cm	58,0b	51,3ab	54,7 c	9,0	8,0	8,5
	40 cm	43,7ab	36,0a	39,8 a	6,7	5,3	6,0
	60 cm	48,3ab	56,0ab	52,2 bc	7,3	9,0	8,2
Średnio		51,8	51,4	51,6	7,9	8,0	8,0

Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ [opracowanie własne].

Stwierdzono natomiast, że liczba strąków dobrych fasoli przechowywanej w workach i nienaświetlanych była istotnie mniejsza, niż w kombinacjach Xtend® z naświetlaniem UV-C (z wyjątkiem naświetlania 600 s w odległości 20 cm, w której było najwięcej strąków z przebarwieniami spowodowanymi UV-C). Po 7 dniach przechowywania w temperaturze pokojowej 38,3% strąków nie nadawało się do spożycia z powodu objawów gnicia (tab. 2).

Dla strąków przechowywanych w workach Xtend® promieniowanie UV-C, bez względu na zastosowane parametry naświetlania spowodowało statystycznie istotne obniżenie masy strąków z objawami gnicia. Najmniejszą masę gnijących strąków (37 g) stwierdzono po zastosowaniu naświetlania przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 60 cm. W wariancie przechowywania fasoli bez worków najmniejszą masę strąków gnijących stwierdzono po ich naświetlaniu UV-C przez 600 s z odległości 40 cm.

Tabela 3. Liczba strąków z przebarwieniami spowodowanymi UV-C po 7 dniach przechowywania

Parametry naświetlania		Sposób opakowania		Średnio
Czas	Odległość	Xtend®	bez worka	
Bez naświetlania		0,0a	0,0a	0,0 a
120s	20cm	8,7c	7,0b	7,8 b
	40 cm	0,0a	0,3a	0,2 a
	60 cm	0,0a	0,0a	0,0 a
600s	20 cm	16,0d	18,7e	17,3 c
	40 cm	15,7d	15,3d	15,5 c
	60 cm	5,3b	9,3c	7,3 b
Średnio		6,5 A	7,3 B	6,9

Wartości oznaczone różnymi małymi literami w kolumnach oraz wielkimi literami w wierszach różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ [opracowanie własne].

Naświetlanie UV-C determinowało powstawanie przebarwień na strąkach fasoli. Ich intensywność oraz liczba strąków przebarwionych wzrastały proporcjonalnie do wzrostu długości naświetlania oraz obniżania wysokości zawieszenia lamp. Istotnie największą liczbę strąków przebarwionych stwierdzono po ich naświetlaniu przez 600 s lampami zawieszonymi w odległości 20 i 40 cm (tab. 3).

Wnioski

1. Naświetlanie strąków fasoli szparagowej promieniami UV-C bezpośrednio po ich zbiorze przyczyniło się do ograniczenia ubytku masy, spowodowanego gniciem, oraz zwiększenia liczby strąków nadających się do spożycia po 7-dniowym okresie ich przechowywania w temperaturze pokojowej,

niezależnie od sposobu konfekcjonowania (pakowanie w worki Xtend® lub przechowywane luzem).

2. Największą masę strąków nadających się do spożycia uzyskano stosując łącznie przechowywanie w workach Xtend® oraz naświetlanie przez 120 s lampami umieszczonymi w odległości 60 cm od powierzchni strąków.
3. Najmniejsze straty strąków po tygodniu przechowywania luzem stwierdzono po uprzednim ich naświetlaniu UV-C przez 600 s lampami z odległości 40 cm.
4. Niezależnie od naświetlania UV-C przechowywanie strąków fasoli w workach Xtend® lub bez worków nie miało istotnego wpływu na liczbę i masę strąków nadających się do spożycia.
5. Naświetlanie UV-C determinowało powstawanie przebarwień na strąkach wraz ze wzrostem dawki promieniowania, jednak pakowanie fasoli w worki Xtend® przed naświetlaniem ograniczało ich ilość.

Literatura

- Abadias M., Alegre I., Oliveira M., Altisent R., Viñas I., 2012: *Growth potential of Escherichia coli O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions*. Food Control, 27(1): 37–44.
- Darvishi S., Fatemi A., Davari K., 2012: *Keeping quality of use of fresh 'Kurdistan' strawberry by UV-C radiation*. World Applied Sciences Journal, 17(7): 826–831.
- Escalona V.H., Aguayo E., Martinez-Hernandez G.B., Artes F., 2010: *UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach*. Post-harvest Biology and Technology, 56(3): 223–231.
- Irtwange S.V., 2006: *Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables*. Agricultural Engineering International, the CIGR Ejournal, 4(8): 1–13.
- Kashiwabuchi R.T., Khan Y., Carvalho F.R. de S., Hirai F., Campos M.S., McDonnell P.J., 2012: *Antimicrobial susceptibility of photodynamic therapy (UVA/riboflavin) against Staphylococcus aureus*. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, 75(6): 423–426.
- Tomaszewska-Sowa M., Figas A., Keutgen N., Keutgen A.J., 2015: *Establishing an efficient explant superficial sterilization protocol for in vitro micropropagation of bear's garlic (Allium ursinum L.)*. HerbaPolonica, 61(4): 66–77.
- Wang C.Y., Chen C.T., Wang S.Y., 2009: *Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C*. Food Chemistry, 117: 426–431.
- Influence of UV-C irradiation of string-bean pods Unidor cv. on extending its shelf-life*. <http://puch.com.pl/opakowania-xtend-dla-przemyslu/> [data dostępu: 6.05.2019].

Effects of UV-C irradiation of pods of beans variety Unidor on extending its shelf-life

Summary: The aim of the research was to determine the optimal method of post-harvest treatment of green bean pods, which may contribute to the reduction in losses, and thus extend their storage life at room temperature. The influence of the following factors was examined - post-harvest handling of pods: pods packed in Xtend® bags or stored in bulk in crates; UV-C irradiation method: exposure to UV-C for 120 or 600 s with lamps placed at a distance of 20, 40 or 60 cm from the surface of the sample. Pods were observed and measured after 7 days of storage at 20–22°C. The obtained results were compared with the control object – pods, which were not previously exposed to UV-C. Storing bean pods in Xtend® bags without irradiation contributed to very high losses (over 64%), due to pods rotting. Regardless of how the beans were stored, the smallest losses were observed after exposing them to UV-C for 120 s at each tested distance, and for 600 s when the lamps were hung at 40 cm over the sample. The largest mass of pods suitable for consumption after storage in bulk was found after exposure to UV-C for 600 s at a distance of 40 cm, and after storage in Xtend® bags after irradiation for 120 s and placing the lamps at the height of 60 cm.

Keywords: irradiation, UV-C radiation, period of consumption, beans