

Natalia IDASZEWSKA, Krzysztof BIĘCZAK

e-mail: idaszewska@op.pl

Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska

Wpływ drgań powstałych w trakcie transportowania na wybrane owoce

Wstęp

Owoce i warzywa stanowią tkankę żywą i w czasie zbioru zachodzą w niej różnorodne procesy biochemiczne, które w zależności od rodzaju produktu przyczyniają się do ich zepsucia. Do podstawowych procesów życiowych zachodzących w owocach i warzywach należą oddychanie, transpiracja czyli uwalnianie wody oraz dojrzewanie. Tempo tych przemian uzależnione jest od temperatury, wilgotności otoczenia oraz składu gazowego atmosfery. W efekcie tych procesów dochodzi do obniżenia jakości owoców i warzyw przez zmianę smaku, aromatu oraz ich wyglądu. Konsekwencją długotrwałego zachodzenia przemian życiowych jest zepsucie produktu [Marks, 2011]. Zmiany te dotyczą zarówno przechowywania jak i transportowania owoców i warzyw.

Przyjmuje się, że transportowanie żywności jest mobilną odmianą przechowywania, w związku z tym, na przemiany zachodzące w transportowanych produktach mają wpływ te same parametry, które oddziałują na produkt podczas jego przechowywania. W literaturze światowej jest niedobór informacji odnośnie wpływu drgań generowanych podczas transportu na transportowany produkt. Literaturowe dane dotyczą głównie strat ilościowych oszacowanych po procesie transportowania, a więc efektu końcowego.

Podczas transportowania dochodzi do minimalnych przemieszczeń produktów oraz ich wzajemnych oddziaływań mechanicznych na siebie wskutek drgań. Może to przyczyniać się do zmniejszania zawartości niektórych związków, zatem można domniemywać, że drgania poprzez przyspieszenie procesów życiowych doprowadzają do ich zepsucia.

W pracy dokonano porównania wyników badań przeprowadzonych przez innych autorów nad wpływem drgań na zawartość wybranych składników w owocach jak cukrów i kwasu askorbinowego, kwasowość oraz na zawartość jak również namnażanie się bakterii.

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły truskawki oraz gruszki, a badania wykonane były w warunkach rzeczywistych oraz modelowych.

Badania truskawek mające na celu przeanalizowanie wpływu drgań na rozwój mikroflory wykonywane były w warunkach modelowych. Przed rozpoczęciem doświadczeń truskawki zostały zanurzone w wodzie z odpowiednio przygotowaną hodowlą bakterii z rodzaju *Escherichia coli* oraz *Listeria monocytogenes*, następnie owoce zostały odłożone na 2 godziny w suche miejsce w celu odparowania wody z powierzchni. Następnie truskawki zostały zapakowane do sterylnej pojemnika i poddane drganiom. Do badań użyto trójwymiarowego symulatora drgań, który składał się z trzech pionowych przenośników i czterech poziomych (po dwa w płaszczyźnie X i Y). Ruch przenośników sterowany był przez komputer. Parametry pracy symulatora: przyspieszenie, częstotliwość, czas wynosiły odpowiednio: $9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, 7 Hz, 60 s. Truskawki znajdowały się w kartonie przymocowanym linami do symulatora. Po doświadczeniach z użyciem symulatora truskawki przechowywane były temperaturach 10°C oraz 25°C [Nakamura i in., 2007]. Częstotliwości drgań w innych badaniach modelowych wahały się pomiędzy 10 a 30 Hz [Liu i in., 1998].

Badania mające na celu przeanalizowanie wpływu drgań na jakość truskawek prowadzone były również w warunkach rzeczywistych. Przestrzeń ładunkowa z systemem chłodzącym wypełniona została skrzyniami z truskawkami, a transport odbywał się na dystansie 700 km. Trzy czujniki drgań zostały przymocowane do skrzyń z owocami. Pierwszy i trzeci czujnik został umieszczony na najwyższych położonych skrzyniach, pierwszy na środku, a kolejny w przedniej części palety. Drugi czuj-

nik został umieszczony na tylnej części palety znajdującej się na dnie naczepy. Częstotliwości drgań w warunkach rzeczywistych wahała się między 0 a 20 Hz [Kojima, 1999].

Wyniki i dyskusja

Podczas badań oceniano parametry związane ze zmianami jakości wybranych owoców: zawartość cukru (% *Brix*), zawartość kwasu askorbinowego (mg/100g) oraz kwasowość oznaczającą zawartość kwasu jabłkowego (%). Badanymi owocami były truskawki oraz gruszki. Oba owoce przechowywane były w stanie stacjonarnym oraz poddane były drganiom w różnych temperaturach [Nakamura i in., 2007; Kojima i in., 1999; Liu i in., 1998; Liu i Kojima, 1997].

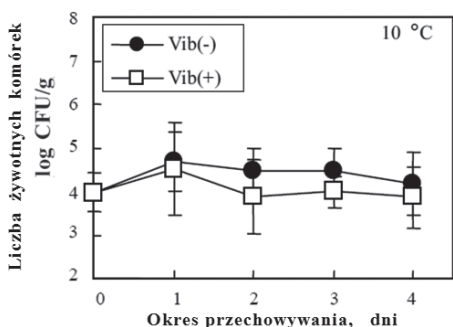
Wyniki **badania truskawek oraz gruszek** zebrano w tab. 1, gdzie określono zawartość cukrów w obu owocach, zawartość kwasu askorbinowego (tylko dla truskawek) oraz kwasowość (tylko dla gruszek). Porównano wyniki uzyskane zarówno dla truskawek jak i gruszek przechowywanych w stanie stacjonarnym, jak i poddane drganiom na symulatorze drgań w temperaturach 0°C oraz 10°C . W obu przypadkach wyniki zebrano po 3 dniach przechowywania.

Zawartość cukru w truskawkach przechowywanych w temperaturze 0°C wynosiła 9,65% *Brix* i wraz ze wzrostem temperatury wartość ta zmniejszyła się do 8,19% *Brix*. Zawartość cukrów była mniejsza w truskawkach poddanych drganiom w temperaturze 0°C i również zmniejszyła się wraz ze wzrostem temperatury. Podobnie zawartość cukrów zmniejszała się w przypadku gruszek. Po 3 dniach przechowywania w temperaturze 0°C wynosiła ona 12,10% *Brix* oraz 12,04 % *Brix* dla gruszek przechowywanych w temperaturze 10°C . Wartość ta z kolei była większa dla truskawek przechowywanych w temperaturze 10°C .

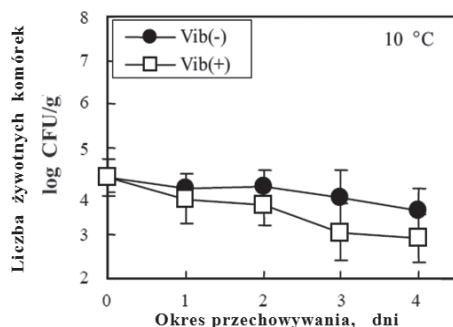
Badano również zawartość kwasu askorbinowego w truskawkach przechowywanych oraz poddanych drganiom w obu temperaturach. Zawartość kwasu askorbinowego była niższa w truskawkach przechowywanych w temperaturze 0°C niż w przechowywanych w temperaturze 10°C . Truskawki przechowywane w temperaturze 0°C i poddane drganiom zawierały mniej kwasu askorbinowego niż truskawki nie poddane drganiom. Natomiast truskawki przechowywane w poddanego drganiom w temperaturze 10°C zawierały znacznie mniej tego kwasu w porównaniu z przechowanymi i poddanymi drganiom w temperaturze 0°C .

Podobnie gruszki przechowywane w temperaturze 10°C zawierały mniej cukrów niż gruszki przechowywane w temperaturze 0°C , jednak różnica jest niewielka. Również gruszki poddane drganiom w temperaturze 0°C zawierały mniej cukrów niż gruszki nie poddane drganiom. Jednak w gruszkach poddanych drganiom w temperaturze 10°C odnotowano większą zawartość cukrów niż w gruszkach poddanych drganiom i przechowywanych w temperaturze 0°C . Nie zauważono znacznych różnic w kwasowości gruszek niezależnie od warunków przechowywania. Może to sugerować, że owoce twarde są znacznie bardziej odporne na drgania niż owoce miękkie typu truskawki [Liu i Kojima, 1997; Liu i in., 1998].

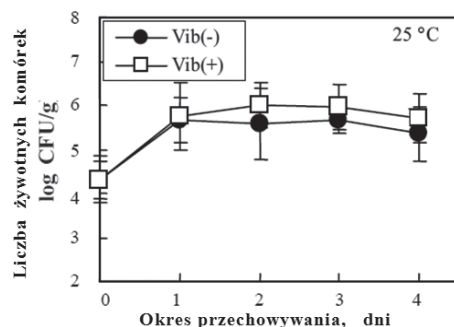
W tab. 2 zestawiono wyniki badań zawartości cukru i kwasu askorbinowego w truskawkach poddanych drganiom, w warunkach symulowanych oraz rzeczywistych. Znacznie wyższy ubytek cukru odnotowano w przypadku truskawek, które były poddane drganiom na symulatorze drgań, natomiast zawartość kwasu askorbinowego była podobna w obu przypadkach, nieznacznie większy ubytek odnotowano w truskawkach poddanych drganiom w warunkach rzeczywistych [Kojima i in., 1999; Liu i Kojima, 1997]. Należy zaznaczyć, że oba badania były prowadzone niezależnie od siebie. Truskawki pochodziły z innych zbiorów nato-



Rys. 1. Liczba przeżyjących komórek *L. monocytogenes* na truskawkach poddanych i nie poddanych drganiom w temperaturze 10 °C [Nakamura i in., 2007]



Rys. 2. Liczba przeżyjących komórek *E. coli* na truskawkach poddanych i nie poddanych drganiom w temperaturze 10 °C i 25 °C. [Nakamura i in., 2007]



Tab. 1. Porównanie zawartości cukrów, kwasu askorbinowego oraz kwasowości truskawek i gruszek przechowywanych oraz poddanych drganiom [Liu i Kojima, 1997; Liu i in., 1998]

		Truskawki		Gruszki	
		Zawartość cukru (Brix %)	Zawartość kwasu askorbinowego (mg/100 g)	Zawartość cukru (Brix %)	Kwasowość (%)
Przechowywane	0°C	9,65	58,77	12,10	0,22
	10°C	8,19	58,08	12,04	0,22
Przechowywane i poddane drganiom	0°C	8,85	56,65	11,84	0,21
	10°C	7,86	53,91	12,01	0,21

miast warunki przechowywania były takie same (temperatura: -5 °C, czas przechowywania: 3 dni). W przypadku generowania drgań na symulatorze zakresy częstotliwości były węższe niż w sytuacji rzeczywistej, co może sugerować, że generowanie drgań w warunkach laboratoryjnych zbyt silnie intensyfikuje procesy chemiczne w owocach poddanych badaniom. Może na to wpływać sposób ułożenia oraz pakowania.

Tab. 2. Porównanie zawartości cukrów oraz kwasu askorbinowego w truskawkach przechowywanych i poddanych drganiom w warunkach modelowych oraz rzeczywistych. [Kojima i in., 1999; Liu i Kojima, 1997]

Warunki		Zawartość cukru, Brix %	Ubytek, %	Zawartość kwasu askorbinowego, mg/100 g	Ubytek, %
		Przechowywane	9,65	0	58,77
Warunki modelowe (5°C)	Przechowywane i poddane drganiom	8,85	8,3	56,65	3,6
	Przechowywane	9,50	0	61,7	0
Warunki rzeczywiste (5°C)	Przechowywane i poddane drganiom	9,24	2,7	59,2	4,0

Przeanalizowano również wpływ drgań generowanych w trakcie transportowania na rozwój flory bakteryjnej na powierzchni truskawek. Wyniki przedstawiono na rys. 1 i 2. Za wyjątkiem pierwszego dnia przechowywania, w temperaturze 10 °C odnotowano spadek ilości przeżyjących komórek bakteryjnych *L. monocytogenes* wraz z czasem przechowywania. Zauważalna jest również mniejsza liczba przeżyjących komórek w przypadku truskawek poddanych drganiom w porównaniu z truskawkami przechowywanymi w warunkach stacjonarnych.

Również w przypadku komórek *E. coli* (Rys. 2) na powierzchni truskawek zauważalne jest zmniejszenie ich ilości wraz z czasem przechowywania w temperaturze 10 °C. Jednocześnie podobnie jak w przypadku *L. monocytogenes*, odnotowano niższą ilość przeżyjących komórek w przypadku truskawek poddanych drganiom w porównaniu z truskawkami nie poddanymi drganiom. Natomiast w temperaturze 25 °C zaobserwować można było znaczny przyrost ilości komórek bakteryj-

nych wraz z czasem przechowywania i również namnażanie komórek w przypadku truskawek poddanych drganiom w porównaniu.

Spadek ilości przeżyjących komórek bakteryjnych tłumaczyć można zmniejszeniem ilości związków odżywczych, które stanowią pożywienie dla bakterii. Potwierdzają to przedstawione wcześniej wyniki badań zawartości cukrów, których ilość zmniejszała się w przypadku poddawania owoców drganiom.

Natomiast przyrost ilości komórek bakteryjnych *E. coli* w temperaturze 25 °C tłumaczyć można wyciekaniem soku z uszkodzonych już truskawek, który spowodował wzrost pH i tym samym namnażanie komórek [Nakamura i in., 2007].

Podsumowanie i wnioski

W pracy zebrano wyniki badań wpływu drgań na zawartość wybranych składników truskawek i gruszek oraz na rozwój komórek bakteryjnych. Badania przeprowadzone były niezależnie od siebie, ale charakteryzowały się podobnymi warunkami ich przeprowadzania. Na podstawie zebranych wyników można stwierdzić, że drgania powodują obniżenie zawartości cukrów oraz kwasu askorbinowego w badanych owocach.

Na zawartość tych związków wpływ ma temperatura przechowywania lub transportowania. Wzrost temperatury najczęściej przyczynia się do zmniejszania zawartości tych związków, natomiast zmniejszenie jest znacznie większe w przypadku owoców poddanych drganiom. Wyniki te są porównywalne zarówno dla owoców badanych w warunkach modelowych jak i rzeczywistych.

Drgania powstałe podczas transportowania powodują również zmniejszenie ilości przeżyjących komórek bakteryjnych, co tłumaczyć można zmniejszającą się zawartością składników odżywczych, stanowiących pożywkę dla bakterii. Przyrost ich ilości w przypadku wysokiej temperatury spowodowany jest zepsuciem produktów, co z kolei tłumaczy negatywny wpływ drgań na jakość transportowanych owoców.

LITERATURA

- Kojima T., Liu J., Fujita S., Inaba S., Tanaka M., Tataru I., 1999, Analysis of vibration and its effects on strawberries during highway transport, *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, **29**, nr 4, 197-203
- Liu J., Kojima T., Tanaka M., Tataru I., 1998, Effects of vibration and storage temperatures on quality of Japanese pears, *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, **28**, nr 4, 217-224
- Liu J., Kojima T., Effects of vibration and storage temperatures on quality of strawberries, 1997, *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, **28**, nr 3, 135-142
- Marks N. (2011): Wpływ mikroklimatu przechowalni na jakościowe i ilościowe wskaźniki i cechy jabłek. *Inż. Rol. nr 5(130)*, 171
- Nakamura N., Inatsu Y., Kawamoto S., Okadome H., Nakano H., Maezawa S., Shiina T., 2007. Effect of vibration on the bacterial growth on strawberry fruits. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, **5**, nr 1, 44-48