

Natalia IDASZEWSKA¹, Krzysztof BIĘNCZAK¹, Grzegorz SZYMAŃSKI², Edyta JANEBA-BARTOSZEWICZ¹

e-mail: natalia.idaszewska@put.poznan.pl

¹ Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska² Zakład Pojazdów Szynowych, Instytut Silników Spalinowych, Politechnika Poznańska

Wpływ drgań generowanych podczas transportu na cechy fizykochemiczne pomidorów

Wstęp

Pomidory są bogatym źródłem likopenu, beta-karotenu, kwasu foliowego, potasu, witaminy C, flawonoidów i witaminy E [Willcox i in., 2003]. Wykazano, że spożycie pomidorów i przetworów pomidorowych zawierających likopen wiąże się ze zmniejszonym ryzykiem chorób przewlekłych, takich jak rak i choroby sercowo-naczyniowe [Agarwal i in., 2000]. Niestety produkcja warzyw ma charakter sezonowy i zrejonizowany co wymusza przewożenie ich z terenów produkcji i przechowywania do miejsc konsumpcji. Podczas transportu wpływ na jakość przewożonych owoców wewnątrz nadwozia mają takie czynniki jak: temperatura, wilgotność, skład chemiczny atmosfery oraz drgania [Idaszewska i in., 2013]. W celu zminimalizowania negatywnego wpływu czasu oraz warunków panujących podczas transportu często przewozi się pomidory w stanie niepełnej dojrzałości, poddając je dojrzewaniu w miejscu konsumpcji. Podczas dojrzewania owoców pomidora zmienia się jego skład chemiczny oraz właściwości fizyczne. Wraz postępowaniem procesu dojrzewania zmniejsza się twardość owoców pomidora, natomiast wzrasta *pH* soku oraz zawartość ekstraktu [Idaszewska i in., 2014].

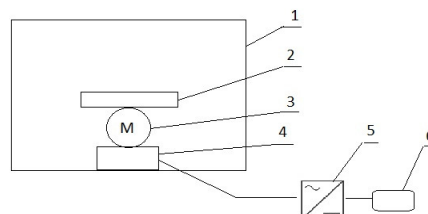
Celem niniejszej pracy było określenie wpływu oddziaływań mechanicznych w postaci drgań występujących podczas transportu, na zmiany parametrów fizykochemicznych pomidorów związanych z ich procesem dojrzewania.

Badania doświadczalne

Materiał badawczy. Do badań użyto owoców pomidora odmiany *Hardy*. Pomidory wykorzystane do badań pochodziły z upraw regionalnych, a pozyskane były w stanie niepełnej dojrzałości konsumpcyjnej. Pomidory pakowane były w skrzyniach o wymiarach 400 x 300 x 150 mm, po 3 kg (ok. 20 sztuk) w każdej, ułożone luźno. Przez cały okres trwania badań utrzymywano je w temperaturze 13±15°C.

Badania wstępne. W ramach badań wstępnych dokonano pomiaru rzeczywistych drgań w wypełnionej naczepie chłodniczej na trasie wynoszącej ok. 500 km. Naczepa wypełniona była euro paletami z ustawionymi skrzyniami wypełnionymi surowcem po 3 kg w każdej skrzyni. Czujnik drgań zainstalowano w przedniej części naczepy na dnie najwyżej umieszczonej skrzyni. W wyniku pomiarów uzyskano widma przedstawiające zależność między częstotliwościami drgań a amplitudami przyspieszeń. Analiza widm drgań pozwoliła stwierdzić występowanie czterech charakterystycznych, dominujących częstotliwości: 12 Hz, 28 Hz, 46 Hz oraz 58 Hz.

Stanowisko badawcze. Badania eksperymentalne prowadzono na stanowisku badawczym składającym się z symulatora drgań umieszczonego w stacjonarnym nadwoziu samochodowym z możliwością regulacji temperatury. Do badań zastosowano częstotliwości: 12, 28, 46 oraz 50 Hz, które określone w oparciu o badania wstępne i możliwości symulatora. Symulator drgań składał się z dwóch zasadniczych elementów: instalacji wymuszającej drgania – silnika sterowanego falownikiem, elementów elastycznego zawieszenia i wibroizolacji oraz zintegrowanego układu sterowania parametrami pracy stanowiska. Kontrola pracy stanowiska oraz bieżący nadzór nad poprawnością wysterowanych poszczególnych elementów wykonawczych realizowane był przez monitoring wielkości mechanicznych (przyspieszeń drgań) w pętli sprzężenia zwrotnego kontrolowanej przez komputer klasy PC. Ogólny schemat stanowiska przedstawiono na rys.1



Rys.1. Schemat stanowiska badawczego do symulacji drgań: 1 – stacjonarne nadwozie z regulowaną temperaturą, 2 - skrzynia lub pojemnik na surowce wraz z elementami mocującymi, 3 – silnik 0,09kW; 2800 obr/min; 230/400V; 0,58/0,33A; IMB3, 4 - elementy zawieszenia i wibroizolacji, 5 – falownik Omron MX2-AB 002-E (SJ200-002NFEF2), 6 - komputer z oprogramowaniem.

Badania zasadnicze. W pierwszym etapie badań owoce pomidora poddano drganiom o częstotliwościach: 12, 28, 46 i 50 Hz przez 3, 6 i 24 godziny. Owoce umieszczono w pojedynczej skrzyni, która ustawiona została na stanowisku badawczym. Następnie owoce pomidora były przechowywane przez 7 dni w temperaturze 13±15°C. W drugim etapie przeprowadzono analizę zmian fizykochemicznych pomidorów. W owocach pomidora oznaczano: *pH*, zawartość ekstraktu ogólnego oraz twardość.

Zmiany *pH* mierzone były pehametrem C-411 firmy *Elmetron* przez zanurzenie elektrody w soku wyciśniętym z owoców pomidora. Zmiany zawartości ekstraktu oznaczano zgodnie z [PN-90/A-75101/02] za pomocą refraktometru *Abbego*. Twardość wyrażoną jako siła potrzebna do zagłębienia trzpienia o średnicy 11 mm, mierzono przy użyciu ręcznego jędrnościomierza *FT-011*. Dla każdego owocu pomidora dokonano po 2 oznaczenia każdego z parametrów. Łącznie uzyskano 40 wyników dla każdego parametru.

Do ogólnej charakterystyki badanych cech fizykochemicznych zastosowano metody statystyki opisowej zawarte w programie *Statistica 12*. Przeprowadzono analizę wariancji *ANOVA*. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano testem *Tukeya* na poziomie istotności $p = 0,05$.

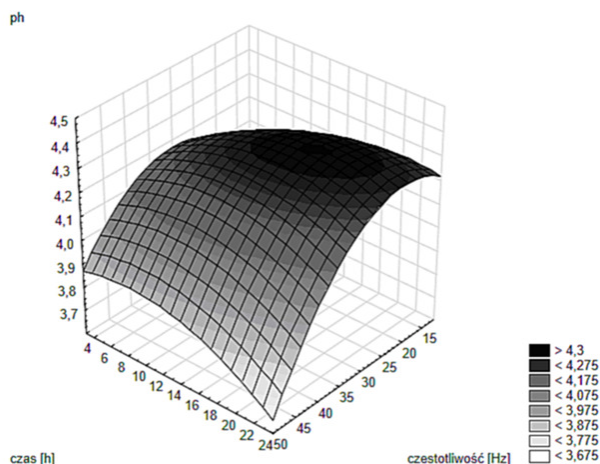
Wyniki i dyskusja

W tab. 1 przedstawiono wyniki wpływu drgań na *pH*, zawartość ekstraktu oraz twardość pomidorów.

Tab.1. Wpływ częstotliwości drgań na *pH*, zawartość ekstraktu oraz twardość pomidorów.

Częstotliwość [Hz]	Czas [h]	<i>pH</i>	Ekstrakt [%]	Twardość [N]
12	3	3,96±0,13 ab	6,8±0,09 ab	36±6 bcdef
	6	4,05±0,16 abc	6,77±0,38 a	41±7 bc
	24	4,15±0,07 bcf	7,12±0,50 ab	39±8 bc
28	3	4,13±0,07 abc	7,3±0,48 ab	36±6 bcef
	6	4,21±0,08 cf	7,35±0,45 abc	38±4 bc
	24	4,37±0,08 f	8,23±0,24 c	37±4 bcf
46	3	3,95±0,09 abd	7,7±0,74 abc	23±6 adef
	6	3,98±0,08 abc	7,67±0,27 abc	26±9 abdef
	24	3,68±0,22 e	7,72±0,55 bc	16±6 a
50	3	3,91±0,09 ade	7,3±0,47 ab	22±8 ad
	6	3,93±0,10 abd	7,35±0,59 abc	23±9 ade
	24	3,72±0,14 de	7,03±0,58 ab	20±12 a

Wartości średnie oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$)



Rys.2. Wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na pH pomidorów.

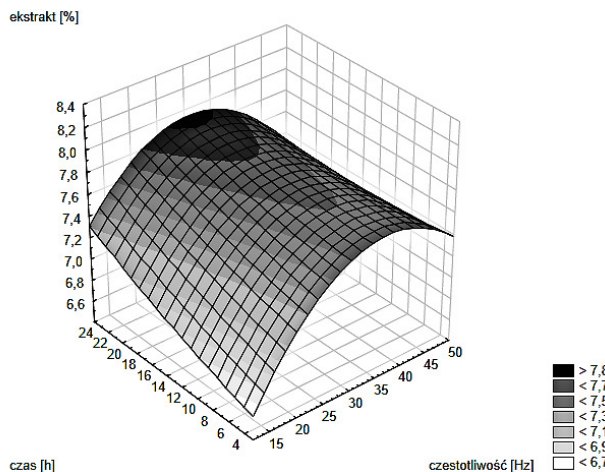
Na rys. 2 przedstawiono wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na pH pomidorów poddanych drganiom.

Maksymalny poziom pH uzyskano dla czasu drgań wynoszącego 24 godziny oraz częstotliwości drgań wynoszącej 28 Hz.

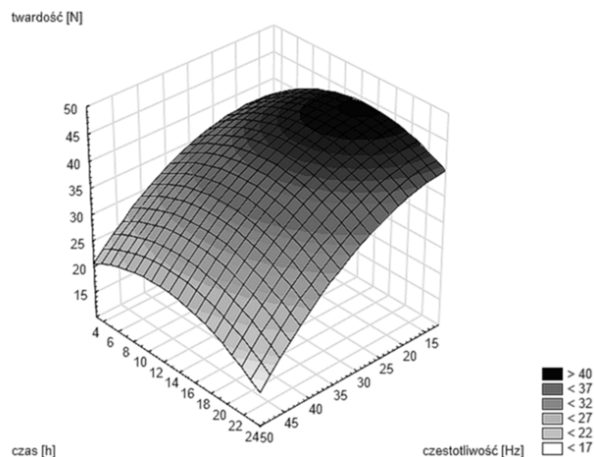
Wartość pH owoców pomidora wzrastała wraz ze stopniem dojrzałości i związana była z zawartością kwasów. Tilahun Abera z Center for Food Science and Nutrition, Addis Ababa University [2013] wykazał, że pH pomidorów zależy od stopnia dojrzałości waha się w przedziale 4,23 do 4,63. Zatem można przypuszczać, że pomidory poddane drganiom przez dłuższy czas (ponad 6 godzin) przy częstotliwości 28 Hz osiągnęły najszybciej pełną dojrzałość. Natomiast dalszy wzrost wartości częstotliwości drgań skutkował spadkiem pH pomidorów, co może sugerować spowolnienie procesu dojrzewania lub początek psucia się owoców.

Na rys.3 przedstawiono wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na zawartość ekstraktu pomidorów poddanych drganiom.

Maksymalną zawartość ekstraktu uzyskano dla czasu drgań wynoszącego 24 godzin oraz częstotliwości drgań wynoszącej 28 Hz. Zawartość ekstraktu w pomidorach w zależności od ich stopnia dojrzałości waha się pomiędzy 4,47 w zielonych pomidorach, a 6,57 °Brix w dojrzałych, czerwonych owocach [Borji i in., 2012; Thompson, 2010]. Najwyższy poziom ekstraktu odnotowano dla pomidorów poddanych drganiom przez 24 godziny przy częstotliwości 28 Hz. Dalszy wzrost wartości częstotliwości skutkował niższą zawartością ekstraktu w pomidorach. Jednak niezależnie od wartości częstotliwości i czasu drgań można uznać, że wszystkie pomidory osiągnęły pełną dojrzałość.



Rys.3. Wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na ekstrakt pomidorów.



Rys.4. Wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na twardość pomidorów.

Na rys. 4 przedstawiono wpływ częstotliwości oraz czasu drgań na twardość pomidorów poddanych drganiom. Największy spadek twardości uzyskano dla czasu drgań wynoszącego od 24 godziny oraz częstotliwości drgań wynoszącej 46 i 50 Hz.

Na twardość owoców ma wpływ stopień dojrzałości pomidora. Największą twardością wykazują się owoce niedojrzałe natomiast najmniejszą – w pełni dojrzałe. Spadek twardości owoców w stanie dojrzałym może być związany z degradacją polisacharydów [Thompson, 2010].

Wnioski

- Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:
- drgania o częstotliwości 28 Hz trwające 24 godziny skutkują najwyższymi wartościami badanych parametrów (pH, zawartość ekstraktu), co może oznaczać, że takie warunki przyspieszają dojrzewanie transportowanych pomidorów;
 - drgania o częstotliwości 45÷50 Hz niezależnie od czasu ich trwania skutkują obniżeniem wartości badanych parametrów (pH, zawartość ekstraktu), co może oznaczać, że takie warunki transportu spowalniają proces dojrzewania pomidorów lub nawet przyczyniają się do ich zepsucia
 - wzrost wartości częstotliwości drgań, trwających 24 godziny przyczynia się do zmniejszenia twardości pomidorów

LITERATURA

- Agarwal S., Rao A.V., (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases *CMAJ*. 163(6). DOI: 10.1080/10408690390826437
- Borji, H., Mohammadi Ghehsareh, A., Jafarpour, M., (2012). A comparison between tomato quality of mature-green and red-ripe stages in soilless culture. *African J. Agricult. Res.*, 7(10), 1601-1603
- Idaszewska N., Bieńczyk K. (2013). Wpływ drgań powstałych w trakcie transportowania na wybrane owoce. *Inż. Ap. Chem.*, 52(2), 98-99
- Idaszewska N., Bieńczyk K., Drabicka A. (2014). Wpływ warunków przechowywania na dojrzewanie pomidorów. *Inż. Ap. Chem.*, 53(6), 414-415
- PN-90/A-75101/02 (1990). *Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości ekstraktu ogólnego*
- Thompson, A.K., (2010). Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. *CAB Int.*, 78. DOI: 10.1079/9781845936464.0000
- Tilahun Abera T., (2013). Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.) fruit. *Int. Res. J. Pharm. Appl. Sci.*, 3(5), 180-186
- Willcox J.K., Catignani G.L., Lazarus S., (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 43(1), 1-18