

Natalia Idaszewska, Edyta Janeba-Bartoszewicz, Krzysztof Bieńczyk,

Zmiany składu chemicznego w owocach borówki amerykańskiej (*Vaccinium corymbosum*) podczas transportowania

JEL: Q01 DOI: 10.24136/atest.2019.008

Data zgłoszenia: 15.12.2018 Data akceptacji: 08.02.2019

W artykule omówiony wpływ drgań o różnych częstotliwościach na zmiany zawartości kwasu askorbinowego i kwasu cytrynowego w owocach borówki amerykańskiej. Badaniom zostały poddane owoce w stanie niepełnej dojrzałości. Porównywano skład chemiczny owoców bezpośrednio po zbiorze, przechowywanych oraz poddanych drganiom. Celem badań było określenie wpływu drgań na stopień dojrzałości owoców. Badania wykazały, że drgania o niskich częstotliwościach nie wpłynęły na zmiany składu chemicznego owoców borówki. Drgania o częstotliwości 28 Hz spowodowały istotne zmiany badanych parametrów w owocach.

Słowa kluczowe: transport, borówka amerykańska, drgania

Wstęp

Spożywanie owoców przyczynia się do obniżenia ryzyka chorób związanych ze stresem oksydacyjnym takich jak: choroby układu krążeniowego, nowotwory i udary [1]. Te korzyści zdrowotne przypisuje się obecności w owocach przeciwutleniaczy takich jak: polifenole, karotenoidy, kwas askorbinowy. Owoce jagodowe mają w porównaniu z innymi owocami najwyższą aktywność przeciwutleniającą. Zbiory borówki amerykańskiej w Polsce w roku 2004 wynosiły 3,9 tys ton. Sezon zbiorów borówki amerykańskiej w krajach Europy Środkowej jest jednak krótki i trwa od połowy lipca do połowy września [11]. Eksport owoców z Polski do innych krajów jest co roku większy a głównymi odbiorcami są: Wielka Brytania, Niemcy a także Białoruś czy Irlandia [12]. Jednak podczas transportu zachodzą nieprzerwanie w owocach przemiany biochemiczne związane z procesem dojrzewania.

Dojrzewanie jest procesem rozwoju roślin obejmującego etap jej wzrostu, rozwoju aż po starzenie się i obumieranie. W tym czasie zerwany owoc rozwija się w dalszym ciągu jednak korzysta z własnych rezerw odżywczych. Jednocześnie zachodzi wiele reakcji biochemicznych, w efekcie których rozwijają się charakterystyczne cechy produktu związane z jego smakiem, zapachem i doprowadzające do osiągnięcia odpowiedniej jakości konsumenckiej.

W owocach i warzywach występują głównie kwasy: jabłkowy, cytrynowy, winowy i w mniejszych ilościach kwas bursztynowy i szczawiowy. Najwyższą zawartością kwasów charakteryzują się owoce i warzywa niedojrzałe. W szczawiu, szpinaku i rabarbarze 50% kwasowości pochodzi od kwasu szczawiowego. Niektóre owoce jagodowe (borówki i żurawina) zawierają kwas benzoesowy, aronia i jarzębina - kwas sorbowy. Występując w postaci wolnej mają one właściwości konserwujące, hamują bowiem rozwój pleśni i wielu gatunków bakterii. Stosunek kwasowości do cukrów w dużym stopniu decyduje o smaku owoców. Kwasy są czynnikami smaku kwaśnego, orzeźwiającego w owocach. Podczas dojrzewania zawartość kwasów organicznych maleje stąd w dojrzałych owocach dominuje słodki smak natomiast kwaśny przestaje być odczuwalny [5]. Spadek zawartości kwasów podczas dojrzewania związany jest ze wzrostem aktywności enzymów takich jak: dehydrogenaza

bursztynianowa, dehydrogenaza izocytrynianowa oraz spadkiem aktywności syntazy cytrynianowej.

Moment zbioru jest niezwykle istotny ale czynniki zewnętrzne otaczające zerwany owoc mają decydujący wpływ na dalszy rozwój rośliny. Dla owoców i warzyw w pełni dojrzałych i rozwiniętych istnieją dwie sprzeczne sytuacje. Z jednej strony właściwości takie jak słodkość czy smak, pożądaną przez konsumentów są zdecydowanie najlepsze dla owoców i warzyw w pełni dojrzałych. Z drugiej strony trwałość tego produktu w tym okresie zaczyna być coraz mniejsza i mogą pojawić się pierwsze oznaki psucia. Taka sytuacja sugeruje, że owoce i warzywa przeznaczone do transportu lub dłuższego przechowywania powinny być zbierane wcześniej niż te, które przeznaczone są do natychmiastowego spożycia [13].

Zapewnienie odpowiednich warunków podczas przechowywania oraz transportowania umożliwia uzyskanie przez owoc pełnej dojrzałości konsumpcyjnej tuż przed dostarczeniem go do konsumenta i jednocześnie zabezpiecza przed jego przejrzeniem, które mogłoby skutkować zbyt szybkim zepsuciem owoców. Zatem czynniki takie jak temperatura i czas transportu będą mieć decydujące znaczenie dla jakości owoców. Podczas transportu dodatkowym czynnikiem mogącym wpływać na jakość owoców są drgania pochodzące z dwóch źródeł: systemu napędowego pojazdu, przy jego zróżnicowanych obciążeniach oraz poruszania się pojazdu po nierównych nawierzchniach [8].

Drgania mogą wpływać na zmiany jakości przewożonych produktów poprzez wpływ na zmianę ich składu chemicznego. W literaturze dominują badania dotyczące negatywnego wpływu drgań na przewożony produkt, skutkujący jego zepsuciem. Tymczasem analiza wpływu drgań na przewożone owoce mogłaby pomóc w ustaleniu odpowiedniego terminu zbioru owoców, tak aby podczas transportu owoce uzyskały pożądaną dojrzałość ale jednocześnie nie zaczęły się psuć.

W pracy przeanalizowano zmiany w zawartości kwasu askorbinowego oraz cytrynowego w borówce amerykańskiej na skutek poddania jej drganiom o różnych częstotliwościach.

1. Metodyka badań

1.1. Materiał badawczy

Owocami użytymi do badań były owoce borówki amerykańskiej, odmiany Bluecrop, które pochodziły z upraw regionalnych, a pozyskane były w stanie niepełnej dojrzałości konsumpcyjnej. Owoce borówki amerykańskiej pakowane były w pojemniki z tworzywa sztucznego o wymiarach 145x130x85 mm, po 6 sztuk w każdej skrzyni o wymiarach 400x300x150 mm. W każdym pojemniku znajdowało się po 500 g borówek więc obciążenie całej skrzyni wynosiło 3 kg;

1.2. Badania wstępne

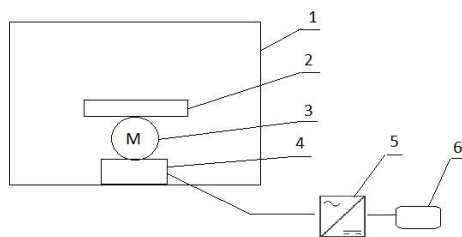
W ramach badań wstępnych dokonano pomiaru rzeczywistych drgań w wypełnionej naczepie chłodniczej na trasie wynoszącej ok. 500 km. Naczepa wypełniona była euro paletami z ustawionymi skrzyniami wypełnionymi surowcem po 3 kg w każdej skrzyni. Czujnik drgań zainstalowano w przedniej części naczepy na dnie najwyższej 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.

1.3. Opis stanowiska badawczego

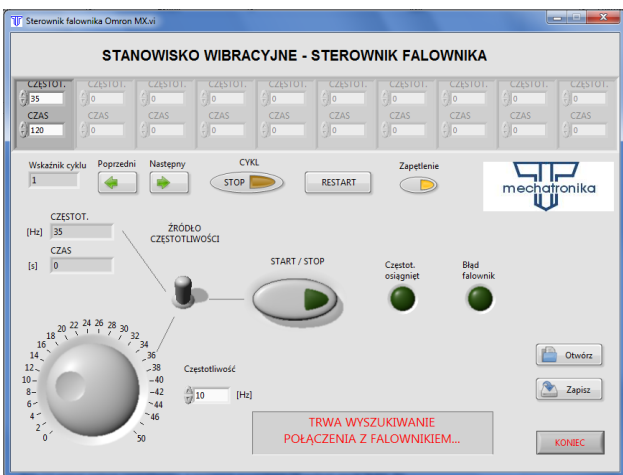
Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym przedstawionym na rysunku 1. Stanowisko składało się z symulatora drgań umieszczonego w stacjonarnym nadwoziu samochodowym z możliwością regulacji temperatury. Symulator drgań umożliwił zmianę częstotliwości w zakresie od 5 Hz do 50 Hz. Symulator drgań składał się z dwóch zasadniczych elementów: instalacji wymuszającej drgania - silnika sterowanego falownikiem, elementów elastycznego zawieszenia i wibroizolacji oraz zintegrowanego układu sterowania parametrami pracy stanowiska. Do sterowania falownikiem firmy Omron MX2 użyto oprogramowania komputerowe przygotowanego przez firmę Mechatronika Wyposażenie Dydaktyczne sp.z.o.o. Oprogramowanie zastosowano do ustalenia wielkości częstotliwości drgań oraz zaplanowania wybranych częstotliwości drgań na określony czas pracy falownika.

Bezpośrednio nad silnikiem ustawiono skrzynię wypełnioną materiałem badawczym.



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.

Widok okna programu do regulacji częstotliwości drgań przedstawiono na rys.2.



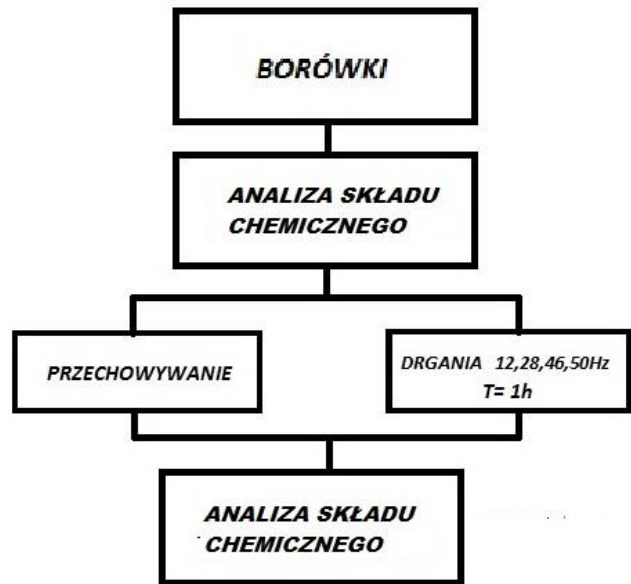
Rys. 2. Widok okna programu do regulacji częstotliwości drgań.

1.4. Układ doświadczenia

Do badań zastosowano częstotliwości: 12, 28, 46 oraz 50 Hz, które wyznaczono w oparciu o badania wstępne, które obejmowały analizę widmową drgań występujących podczas rzeczywistego transportu. Czas badań wynosił 1 godzinę dla każdej próby owoców. Przeprowadzono analizę zmian składu chemicznego owoców:

- bezpośrednio po zbiorze;
- nie poddanych drganiom i przechowywanych przez 7 dni;
- poddanych drganiom i przechowywanych przez 7 dni.

Schemat przeprowadzonych doświadczeń przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat badań wpływu drgań na zmiany składu chemicznego borówki.

W owocach oznaczano: zawartość kwasu askorbinowego metodą spektrofotometryczną, zgodnie z normą PN-A-04019 [9] oraz kwasowość miareczkową wyrażoną jako zawartość kwasu cytrynowego [10]. 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 badań

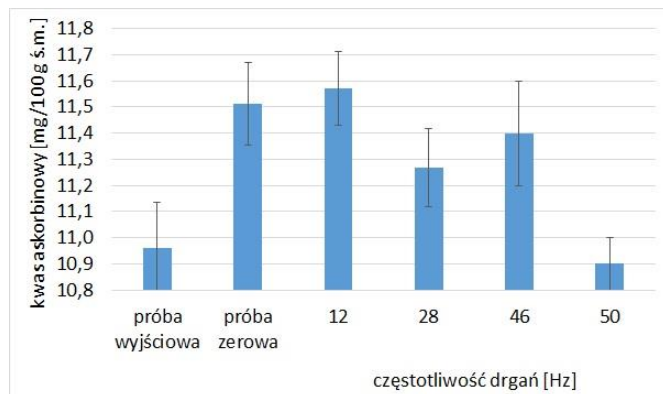
W wyniku przeprowadzonych badań kwasu askorbinowego użytkano wyniki przedstawione w tabeli 1.

Tab.1. Zmiany zawartości kwasu askorbinowego w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań.

	Zawartość kwasu askorbinowego [mg/100g ś.m.]
Próba wyjściowa	11±0,2 a
Próba zerowa	11,5±0,2 b
Drgania o częstotliwości 12 Hz	11,6±0,1 b
Drgania o częstotliwości 28 Hz	11,3±0,1 c
Drgania o częstotliwości 46 Hz	11,9±0,2 d
Drgania o częstotliwości 50 Hz	11,4±0,1 a

Na rysunku 4 przedstawiono zmiany zawartości kwasu askorbinowego w owocach borówki amerykańskiej w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań. Próbkę wyjściową stanowiły owoce, które poddano analizom składu chemicznego bezpośrednio po

zbiorze. Owoce, które nie były poddane drganiom ale przechowywane w takich samych warunkach jak pozostałe owoce, oznaczono jako próbę zerową.



Rys.4. Zmiany zawartości kwasu askorbinowego w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań.

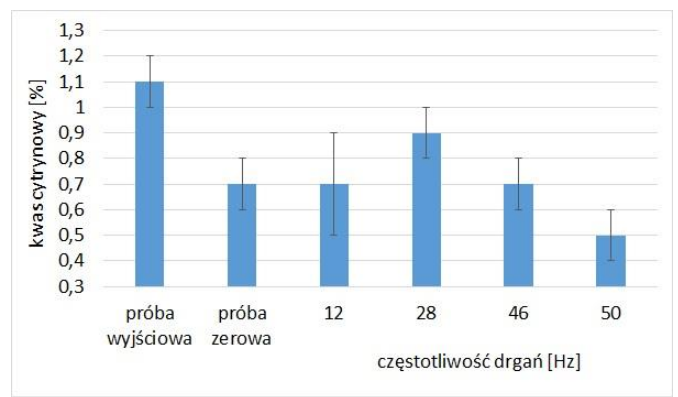
Naturalny przebieg procesów życiowych borówek spowodował statystycznie istotny wzrost zawartości kwasu askorbinowego od 11,0 mg/100g dla borówek bezpośrednio po zbiorze (próba wyjściowa) do 11,5 mg/100g dla borówek przechowywanych przez 7 dni (próba zerowa). Dostarczenie do owoców drgań o częstotliwości wynoszącej 12 Hz spowodowało wzrost zawartości kwasu askorbinowego do wartości 11,6 mg/100g jednak wartość ta nie różni się statystycznie od wartości, którą uzyskały owoce nie poddane drganiom. Istotną różnicę stanowią z kolei wyniki zawartości kwasu askorbinowego w borówkach, które zostały poddane drganiom wynoszącym 28 Hz. Zawartość kwasu askorbinowego wyniosła w ich przypadku 11,3 mg/100g, zatem zmalała istotnie statystycznie w porównaniu z pozostałymi wynikami. Doprowadzenie do owoców borówki drgań o częstotliwości 46 Hz spowodowało ponowny wzrost zawartości kwasu askorbinowego do wartości 11,9 mg/100g. Z kolei drgania o częstotliwości 50 Hz spowodowały gwałtowny spadek zawartości kwasu askorbinowego do wartości 10,4 mg/100 g i wartość ta była porównywalna z zawartością kwasu askorbinowego w owocach badanych bezpośrednio po zbiorze.

W tabeli 2 przedstawiono zmiany kwasowości miareczkowej wyrażonej jako zawartość kwasu cytrynowego w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań.

Tab.2. Zmiany zawartości kwasu cytrynowego w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań.

	Kwasowość miareczkowa [% kwasu cytrynowego]
Próba wyjściowa	1,1±0,1 a
Próba zerowa	0,7±0,1 b
Drgania o częstotliwości 12 Hz	0,7±0,2 b
Drgania o częstotliwości 28 Hz	0,9±0,1 c
Drgania o częstotliwości 46 Hz	0,7±0,1 b
Drgania o częstotliwości 50 Hz	0,5±0,1 d

Na rysunku 5 przedstawiono zmiany zawartości kwasu cytrynowego w owocach borówki amerykańskiej w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań. Próbę wyjściową stanowiły owoce, które poddano analizom składu chemicznego bezpośrednio po zbiorze. Owoce, które nie były poddane drganiom ale przechowywane w takich samych warunkach jak pozostałe owoce, oznaczono jako próbę zerową.



Rys.5 Zmiany zawartości kwasu cytrynowego w zależności od stanu owoców i częstotliwości drgań.

Naturalny przebieg procesów życiowych borówek spowodował statystycznie istotny spadek zawartości kwasu cytrynowego od 1,1 % dla borówek bezpośrednio po zbiorze (próba wyjściowa) do 0,7 % dla borówek przechowywanych przez 7 dni (próba zerowa). Dostarczenie do owoców drgań o częstotliwości wynoszącej 12 Hz nie spowodowało zmian w zawartości kwasu cytrynowego. Istotną różnicę stanowią z kolei wyniki zawartości kwasu askorbinowego w borówkach, które zostały poddane drganiom wynoszącym 28 Hz. Zawartość kwasu askorbinowego wyniosła w ich przypadku 0,9 %, zatem wzrosła istotnie statystycznie w porównaniu borówkami poddanych drganiom o niższej częstotliwości oraz nie poddanych drganiom lecz przechowywanych. Doprowadzenie do owoców borówki drgań o częstotliwości 46 Hz spowodowało spadek zawartości kwasu cytrynowego do wartości 0,7 %, zatem takiej samej jaką uzyskały borówki poddane drganiom przy o wartości 12 Hz i przechowywane lecz nie poddane drganiom. Z kolei drgania o częstotliwości 50 Hz spowodowały ponowny spadek zawartości kwasu askorbinowego do wartości 0,5 % i wartość ta była najniższa spośród wszystkich przebadanych owoców, różnicą się istotnie statystycznie.

Dominującym kwasem organicznym, występującym w owocach borówki jest kwas cytrynowy i niewielka ilość kwasu jabłkowego [7]. Inni autorzy wykazują również zawartość innych kwasów takich jak: chinowy, chlorogenowy (kwas fenolowy) [6]. Ogólna zawartość kwasów maleje podczas dojrzewania owoców borówki, jednak głównie zauważalny jest spadek kwasu cytrynowego (30-40% różnica pomiędzy dojrzałymi a przejrzałymi owocami) bez zmian w zawartości pozostałych kwasów [3]. Skład kwasów w borówce odmiany *V. arctostaphylos* o różnych stopniach dojrzałości przedstawia tabela 3

Tab.3. Skład kwasowy [mg*g⁻¹ suchej masy] w *Vaccinium arctostaphylos* w trzech różnych stanach dojrzałości [2]

Kwasy	<i>V. arctostaphylos</i>		
	Niedojrzałe	Średnio dojrzałe	Dojrzałe
Jabłkowy	0,79 ± 0,06 ab	1,52 ± 0,35 c	3,46 ± 0,48 d
Cytrynowy	11,98 ± 0,42 e	8,34 ± 0,27 c	4,91 ± 1,88 b
Chinowy	21,83 ± 1,25 d	17,18 ± 1,12 c	13,99 ± 0,55 b
Ogólna zawartość kwasów	32,60 ± 0,76 e	27,10 ± 0,42 c	22,40 ± 0,07 b

Skład kwasów w borówce odmiany *V. myrtillus* o różnych stopniach dojrzałości przedstawia tabela 4.

Na podstawie wyników z tabel 3 i 4 można przypuszczać, że wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości borówki niezależnie od jej odmiany, zawartość kwasu cytrynowego maleje.

Tab.3. Skład kwasowy [$mg \cdot g^{-1}$ suchej masy] w *V. myrtillus* w trzech różnych stanach dojrzałości [2]

Kwasy	<i>V. myrtillus</i>		
	Niedojrzałe	Średnio dojrzałe	Dojrzałe
Jabłkowy	0,55 ± 1,13 a	1,07 ± 0,15 b	1,94 ± 0,12 c
Cytrynowy	9,29 ± 0,48 d	5,85 ± 0,42 b	3,96 ± 1,89 a
Chinowy	22,73 ± 0,28 d	15,17 ± 0,44 b	6,09 ± 0,43 a
Ogólna zawartość kwasów	32,6 ± 0,11 d	22,10 ± 0,29 b	12,00 ± 0,61 a

W tabeli 4 przedstawiono zawartość kwasu askorbinowego w owocach borówki świeżej, przechowywanej oraz mrożonej.

Tab.4. Zawartość kwasu askorbinowego w borówce świeżej, przechowywanej i mrożonej [4]

Owoc	Stan owoców	Rok 2011	
		lato	jesień
borówka	Świeża	13,3±0,06	6,3±0,11
	Świeża, przechowywana przez 5 dni w temp. 4oC	12,6±0,05	5,0±0,11
	mrożona	4,3±0,05	3,0±0,02

W każdym przypadku można zauważyć, że po 5 dniach przechowywania owoców borówki, zawartość kwasu askorbinowego malała. Można więc przypuszczać, że dojrzewanie owoców przyczynia się do obniżenia zawartości kwasu askorbinowego. W przeprowadzonych badaniach, owoce borówki poddane drganiom o częstotliwości 50 Hz znacznie obniżyły zawartość kwasu askorbinowego zatem prawdopodobnie taka częstotliwość drgań trwających przez 1 godzinę wywołała wpływ podobny do kilkudniowego przechowywania owoców.

Podsumowanie

Porównując owoce niedojrzałe przed poddaniem ich drganiom (próba wyjściowa) oraz owoce po 7 dniach przechowywania (próba zerowa) można zauważyć, że wzrost zawartości kwasu askorbinowego oraz spadek zawartości kwasu cytrynowego, świadczy o naturalnie zachodzących procesach dojrzewania. Potwierdzają to wyniki badań innych autorów.

Poddanie owoców borówki amerykańskiej drganiom o wartości 12 Hz powodowało zmiany w oznaczanych parametrach podobne do tych, które zachodziły w przechowywanych owocach, nie narażonych na wpływ drgań.

Drgania o wartości 28 Hz powodowały znaczne zmiany badanych parametrów, w przypadku kwasu askorbinowego był to spadek a w przypadku kwasu cytrynowego wzrost.

Drgania o wartości 46 Hz powodowały zmiany w oznaczanych parametrach różniących się od tych, które wystąpiły przy niższych częstotliwościach. Z kolei drgania o wartości 50 Hz spowodowały spadek obu badanych parametrów, które w przypadku kwasu askorbinowego mogą świadczyć o osiągnięciu przez owoc pełnej dojrzałości, natomiast w przypadku kwasu askorbinowego, którego zawartość była podobna jak w owocach bezpośrednio po zbiorze, w stanie niepełnej dojrzałości mogą świadczyć o psuciu się owoców.

W niniejszej pracy potwierdzono wpływ drgań na badane owoce borówki. Może on być pozytywny przejawiający się przyspieszeniem dojrzewania owoców lub negatywny skutkujący ich psuciem. To jaki jest zależy od częstotliwości drgań, którym poddane były owoce.. Jednak przyczyna pozytywnego wpływu na owoce nie jest znana i wymaga kolejnych badań.

Bibliografia:

- Ames B.M., Shigena M.K., Hagen T.M., 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. 90, 7915-7922.
- Ayaz, F.A., Kadioglu, A., Bertift, E., Acar, C., Turna, I. (2010). Effect of fruit maturation on sugar and organic acid composition in two blueberries (*Vaccinium arctostaphylos* and *V. myrtillus*) native to Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 29(2), s.137-141
- Kushman, L.J., Ballinger, W.E. (1968). Acid and sugar changes during ripening in 'Wolcott' blueberries. Proceedings of the American Society of Horticultural Science 92, s.290-296
- Li L., Pegg R.B., Eitenmiller R., Chun J., Kerrihard A.,(2017). Selected nutrient analyses of fresh , fresh-stored and frozen fruits and vegetables. Journal of Food Composition and Analysis, 59, 8-17
- Majidi, H., Minaei, S., Almasi, M., Mostofi, Y. (2011). Total Soluble Solids, Titratable Acidity and Ripening Index of Tomato In Various Storage Conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12), s.1723-1726,
- 6Markakis, P., Jarczyk, A., Krishna, S.P. (1963). Nonvolatile acids of blueberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 11, s.8-11
- Nelson, E.K. (1927). The non-volatile acids of pears, quince, apple, loganberry, blueberry, cranberry, lemon, pomegranate. Journal of American Chemical Society 49, s. 130—132
- Palich, P., Świtka, J. (1988). Wpływ wibracji w transporcie na zachowanie jakości owoców i warzyw. Problemy transport i magazynowania 3(4), s.5-7
- PN-A-04019:1998, Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C
- PN-90/A-75101/04. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczenie kwasowości ogólnej
- Scibisz I., Mitek M. (2007): The changes of antioxidant properties in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during freezing and long-term frozen storage. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 6: 75–82.
- Tryngiel-Gač A., Treder W., Efficiency of Irrigation of Highbush Blueberry in Poland. Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich, 2017, nr III/2, s. 1099-1114

Changes in chemical composition in blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum*) during transport

Paper discusses the effect of vibrations at different frequencies on changes in the content of ascorbic acid and citric acid in blueberry fruit. Fruit was tested under incomplete maturity. The chemical composition of fruits was compared immediately after harvest, stored and subjected to vibrations. The purpose of the research was to determine the effect of vibrations on the degree of fruit ripeness. Studies have shown that vibrations at low frequencies did not affect changes in the chemical composition of blueberry fruit. Vibrations with a frequency of 28 Hz caused significant changes in the parameters tested in the fruit.

Keywords: transport, blueberry highbush, vibrations

Autorzy:

Dr inż. **Natalia Idaszewska** – Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych,
 Dr **Edyta Janeba-Bartoszewicz** – Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
 Dr inż. hab. **Krzysztof Bieńczak**, prof. nadzw. – Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych