

KINETYKA REHYDRACJI SUSZY OWOCÓW MINI KIWI (*ACTINIDIA ARGUTA*)

Michał Bialik¹, Marta Lasota¹, Artur Wiktor¹, Piotr Latocha²,
Dorota Witrowa-Rajchert¹, Ewa Gondek¹✉

¹ SGGW w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności

² SGGW w Warszawie, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii
i Architektury Krajobrazu

Streszczenie. Aktinidia ostrolistna to roślina, której jagody, znane jako mini kiwi czy kiwiberry, oprócz walorów smakowych posiadają istotne właściwości prozdrowotne. Owoce te mogą być przechowywane w warunkach chłodniczych jedynie przez kilka tygodni, dlatego wymagają szybkiej obróbki przedłużającej ich trwałość. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu różnych metod suszenia na właściwości rehydracyjne suszy. W badaniach wykorzystano owoce polskiej odmiany ‘Bingo’ pochodzące z komercyjnej uprawy znajdującej się w okolicach Grójca. Susze otrzymano, stosując najpopularniejsze stosowanych techniki i parametry procesu, typowe dla surowców roślinnych, rehydrację prowadzono zaś w wodzie destylowanej o temperaturze pokojowej. Wykazano istotny wpływ zastosowanej techniki suszenia na właściwości rekonstrykcyjne suszy. Do uzyskania produktów końcowych wymagających szybkiej rehydracji optymalne okazały się metody próżniowa i sublimacyjna, w pozostałych przypadkach możliwe jest stosowanie suszenia konwekcyjnego, mikrofalowo-konwekcyjnego oraz romiennikowo-konwekcyjnego.

Słowa kluczowe: mini kiwi, kiwiberry, kinetyka rehydracji, suszenie

WSTĘP

Aktinidia ostrolistna (*Actinidia arguta*), której owoce nazywane są potocznie mini kiwi lub kiwiberry, to popularna roślina pochodząca z kontynentu azjatyckiego. Jej owoce to niewielkie słodko-kwaśne jagody o masie od kilku do kilkunastu gramów, z licznymi małymi nasionami. Mają gładką, jadalną skórę, mogą więc być spożywane w całości, bez

✉ ewa_gondek@sggw.pl

konieczności obierania. Rośliny dobrze wytrzymują spadki temperatury zimą do -30°C , dlatego z powodzeniem mogą być uprawiane w Polsce [Latocha 2017].

Owoce aktinidii znane są ze swojej silnej aktywności enzymatycznej, mają działanie przeciwutleniające [Latocha i in. 2015] oraz właściwości bakteriostatyczne [Basile i in. 1999, Rush i in. 2002, Duttaroy i Jørgensen 2004, Latocha 2017]. Ponadto są bogate w witaminę C, minerały, kwasy fenolowe i pigmenty [Latocha i in. 2010]. Owoce mini kiwi, zebrane w fazie dojrzałości zbiorczej, mogą być przechowywane w warunkach chłodniczych do 6 tygodni, a w fazie dojrzałości konsumpcyjnej jedynie około tygodnia. Co więcej, wraz z przechowywaniem zawartość związków bioaktywnych spada, dlatego też owoce te wymagają stosowania delikatnej i szybkiej obróbki technologicznej. Zbadano możliwości przedłużania trwałości i potwierdzono możliwość stosowania zarówno suszenia, jak i mrożenia [Bialik i in. 2017].

Suszenie polega na usuwaniu wody z materiału z wykorzystaniem przemiany fazowej do momentu osiągnięcia poziomu aktywności wody, który powstrzymuje rozwój mikroflory i spowalnia tempo reakcji chemicznych i enzymatycznych [Vega-Gálvez i in. 2011, Maritza i in. 2012]. Ponadto suszenie redukuje masę i objętość surowca, co zmniejsza koszty pakowania, transportu i przechowywania [Lewicki 2006]. Prawidłowo wysuszony materiał łatwo rehydruje i może być przechowany przez długi czas [Strumiłło 2005, Janowicz i Lenart 2007]. Zastosowanie właściwej metody i parametrów zwiększa efektywność procesu i pozwala otrzymać produkt o pożądanych cechach [Lewicki 2006].

Rehydracja to złożony proces, którego celem jest podniesienie zawartości wody w produkcie (poprzez bezpośrednie umieszczenie suszu w cieczy) do poziomu umożliwiającego jego bezpośrednie spożycie lub dalszą obróbkę. W procesie tym następuje absorpcja wody do tkanki z jednoczesnym wypłukiwaniem związków rozpuszczalnych (cukrów, kwasów, związków organicznych oraz witamin) [Łapczyńska-Kordon i Roczkowska-Chmaj 2009]. Na efektywność rehydracji wpływa m.in. skład chemiczny produktu, obróbka wstępna, sposób suszenia i jego parametry, skład roztworu immersyjnego, temperatura oraz warunki hydrodynamiczne w trakcie rekonstrukcji [Oliveira i Ilincanu 1999]. Niektóre z tych czynników wpływają na strukturę i budowę tkanek roślinnych, co skutkuje zaburzeniem właściwości rekonstrukcyjnych [Bakalis i Karathanos 2005]. Celem niniejszego badania było określenie wpływu metod i parametrów suszenia na właściwości rehydracyjne otrzymanego suszu owoców mini kiwi.

MATERIAŁY I METODY

Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem owoców mini kiwi (*Actinidia arguta* 'Bingo') pochodzących z uprawy komercyjnej, znajdującej się w okolicach Grójca. Dojrzałe konsumpcyjnie owoce podzielone na połówki zostały wysuszone metodą konwekcyjną (CD), mikrofalowo-konwekcyjną (MW-CD), promiennikowo-konwekcyjną (IR-CD), próżniową (VD) oraz liofilizacyjną (FD). Owoce były umieszczane na perforowanym sicie (lub nieperforowanej tacy w przypadku FD) skórka do dołu, w takiej ilości, aby obciążenie sita było stałe i wynosiło $3,95 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. W przypadku suszenia CD i IR-CD stosowano równoległy, a w przypadku metody MW-CD prostopadły przepływ powietrza o prędkości $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Proces prowadzono do momentu osiągnięcia bezwymiarowej warto-

ści wilgotności równej $MR = 0,02$. W metodach próżniowej i konwekcyjnej zastosowano temperaturę powietrza $70 \pm 1^\circ\text{C}$, zaś dla mikrofalowo-konwekcyjnej i promiennikowo-konwekcyjnej stosowano nawiew powietrza o temperaturze pokojowej ($22 \pm 2^\circ\text{C}$). Do suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego użyto mocy mikrofal o wartości 250 W. Suszenie próżniowe było prowadzone pod ciśnieniem 4 kPa. Promieniowanie podczerwone miało moc $7,875 \text{ kWm}^{-2}$, a źródło światła było umieszczone 20 cm nad suszoną warstwą. Suszenia prowadzono w dwóch powtórzeniach. W trakcie rehydracji susze umieszczano w naczyniach zawierających 200 cm^3 wody destylowanej o temperaturze $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Próbkę wyjmowano z naczyń po 30 minutach oraz 1, 2 i 4 godzinach. Po tym czasie badany materiał oddzielano od wody na sicie i osuszano na bibule filtracyjnej. Badanie wykonano w czterech powtórzeniach. Odsączony materiał ważono, a następnie rozdrobniono za pomocą noża w celu oznaczenia zawartości suchej substancji. Zawartość suchej substancji w suszu oraz uwodnionym materiale określono zgodnie z normą AOAC 920.15, 2002 w dwóch powtórzeniach.

Analizę wyników dotyczących właściwości rekonstrykcyjnych suszonych owoców aktinidii ostrolistnej wykonano na podstawie poniższych wskaźników:

a) przyrostu masy (Δm):

$$\Delta m = \frac{m_\tau}{m_d}$$

b) zawartości suchej substancji rozpuszczalnej w wodzie (SSL):

$$SSL = \frac{m_\tau \cdot dm_\tau}{m_d \cdot dm_\tau}$$

c) zawartości wody (X):

$$X = \frac{X_\tau}{X_0}$$

gdzie:

m_τ – masa materiału po rehydracji w czasie τ [g],

dm_τ – zawartość suchej substancji po rehydracji w czasie τ [%],

m_d – masa suszu przed rehydracją [g],

dm_d – zawartość suchej substancji w suszu przed rehydracją [%],

X_τ – zawartość wody rehydrowanych próbek w czasie τ [kg H_2O /kg s.s.],

X_0 – zawartość wody w świeżej próbce [kg H_2O /kg s.s.].

METODY STATYSTYCZNE

Do wyróżnienia grup jednorodnych wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) wraz z testem Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu określenia wpływu badanych zmiennych (metody suszenia i czasu rehydracji) na wartości analizowanych parametrów posłużono się dwuczynnikową analizą wariancji z powtórzeniami, porównując między sobą otrzymane wartości cząstkowego η^2 . Do przeprowadzenia ana-

liz wykorzystano programy komputerowe Excel 2007 (Microsoft, USA) oraz Statistica 12 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

WYNIKI I DISKUSJA

Najwyższą zawartością suchej substancji, wynoszącą 98,93%, charakteryzowały się owoce suszone VD, natomiast najmniejszą susz IR-CD (tab.). Susze CD oraz FD charakteryzowały się zawartością suchej substancji na poziomie odpowiednio 94,25 i 93,77%. Najwyższą aktywnością wody, wynoszącą 0,466, charakteryzował się susz MV-CD – wartość ta znacznie różniła się od pozostałych suszy. Aktywność wody suszy otrzymanych metodą CD oraz IR-CD była na zbliżonym poziomie i wynosiła odpowiednio 0,321 oraz 0,377. Najniższą wartość aktywności wody stwierdzono w przypadku suszu VD, co wiązało się także z najniższą zawartością wody w tym materiale. Aktywność wody wszystkich badanych próbek była niższa niż 0,6, co czyniło je stabilnymi pod względem zmian mikrobiologicznych.

Tabela 1. Wybrane właściwości suszy otrzymanych różnymi sposobami

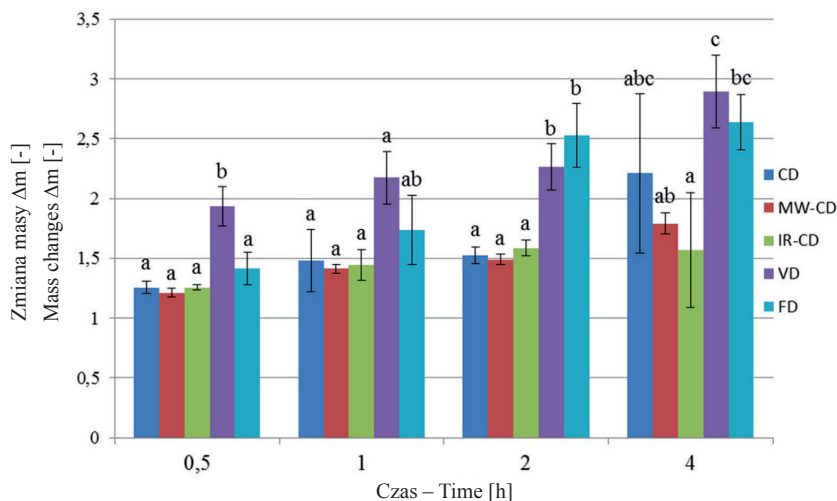
Table 1. Selected properties of dried fruits obtained using different methods

Metoda suszenia Drying method	Sucha substancja Dry matter [%]	Aktywność wody Water activity [-]
CD	94,25 ±0,004 ^a	0,321 ±0,003 ^{ab}
MW-CD	91,70 ±0,029 ^a	0,466 ±0,016 ^c
IR-CD	86,50 ±0,054 ^c	0,377 ±0,080 ^b
VD	98,93 ±0,025 ^b	0,241 ±0,012 ^a
FD	93,77 ±0,007 ^a	0,249 ±0,028 ^a

Wartości średnie oddzielnie w każdej kolumnie, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$ (test Tukeya)/Mean values in each column followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$ (Tukey HSD test).

Na rysunku 1 przedstawiono przyrost masy suszonych owoców mini kiwi podczas rehydracji. W początkowej fazie kinetyka przyrostu masy dla większości próbek była podobna, wraz z trwaniem procesu obserwowano różnicowanie się wyników badanych próbek. Po 30 minutach rehydracji jedynie próbki wysuszone metodą VD charakteryzowały się istotnie wyższą wartością przyrostu masy w porównaniu z pozostałymi badanymi próbkami. Po jednej oraz dwóch godzinach rehydracji największym przyrostem odznaczały się owoce suszone metodami VD i FD, przyrost masy próbek tych różnił się istotnie ($p < 0,05$) od pozostałych.

Przyrost masy mini kiwi po dwóch godzinach rehydracji przyjmował największą wartość dla próbek FD i wynosił 2,53, a najmniejszą dla próbek wysuszonych CD – 1,53. W czwartej godzinie uwadniania parametr ten dla FD oraz VD wynosił odpowiednio 2,90 oraz 2,64, zaś dla owoców wysuszonych konwekcyjnie – 2,21. Próbki otrzymane na drodze suszenia MV-CD oraz IR-CD charakteryzowały się niższym przyrostem masy, odpowiednio o 19 i 29% w porównaniu z suszem otrzymanym metodą CD. Niższa wartość przyrostu



Wartości średnie dla danego czasu rehydracji, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$ (test Tukeya)/Mean values for each rehydration time followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$ (Tukey HSD test)

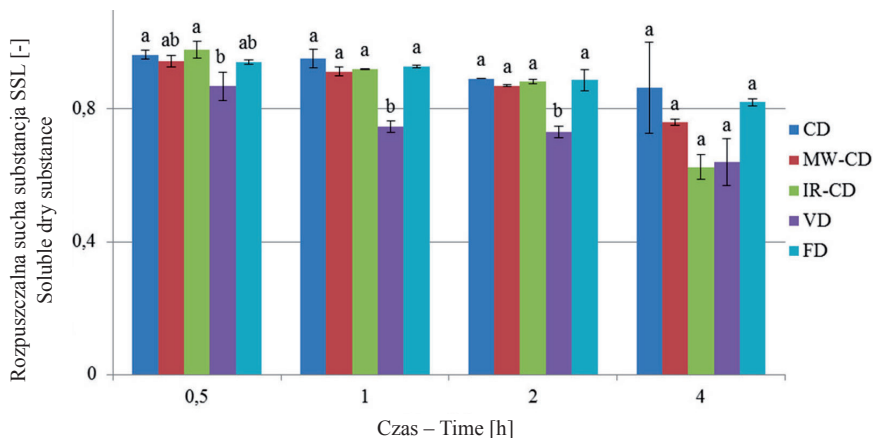
Rys. 1. Względny przyrost masy w trakcie rehydracji

Fig. 1. Relative mass gain during rehydration

masy po cztery godzinach procesu dla suszu otrzymanego metodą IR-CD w porównaniu do CD może wskazywać na zapiekanie się skórki lub powierzchni cięcia owoców podczas suszenia, co ograniczało ruch masy podczas rehydracji. Rząca [2009] badała przyrost masy rehydrowanych suszy jabłkowych otrzymanych metodą: konwekcyjną, mikrofalowo-konwekcyjną oraz promiennikowo-konwekcyjną. Wykazała, że badane susze charakteryzowały się podobnym wzrostem masy, a 3-godzinna rehydracja jabłek zwiększyła ich masę ponad czterokrotnie. Autorka nie stwierdziła jednak istotnego związku między metodą suszenia i zwiększeniem masy suszu podczas rehydracji. Dla porównania Maskan [2001] wykazał, że owoce kiwi suszone metodą mikrofalową cechowały się mniejszym przyrostem masy w porównaniu do suszy konwekcyjnych i mikrofalowo-konwekcyjnych.

Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała, że zmienność przyrostu masy zależała zarówno od czasu rehydracji, jak i od metody suszenia. Częstkowe η^2 tych czynników było zbliżone i wynosiło odpowiednio 0,959 oraz 0,945, lecz nie stwierdzono istotności ich interakcji ($p > 0,05$) na przyrost masy owoców mini kiwi.

W początkowej fazie uwadniania ubytek rozpuszczalnej suchej substancji był niewielki, a wyznaczone wartości zbliżone do siebie (rys. 2). Przykładowo, po 30 minutach uwadniania wartość SSL wynosiła od 0,87 w przypadku suszu VD do 0,98 w przypadku IR-CD. Analiza statystyczna wykazała, że wyłącznie materiał wysuszony VD różnił się istotnie ($p < 0,05$) od suszu CD nawadnianego przez ten sam czas. Podczas dalszych pomiarów różnica zawartości rozpuszczalnej suchej substancji między suszem VD a pozostałymi suszami pogłębiała się.



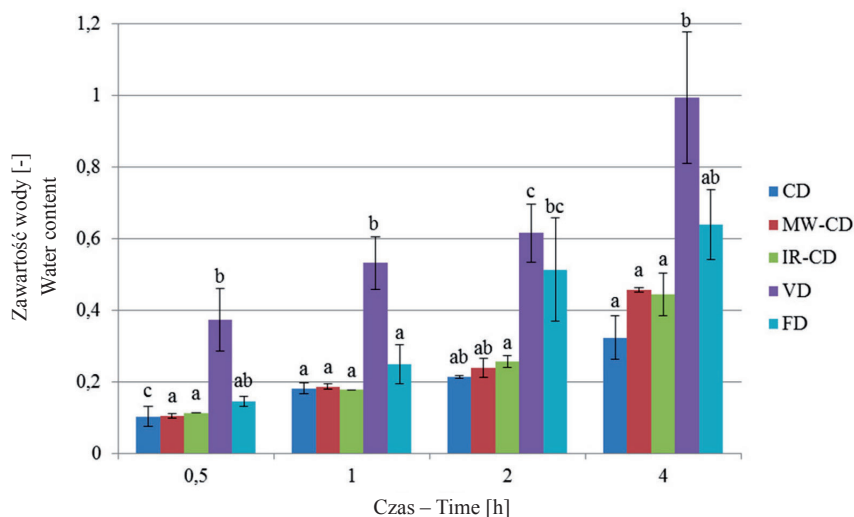
Wartości średnie dla danego czasu rehydracji, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$ (test Tukeya)/Mean values for each rehydration time followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$ (Tukey HSD test).

Rys. 2. Rozpuszczalna sucha substancja w trakcie rehydracji

Fig. 2. Soluble dry substance during rehydration

Po dwóch godzinach nawadniania zawartość suchej substancji owoców suszonych konwekcyjnie, promiennikowo, mikrofalowo i sublimacyjnie (CD, IR-CD, MW-CD oraz FD) wynosiła od 0,87 do 0,89, z kolei w przypadku materiału suszonego próżniowo (VD) wskaźnik ten osiągnął wartość 0,73. Materiał FD charakteryzował się podobnymi wartościami zawartości rozpuszczalnej suchej substancji w czasie rehydracji, co próbki otrzymane z wykorzystaniem metod CD, IR-CD czy MW-CD. Otrzymane wyniki w pewnym stopniu kontrastują z niektórymi doniesieniami literaturowymi. Przykładowo, Stępień i inni [2011] badali, jaki wpływ ma technika suszenia na rehydrację suszonej pietruszki. Autorzy stwierdzili, że suszenie liofilizacyjne powodowało mniejszy ubytek suchej substancji niż suszenie konwekcyjne. Owoce mini kiwi mają odmienną budowę, strukturę i skład chemiczny, a dodatkowo badane susze posiadały skórę. Zachowanie materiału podczas rehydracji zależy nie tylko od metody suszenia, ale także od rodzaju nawadnianego produktu [Witrowa-Rajchert 1999], co może wyjaśniać zaobserwowane różnice. W czwartej godzinie nawadniania zawartość suchej substancji mieściła się w zakresie od 0,62 do 0,86. Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała jednak istotnych różnic ($p < 0,05$) między badanymi próbkami. Mogło to wynikać z dużej bioróżnorodności materiału, wpływającej na przebieg rehydracji, na co wskazują także wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji. Wartość cząstkowego η^2 wszystkich wspomnianych czynników była bardzo wysoka i wynosiła ponad 0,950.

Podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej wskaźników rehydracji, także zmiany zawartości wody w początkowym okresie uwadniania były bardzo podobne, w szczególności dla próbek oznaczonych jako CD, MW-CD, IR-CD oraz FD (rys. 3). Wartość wskaźnika zawartości wody (X) tych materiałów po 1 godzinie rehydracji mieściła się w zakresie od 0,18 do 0,24. Analiza statystyczna wykazała, że zawartość wody po 30 minutach nawadniania owoców wysuszonych technikami niekonwencjonalnymi



Wartości średnie dla danego czasu rehydracji, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$ (test Tukeya)/Mean values for each rehydration time followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$ (Tukey HSD test).

Rys. 3. Zawartość wody w czasie rehydracji

Fig. 3. Water contents during rehydration

(MW-CD, IR-CD) różniła się istotnie ($p < 0,05$) od zawartości wody materiału otrzymanego metodą konwekcyjną (CD). Dalsze prowadzenie rehydracji prowadziło do zwiększania się różnicy względnej zawartości wody materiału wysuszonego metodą VD w porównaniu z próbkami otrzymanymi pozostałymi metodami.

Przykładowo, po godzinie rekonstrukcji względna zawartość wody w suszu VD wynosiła 0,53, natomiast w przypadku suszu CD tylko 0,18. Suszone owoce mini kiwi otrzymane metodą FD po dwóch godzinach nawadniania osiągnęły względną zawartość wody porównywalną do wartości wyznaczonej dla suszy VD rehydrowanych przez godzinę, odpowiednio $X = 0,51$ oraz $X = 0,53$. Po dwóch godzinach procesu uwadniania różnica między zawartością wody próbek FD, VD w ujęciu statystycznym była nieistotna. Po czterech godzinach rehydracji największą zawartość wody – 0,99 – stwierdzono dla suszu VD, a najmniejszą – 0,64 – dla FD.

Rząca i Witrowa-Rajchert [2007], badając kinetykę rehydracji suszy jabłkowych wykazały intensywniejszą początkową rehydrację suszy otrzymanych metodą promiennikowo-konwekcyjną w odniesieniu do metody konwekcyjnej. Stwierdziły również, że różnice te zanikały w dalszym okresie rehydracji, wyjaśniając to wnikaniem wody do wolnych przestrzeni komórkowych i wiążąc wzrost masy materiału z przyrostem masy wody. Z kolei Paślawska i Pełka [2006] stwierdziły, że liofilizowane truskawki miały większą zdolność do chłonięcia wody od owoców suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie.

Jednoczynnikowa analiza wariancji pozwoliła pogrupować badane próbki na dwa zbiory z jednym wspólnym elementem. Jedna grupa jednorodna składała się z próbek oznaczonych jako CD, IR-CD oraz MW-CD, druga zawierała natomiast susz VD. Elementem należącym do obu grup jednorodnych były owoce FD. Stwierdzono także, że

zawartość wody w czasie rehydracji zależała istotnie ($p < 0,05$) zarówno od techniki suszenia, jak i od czasu rehydracji. Wartość cząstkowego η^2 była nieco wyższa w przypadku wpływu metody ($\eta^2 = 0,962$) niż czasu nawadniania ($\eta^2 = 0,931$), co wskazuje na większy udział techniki suszenia na zmienność analizowanego wyróżnika. Nie stwierdzono z kolei istotności ($p < 0,05$) wpływu interakcji tych dwóch badanych czynników.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych w pracy badań można stwierdzić, że metoda suszenia miała istotny wpływ na właściwości rehydracyjne owoców mini kiwi. Stwierdzono, że owoce mini kiwi suszone metodami konwekcyjnymi (CD, IR-CD oraz MW-CD) charakteryzowały się niewielką zdolnością do rehydracji, z kolei susze próżniowe i sublimacyjne istotnie lepiej wchłaniały wodę, przy czym suszone próżniowo charakteryzowały się większą zdolnością pochłaniania wody niż liofilizaty.
2. Biorąc pod uwagę powyższe, do produkcji suszy mini kiwi, które będą wymagały szybkiej rehydracji, najlepsze są metody próżniowa oraz sublimacyjna, a susze, których dalsza aplikacja wymaga niewielkiej zdolności ponownego uwadniania, powinny być produkowane przy wykorzystaniu metody konwekcyjnej, mikrofalowo-konwekcyjnej lub promiennikowo-konwekcyjnej.

LITERATURA

- Bakalis S., Karathanos V.T., 2005. Study of rehydration of osmotically pretreated dried fruit samples. *Drying Technol.* 23, 533–549.
- Basile A., Giorgano S., Lopez-Saez J.A., Cobianchi C., 1999. Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry* 52, 1479–1482.
- Bialik M., Gondek E., Wiktor A., Latocha P., Witrowa-Rajchert D., 2017. Mathematical modeling of drying kinetics of *Actinidia arguta* (mini kiwi). *Agr Eng* 21(4), 5–13.
- Duttaroy A.K., Jørgensen A., 2004. Effects of kiwifruit consumption on platelet aggregation and plasma lipids in healthy human volunteers. *Platelets* 15(5), 287–292.
- Janowicz M., Lenart A., 2007. Rozwój i znaczenie operacji wstępnych w suszeniu żywności. W: Właściwości fizyczne suszonych surowców i produktów spożywczych (red. B. Dobrzański i L. Mieszkalski), Komitet Agrofizyki PAN, Wyd. Naukowe FRNA, Lublin, 15–33.
- Lewicki P.P., 2006. Design of hot air drying for better foods. *Trends Food Sci Technol.* 17(4), 153–163.
- Latocha P., 2017. The Nutritional and Health Benefits of Kiwiberry (*Actinidia arguta*) – a Review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 72, 325–334.
- Latocha P., Krupa T., Wołosiak R., Worobiej E., Wilczak J., 2010. Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia* sp. *Int J. Food Sci Nutr* 61(4), 381–394.
- Latocha P., Łata B., Stasiak A., 2015. Phenolics, ascorbate and the antioxidant potential of kiwiberry vs. common kiwifruit: The effect of cultivar and tissue type. *J. Funct Foods* 19, 155–163.
- Latocha P., Wołosiak R., Worobiej E., Krupa T., 2013. Clonal differences in antioxidant activity and bioactive constituents of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) and its year-to-year variability. *J. Sci Food Agric* 93, 1412–1419.

- Maritza A.M., Sabah M., Anaberta C.-M., Montejano-Gaitán J.G., Allaf K., 2012. Comparative study of various drying processes at physical and chemical properties of strawberries. *Procedia Eng.* 42, 267–282.
- Maskan M., 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristic of kiwifruit during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48, 177–182.
- Łapczyńska-Kordon B., Roczowska-Chmaj S., 2009. Matematyczny model kinetyki rehydracji suszu warzywnego. *Inżynieria Rolnicza* 9(118), 131–137.
- Oliveira F.A.R., Ilincanu L., 1999. Rehydration of dried plant tissues: Basic concepts and mathematical modelling, *Processing Foods* (red. F.A.R. Oliveira i J.C. Oliveira), CRC Press LLC, 201–222.
- Pasławska M., Pełka A., 2006. Właściwości rekonstrytycyjne i barwa suszu truskawkowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(46), 93–99.
- Rush E.C., Patel M., Plank L.D., Ferguson L.R., 2002. Kiwifruit promotes laxation in the elderly. *Asia Pac J. Clin. Nutr.* 11(2), 164–168.
- Rząca M., 2009. Studia nad wykorzystaniem promieniowania podczerwonego i mikrofalowego do suszenia jabłek. Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Rząca M., Witrowa-Rajchert D., 2007. Wpływ techniki suszenia oraz warunków przechowywania na właściwości rekonstrytycyjne i higroskopijne suszu jabłkowego. *Acta Agrophys.* 9(2), 471–479.
- Stepień B., Pasławska M., Jaźwiec B., 2011. Wpływ metody suszenia na zdolność do rehydracji suszonej pietruszki. *Inżynieria Rolnicza* 4(129), 251–256.
- Strumiłło C., 2005. On perspective developments in drying. Materiały z Sympozjum “Proceedings of the 11th Polish Drying Symposium XI PSS”, Poznań, Polska, 13-16 września 2005, materiały na płycie CD.
- Vega-Gálvez A., Miranda M., Clavería R., Quispe I., Vergara J., Uribe E., Paez H., Di Scala K., 2011. Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmotreated jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *LWT-Food Sci. Technol.* 44(1), 16–23.
- Witrowa-Rajchert D., 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

REHYDRATION KINETICS OF DRIED KIWIBERRY (*ACTINIDIA ARGUTA*)

Summary. Kiwiberry (*Actinidia arguta*) also known as mini kiwi is a popular plant which originates from Asia. Mini kiwi fruits are small, gelatinous berries with sweet-sour taste and because their skin is smooth they can be eaten entirely. Relatively high resistance of mini kiwi fruits to low temperature makes this plant very interesting for cultivation in different regions. However, short fruit storability (up to six weeks under refrigeration conditions) limits the utilization of fresh fruits and encourages seeking of effective food preservation treatments, which could retain their nutrients and utilize lower quality fruits. The aim of the study was to demonstrate influence of popular drying methods on rehydration properties of the dried fruits. Kiwiberry were prepared using most popular methods and parameters convective drying (CD), infrared-convective drying (IR-CD), microwave-convective drying (MV-CD), freeze drying (FD) and vacuum drying (VD). Rehydration was performed using distilled water at room temperature and samples were obtained after 30 min, 1, 2 and 4 hours of rehydration. The course of rehydration was evaluated on the basis of mass gain, water content change and loss of soluble solids. Dry matter content of all investigated samples varied from 86,50 to 98,93% in the case of IR-CD and VD method, respectively. Moreover, the water activity of dried fruits remain lower than 0,6 which indicated that sam-

ples were microbiologically stable. During first hour of the process the fastest (in the terms of rehydration course) method was VD, and the slowest were convective based methods. After two hours of reconstitution samples produced by FD and VD method were characterized by the fastest changes of all analysed rehydration indicators. For instance, the soluble solids loss of VD fruits after 2 hours of rehydration was equal to 0,73 whereas in the case of CD samples it was equal to 0,95. Observed differences in the kinetics were maintained till the end of the study. Moreover results obtained for samples dried by CD, MV-CD and IR-CD methods were comparable during all the process. Statistical analysis of demonstrated that both drying technique and immersion time played important role in shaping the variability of all examined rehydration determinants. However, based on partial η^2 values it can be stated that drying method had in some cases bigger impact on rehydration kinetics. Obtained results show that the most promising method for quick kiwiberry rehydration is VD whereas for slower rehydration CD, MV-CD and IR-CD methods should be applied.

Key words: *Actinidia arguta*, kiwiberry, rehydration kinetics, drying