

## **DOŚWIADCZALNA OCENA TWARDOŚCI LIOFILIZATÓW TRUSKAWEK**

Marek Domin, Adrianna Grądzka, Franciszek Kluza  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Streszczenie.** Owoce truskawek odmiany deserowej Elsanta zamrożono ze zróżnicowaną szybkością wynoszącą 4,9; 9,1 oraz 42,9 mm·h<sup>-1</sup> i wysuszono sublimacyjnie pod ciśnieniem 20, 42, 57 oraz 70 Pa. Uzyskane liofilizaty poddano badaniom twardości z wykorzystaniem węgelnika w postaci stożka. Stwierdzono, że zwiększanie szybkości zamrażania prób przed ich sublimacyjnym suszeniem powoduje wzrost twardości uzyskiwanych liofilizatów. Również wraz z obniżaniem ciśnienia procesu suszenia sublimacyjnego zwiększała się twardość liofilizatów.

**Słowa kluczowe:** liofilizacja, truskawki, test twardości, szybkość zamrażania

### **WSTĘP**

Dieta jest jednym z najważniejszych czynników kształtujących zdrowie człowieka, a co za tym idzie – jego kondycję, samopoczucie oraz wygląd. Nierozzerwalnie związane jest to z ilością i jakością dostarczanych organizmowi składników. Z tego powodu przy ustalaniu jadłospisu należy wybierać żywność posiadającą zbilansowaną wartość odżywczą i odpowiednią jakość.

Niezbędnymi elementami diety są warzywa i owoce – bogate źródło węglowodanów, witamin, składników mineralnych oraz błonnika. Składniki te pomagają w utrzymaniu dobrego stanu zdrowia, a także czynnie uczestniczą w profilaktyce wielu chorób. Wzrost świadomości zasad zdrowego żywienia jest jedną z przyczyn wzrostu spożycia owoców i warzyw na terenie całej Unii Europejskiej.

Owoce truskawki są cenione za swe prozdrowotne właściwości. Spożywanie truskawek działa korzystnie m.in. na układ sercowo-naczyniowy. Zalecane jest ich spoży-

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Domin, Katedra Chłodziwnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: marek.domin@up.lublin.pl

wanie osobom borykającym się z reumatyzmem, otyłością, chorobami wątroby i nerek. Jako owoce sezonowe truskawki dostępne są jedynie w ciągu kilku tygodni na początku lata, więc aby można było cieszyć się nimi przez cały rok, należy je utrwalić. Wśród metod utrwalania warto zwrócić szczególną uwagę na technologię liofilizacji. Stosowanie liofilizacji zapewnia zachowanie kluczowych cennych termolabilnych składników i odżywczej wartości żywności. Liofilizowane truskawki utrzymują swe walory organoleptyczne.

Truskawka (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) jest mieszańcem dwóch gatunków poziomki, dlatego obydwu owocom nadano wspólną nazwę rodzajową *Fragaria* (*fragrans* – wonny, aromatyczny, pachnący). Rodzaj ten należy do rzędu różowców (*Rosales*), rodziny różowatych (*Rosaceae*) oraz podrodziny różowych (*Rosoideae*), a gatunek wyhodowano w Europie w wyniku skrzyżowania dwóch gatunków poziomek amerykańskich: poziomki wirginijskiej (*F. virginiana* Mill.) oraz chilijskiej (*F. chiloensis* (L.) Mill.). Skrzyżowania dokonano w XVIII w. na terenie Holandii.

Jednym z największych producentów truskawek jest Polska zajmująca pod tym względem 8 miejsce w światowych rankingach wydajności produkcji. Według statystyk FAO w 2012 r. w Polsce wyprodukowano 150 151 ton truskawek [FAO 2014].

Występujące w truskawkach fruktoza i błonnik pokarmowy mogą korzystnie wpływać na poziom cukru we krwi poprzez spowolnienie trawienia. Dzięki zawartości błonnika i jego sycącemu działaniu, spożywanie truskawek przyczynia się również do kontroli wartości energetycznej przyjmowanej żywności. Ze względu na wysoką zawartość witaminy C, truskawki są ważnym jej źródłem w żywieniu człowieka. Są one również jednym z najbogatszych naturalnych źródeł kwasu foliowego. Jego zawartość określa się na poziomie 20–25 µg/100 g świeżych truskawek, czyli 250 g tych owoców może dostarczyć aż 30% dziennego zalecanego spożycia kwasu foliowego [Giampieri i in. 2012]. Kwas foliowy jest istotnym składnikiem diety człowieka: wpływa pozytywnie na centralny i obwodowy układ nerwowy oraz bierze udział w syntezie kwasów nukleinowych, usprawnia działanie układu pokarmowego poprzez udział w produkcji soków żołądkowych, ma również działanie krwiotwórcze (uczestniczy w produkcji czerwonych krwinek), a jego niedobór może prowadzić do anemii. Wskazana jest również suplementacja diety kwasem foliowym przez kobiety planujące ciążę [Bailey 2010].

Owoce truskawki są źródłem tiaminy, niacyny, ryboflawiny, witamin B<sub>6</sub>, A, K, E, a także minerałów (jod, magnez, miedź, żelazo i fosfor). Są również bogate w mangan – porcja truskawek (osiem średnich owoców) dostarcza ponad 20% zalecanego dziennego spożycia tego minerału. Ta sama ilość owoców dostarcza około 5% zalecanego dziennego spożycia potasu. Truskawki zawierają także wiele związków fitochemicznych, takich jak flawonoidy, kwasy fenolowe, lignany i garbniki. Antocyjany to najważniejsze organiczne związki polifenolowe (flawonoidy) występujące w owocach truskawki, a ich zawartość (od 150 do 800 mg/kg świeżych owoców) warunkowana jest odmianą. Antocyjany są barwnikami roślinnymi, a w organizmie człowieka pełnią rolę naturalnych przeciwutleniaczy, neutralizując wolne rodniki i przeciwdziałając kruchości naczyń krwionośnych. Mają one również działanie przeciwmiażdżycowe (spowalniają utlenia-

nie cholesterolu LDL). Antocyjany stymulują produkcję rodopsyny, światłoczułego barwnika wzrokowego [Piątkowska i in. 2011].

Elagotaniny to związki należące do polifenoli występujących w truskawkach. Ich zawartość wynosi od 25 do 59 mg/100 g świeżych truskawek. W jelicie cienkim w procesie hydrolizy, a następnie laktonizacji z elagotaniny powstaje kwas elagowy wykazujący działanie silnie antyoksydacyjne – redukuje on ilość wolnych rodników oraz zapobiega powstawaniu nowotworów. Kwas elagowy działa ochronnie na DNA: ma właściwości antymutagennie oraz hamuje wiązanie czynników kancerogennych do kwasów nukleinowych. Badania wykazały, że kwas elagowy posiada właściwości przeciwniażdżycowe, przeciwwzapalne oraz może zapobiegać osteoporozie [Kwiatkowska 2010].

W owocach truskawki znajdują się także procyanidyny. Są to związki wykazujące działania przeciwutleniające, przeciwnowotworowe, przeciwbakteryjne (poprzez np. inaktywację bakterii w układzie moczowym) oraz zapobiegające chorobom niedokrwinnym serca [Kosmala i Kołodziejczyk 2006]. Truskawki zawierają również wiele kwasów fenolowych, takich jak kwas kawowy (m.in. hamuje inicjację oraz postęp nowotworów, zapobiega degradacji kolagenu) oraz kwas galusowy (działa ściągająco, przeciwpotnie, antyseptycznie) [Parus2004].

Według tabel całkowitej antyoksydacyjnej pojemności żywności (Total Antioxidant Capacity TAC) owoce jagodowe mają cztery razy większą zawartość przeciwutleniaczy niż inne owoce, dziesięć razy większą niż warzywa i aż 40 razy większą niż zboża. Wśród owoców truskawki mają większe zdolności antyoksydacyjne niż jabłka, brzoskwinie, gruszki, winogrona, pomidory, pomarańcze czy kiwi. Wyniki badań przeprowadzonych w celu określenia udziału poszczególnych związków w TAC wykazały, że witamina C jest odpowiedzialna za ponad 30% TAC truskawek. Antocyjany przyczyniają się do zdolności przeciwutleniających w 25–40%, pozostałe to pochodne kwasu elagowego i flawonoli [Tulipani 2008].

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania klientów i producentów żywnością funkcjonalną. Konsumentom znane są zależności pomiędzy sposobem odżywiania, a stanem zdrowia. Wraz ze wzrostem świadomości w zakresie zaleceń żywieniowych konsumenci w trosce o własne zdrowie częściej wybierają produkty spożywcze o działaniu prozdrowotnym. Fakt ten sprawił, że na rynku pojawia się coraz więcej nowych produktów, najczęściej w postaci żywności wygodnej i funkcjonalnej, których skład jest dostosowany do aktualnych zaleceń żywieniowych, a producenci dodają również biologicznie czynne składniki, które wpływają na organizm konsumentów w pożądanym sposób [Rutkowski 2006, Krygier i Florowska 2008, Achremowicz 2009]. Liofilizacja jest jedną z technologii powszechnie wykorzystywanych w otrzymywaniu żywności wygodnej. To bardzo atrakcyjny sposób utrwalania truskawki, głównie ze względu na wysoki stopień zachowania pierwotnego składu chemicznego surowca – obniżania tylko w nieznacznym stopniu całkowitą ilość związków polifenolowych (w tym antocyjanów) [Michalczyk 2009] oraz nieznacznie degraduje wrażliwą witaminę C [Asami in. 2003]. Dla porównania liofilizowane owoce dzikiej róży zachowują średnio 72% pier-

wotnej zdolności neutralizacji wolnych rodników DPPH, a wskaźnik ten dla owoców suszonych konwencjonalnie wynosi jedynie około 49% [Rutkowska i in. 2012].

Liofilizowane truskawki są doskonałym źródłem flawonoidów, błonnika oraz fitosteroli. Flawonoidy zawarte w truskawkach wykazują silne działanie przeciwutleniające i przeciwzapalne, dzięki czemu mogą zmniejszać ryzyko chorób sercowo-naczyniowych. Badania przeprowadzone na grupie kobiet cierpiących na zespół metaboliczny wykazały, że codzienne spożywanie napojów na bazie 50 g sproszkowanych liofilizowanych truskawek znacząco poprawiał stan ich zdrowia. Po czterech tygodniach od rozpoczęcia przyjmowania liofilizatów odnotowano spadek poziomu cholesterolu LDL u badanych osób o nawet 6%. Poziom dialdehydu malonowego oraz hydroksynonenu, produktów peroksydacji lipidów wykazujących szkodliwe działanie na DNA został zmniejszony o 14%. Aż u trzynastu z szesnastu badanych osób zaobserwowano w osoczu wzrost kwasu elagowego, który wykazuje silne działanie przeciwnowotworowe, przeciwutleniające, przeciwzapalne oraz antymutagenne [Vattem I Shetty 2005, Basu i in. 2014, ]. Podobne badania przeprowadzone na 60 wolontariuszach (5 mężczyzn i 55 kobiet) cierpiących na otyłość brzuszna. U osób, które codziennie przez 12 tygodni spożywały liofilizowane truskawki zaobserwowano znaczny spadek cholesterolu HDL oraz cholesterolu LDL [Basu i in. 2014].

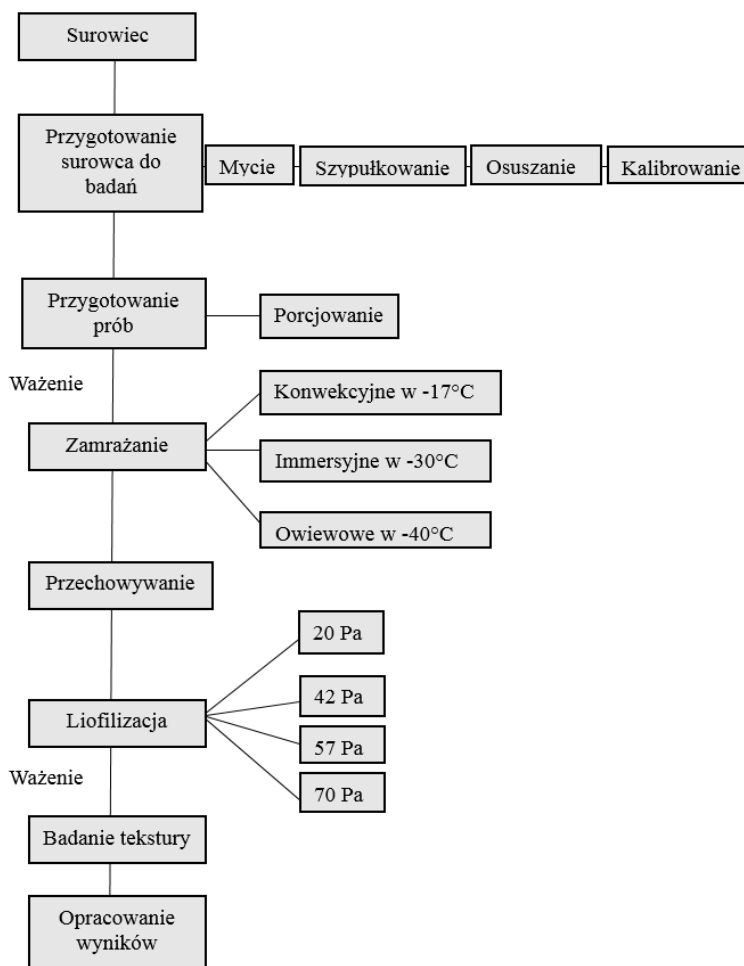
Wyniki eksperymentu przeprowadzonego w 1999 r. na samcach szczurów wykazały antynowotworowy wpływ liofilizowanych truskawek. W ramach badań zredukowano wykorzystanie skrobi kukurydzianej w diecie zwierząt na rzecz liofilizowanych truskawek w ilości 5 oraz 10%. Dietę utrzymywano przez 24 tygodnie, aż do zabicia szczurów. Po czternastu dniach od wprowadzenia do karmy liofilizowanych truskawek raz na tydzień zaczęto podawać im czynnik wywołujący guz przełyku – N-nitrozometylobenzylaminy (NMBA) w ilości 0,25 mg/kg masy ciała przez 15 tygodni. Sekcja zwłok szczurów wykazała, że nie udało się zredukować częstości występowania guzów (brodawczaków) ani u szczurów, którym podawano 5% truskawek w diecie, ani u tych, którym podawano 10% w diecie. Udało się natomiast zmniejszyć mnogość tych guzów, czyli zahamować ich rozwój i mnożenie się. Eksperyment ten wykazuje, że liofilizowane truskawki hamują kancerogenezę oraz fazy rozwoju guzów przełyku w zależności od ich udziału w diecie. Związane jest to ze zdolnością redukcji szkodliwej O<sup>6</sup>-metyloguaniny przez truskawki [Stoner i in. 1999].

Owoce liofilizowane wykorzystuje się albo po ich rehydracji, albo bezpośrednio jako liofilizaty. Niezależnie od tego, istotny wpływ na rehydrację jak i na tak uzyskany po rekonstytucji materiał oraz na technologię bezpośredniego wykorzystania liofilizatów mają ich właściwości wytrzymałościowe i reologiczne.

Celem przeprowadzonych badań było scharakteryzowanie wpływu warunków poszczególnych etapów liofilizacji truskawek w pełnym stadium dojrzałości konsumpcyjnej na kształtowanie się wybranych parametrów wytrzymałościowych produktu.

**MATERIAŁ I METODY**

Badania przeprowadzono zgodnie z opracowanym harmonogramem (rys. 1):



Rys. 1. Schemat harmonogramu badań

Fig. 1. Scheme of investigations

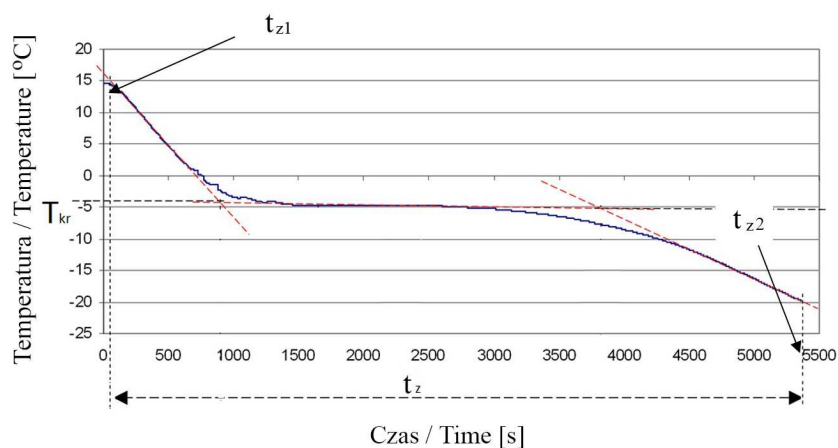
Materiał badany stanowiły owoce truskawek z gatunku Elsanta, zaliczanego do odmian deserowych. Owoce wyselekcjonowane do badań (surowiec I gatunku) charakteryzowała dojrzałość konsumpcyjna i odpowiednie dla tego gatunku wyróżniki smaku, barwy, aromatu i konsystencji. W celu standaryzacji badań owoce kalibrowano, stosując kształt zastępczy w postaci kuli i wybierając te o średnicy 4,0–4,5 cm.

Po umyciu i odszypułkowaniu surowiec osuszano na bibule w strumieniu powietrza o temperaturze pokojowej i dzielono na próby o masie ok. 200 g. Numery poszczególnych prób i dokładną ich masę zapisywano na opakowaniu po zakończonym procesie zamrażania.

Próby owoców truskawki przeznaczone do suszenia sublimacyjnego zamrażano:

- konwekcyjnie, w zamrażarce skrzyniowej, temperatura  $-22,0^{\circ}\text{C}$ ,
- owiewowo, w komorze klimatyzacyjnej (Memmert CTC 256) przy poziomym przepływie powietrza, temperatura  $-40,0^{\circ}\text{C}$ ,
- immersyjnie, poprzez zanurzenie w kriostacie cieczowym, temperatura  $-30,0^{\circ}\text{C}$ .

W centrum truskawek umieszczano sondy cyfrowego rejestratora temperatury (MPI-L) dokonującego pomiarów temperatury materiału w trzysekundowych odstępach podczas zamrażania. Przy wykorzystaniu poniższych zależności, dane pomiarowe pozwoliły na wyznaczenie początkowej temperatury krioskopowej oraz czasu i szybkości zamrażania uzyskiwanych każdą z metod (rys. 2).



Rys. 2. Metoda wyznaczenia parametrów zamrażania:  $T_{kr}$  – początkowa temperatura krioskopowa ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $t_z$  – czas zamrażania (s,h) [Domin i Kluza 2006]

Fig. 2. Method of determination of freezing parameters:  $T_{kr}$  – initial cryoscopic temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $t_z$  – freezing time (s, h) [Domin i Kluza 2006]

Czas zamrażania ( $t_z$ ) (IIR 1989):

$$t_z = t_{z2} - t_{z1} \text{ (s, h)} \quad (1)$$

$t_{z1}$  – czas, po którym osiągnięto ustaloną temperaturę przed zamrażaniem (s, h);

$t_{z2}$  – czas, po którym osiągnięto zamierzoną temperaturę po zamrożeniu (s, h).

Szybkość zamrażania ( $v$ ):

$$v = \frac{s \cdot 0,5}{t_z} \text{ (mm} \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

$s$  – wymiar charakterystyczny próbki (mm);

$t_z$  – czas zamrażania (h).

Zamrożone próby poddano suszeniu sublimacyjnemu w podanych warunkach (CHRIST model ALPHA 2-4 LD):

– ciśnienie: 20 Pa, 42 Pa, 57 Pa, 70 Pa;

– całkowity czas procesu: 72 h.

W czasie dokonywano pomiaru masy prób w celu określenia procentowego jej ubytku podczas liofilizacji (waga laboratoryjna Sartorius, dokładność  $\pm 0,01$  g). Aby jak najdokładniej wyznaczyć ilość wysublimowanej wody, ostatni pomiar wykonano bezpośrednio po wyjęciu prób z liofilizatora. Zmianę masy obliczono zgodnie z PN-ISO 1026:2000:

$$W = \frac{m_p - m_k}{m_p} \times 100\% \text{ (}\% \text{)} \quad (3)$$

$m_p$  – masa próby przed suszeniem;

$m_k$  – masa próby po suszeniu.

Zarówno po zamrożeniu, jak i po suszeniu sublimacyjnym próby przechowywano w temperaturze  $-40,0^\circ\text{C}$ , aby maksymalnie wyeliminować wymianę masy z otoczeniem.

Ocenę tekstury zliofilizowanych truskawek w celu skonkretyzowania wpływu metody zamrażania surowca i ciśnienia podczas procesu suszenia sublimacyjnego dokonano, przeprowadzając pomiary każdej z prób przy użyciu urządzenia LFRA Brookfield Texture Analyzer. Przy pomiarze tekstury zachowano następujące parametry [Dobrzycki i Baryłko-Pikielna 1999]:

- prędkość przesuwu w głębnika  $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ;
- głębokość penetracji 80%;
- kąt stożka  $45^\circ$ ;
- częstotliwość próbkowania 100 pomiarów/s;
- minimalna siła kontaktu 0,01 N;
- liczba powtórzeń 5.

## WYNIKI BADAŃ

Zamrażanie prób przebiegało najwolniej w warunkach konwekcyjnych ( $4,9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Szybkość zamrażania owiewowego była niemal dwukrotnie większa w porównaniu z zamrażaniem konwekcyjnym ( $9,1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Największą średnią szybkość zamrażania owoców truskawki odnotowano w przypadku zamrażania immersyjnego, wyniosła ona  $42,9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  (tab. 1).

Na podstawie uzyskanych krzywych zamrażania metodą stycznych wyznaczono początkową temperaturę krioskopową, której wartość niezależnie od metody zamrażania wyniosła  $-5,5^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 1. Temperatura krioskopowa i szybkość zamrażania prób truskawek zamrożonych zróżnicowanymi metodami

Table 1. Cryoscopic temperature and freezing rate of strawberries frozen by different methods

Metoda zamrażania Freezing method	Początkowa temperatura krioskopowa Initial cryoscopic temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Szybkość zamrażania Freezing rate ( $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )
Konwekcyjne	-5,5	4,9
Owiewowe	-5,5	9,1
Immersyjne	-5,5	42,9

Wyniki pomiarów wyróżnika tekstury przeprowadzone na urządzeniu LFRA Brookfield dzięki oprogramowaniu kontrolnemu poddano interpretacji graficznej w układzie siła nacisku–czas oraz siła nacisku–przesunięcie. Dzięki wysokiej powtarzalności wyników, możliwe było określenie wartości średnich już po pięciu pomiarach (tab. 2).

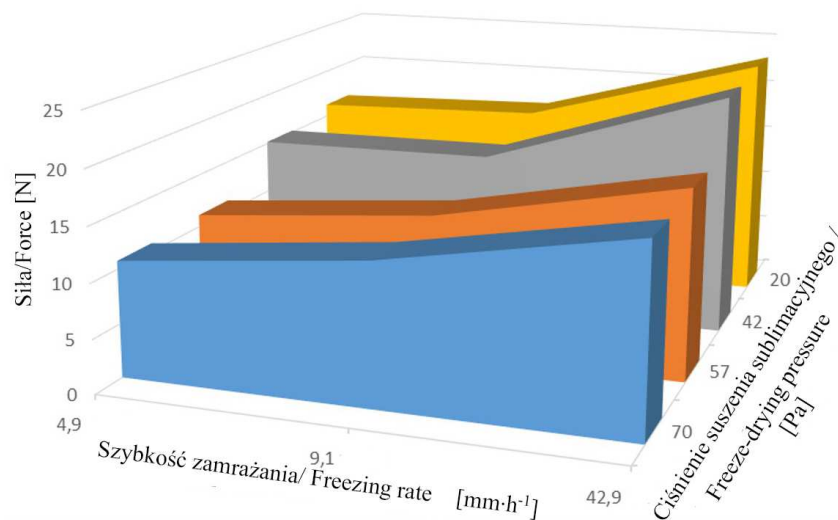
Najwyższe średnie wartości siły nacisku wgłębnika charakteryzowały zliofilizowane truskawki wstępnie zamrażane immersyjnie (szybkość zamrażania  $42,9 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ) i suszone sublimacyjnie pod ciśnieniem 20 Pa i 42 Pa. Zarejestrowane wartości siły nacisku wgłębnika na wysuszone sublimacyjnie próby wyniosły odpowiednio 23,2 N oraz 22,7 N. Najniższą średnią siłę nacisku odnotowano podczas badania prób zamrażanych owiewowo (szybkość zamrażania  $4,9 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ) i wysuszonych sublimacyjnie pod ciśnieniem 57 Pa oraz 70 Pa. W tych przypadkach wartość siły nacisku osiągała odpowiednio 11,1 N i 10,8 N (tab. 2, rys. 3).

Tabela 2. Wybrane wyniki testu penetrometrycznego

Table 2. The selected results of rheological test results of samples

Metoda zamrażania Freezing method	Ciśnienie suszenia Drying pressure (Pa)	Średnia – Mean (N)	Odczylenie standardowe Standard deviation (N)
Konwekcyjne	20	16,28	1,05
	42	15,16	0,99
	57	11,14	0,12
	70	10,76	0,87
Owiewowe	20	16,87	1,67
	42	15,34	1,94
	57	13,13	0,40
	70	13,05	1,04
Immersyjne	20	23,22	0,62
	42	22,75	1,83
	57	17,65	1,32
	70	17,16	1,07





Rys. 3. Wpływ szybkości zamrażania i ciśnienia suszenia sublimacyjnego na wartość średniej siły nacisku węgelnika w badanych liofilizatach truskawek

Fig. 3. The influence of freezing rate and the freeze-drying pressure on the mean of indenter force in lyophilised strawberries

Tabela 3. Zmiana masy prób na skutek liofilizacji  
Table 3. Sample mass change due to lyophilization

Metoda zamrażania Freezing method	Ciśnienie suszenia Drying pressure (Pa)	Masa – Mass		Zmiana masy Mass change(%)
		przed liofilizacją before lyophilisation (g)	po liofilizacji after lyophilisation (g)	
Konwekcyjnie	20	194	17,7	90,9
	57	220	21,1	90,4
Owiewowo	20	196	14,3	92,7
	57	200	14,2	92,9
Immersyjnie	20	214	17,8	91,7
	57	226	18,2	91,9

Odnotowując masę prób przed i po liofilizacji, wyznaczono ubytek masy surowca wskutek liofilizacji. Największym ubytkiem masy charakteryzowały się truskawki zamrażane owiewowo (92,9% przy suszeniu pod ciśnieniem 57 Pa), najmniejszym – surowiec zamrażany konwekcyjnie (90,4% przy suszeniu pod ciśnieniem 57 Pa) (tab. 3).

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania i analiza ich wyników umożliwiły sformułowanie następujących wniosków:

1. Liofilizaty truskawek zamrażanych owiewowo wykazywały lepsze zachowanie ogólnego wyglądu zewnętrznego i mniejszą deformację kształtu w porównaniu z liofilizatami owoców po zamrażaniu immersyjnym i konwekcyjnym.

2. Szybkość zamrażania materiału przed suszeniem sublimacyjnym ma istotny wpływ na teksturę uzyskiwanych liofilizatów truskawek. Większa szybkość zamrażania sprzyja lepszemu zachowaniu struktury zliofilizowanych truskawek, co przekłada się na większą twardość badanych prób.

3. Temperatura krioskopowa owoców truskawki przeznaczonych do liofilizacji wynosiła  $-5,5^{\circ}\text{C}$ . Wartość ta jest niższa od danych literaturowych i zależy od cech odmianowych oraz stopnia konsumpcyjnej dojrzałości owoców.

4. Wartości ciśnienia podczas wstępnego suszenia sublimacyjnego istotnie wpływają na twardość owoców truskawki po liofilizacji. Im niższe ciśnienie wstępnego suszenia sublimacyjnego, tym większa twardość zliofilizowanych owoców truskawki.

## PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz, B. (2009). Nowe produkty a współczesne zalecenia żywieniowe. *Przem. Spoż.*, 63(1), 26–29.
- Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M., Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J. Agricult. Food Chem.*, 51(5), 1237–1241.
- Bailey, L.B. (red.) (2010). *Folate in health and disease*. Taylor & Francis Group.
- Basu, A., Betts, N.M., Nguyen, A., Newman, E.D., Fu, D., Lyons, T.J. (2014). Freeze-dried strawberries lower serum cholesterol and lipid peroxidation in adults with abdominal adiposity and elevated serum lipids. *J. Nutr.*, 144, 830–837.
- Dobrzycki, J.H., Baryłko-Pikielna, N. (1986). Instrumentalne metody pomiaru tekstury żywności. *Prace Instytutu Żywnienia i Żywności*, 42, Warszawa.
- Domin, M., Kluza, F. (2006). Wpływ warunków blanszowania na zmianę wybranych właściwości fizycznych żółtej fasoli szparagowej przeznaczonej do mrożenia. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria*, 5(1), 3–17.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19.
- Kosmala, M., Kołodziejczyk, K. (2006). Procyjanidyny najpopularniejszych w Polsce desero- wych odmian jabłek. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość, Supl.*, 2(47), 124–134.
- Krygier, K., Florowska, A. (2008). Żywność funkcjonalna obecnie i w przyszłości. *Przem. Spoż.*, 62(5), 2–6.
- Kwiatkowska, E. (2010). Kwas elagowy – zawartość w żywności i rola prozdrowotna. *Post. Fitoter.*, 4, 211–214.

- Michalczyk, M., Macura, R., Matuszak, I. (2009). The effect of air-drying, freeze-drying and storage on the quality and antioxidant activity of some selected berries. *J. Food Proc. Preserv.*, 33(1), 11–21.
- Parus, A. (2013). Przeciwwutleniające i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych. *Post. Fitoter.*, 1, 48–53.
- Piątkowska, E., Kopeć, A., Leszczyńska, T. (2011). Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 4(77), 24–35.
- Rutkowska, J., Adamska, A., Pielat, M., Białek, M. (2012). Porównanie składu i właściwości owoców dzikiej róży (*Rosa rugosa*) utrwalanych metodami liofilizacji i suszenia konwencjonalnego. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 4(83), 32–43.
- Rutkowski, A. (2006). Dodatki funkcjonalne do żywności. Geneza i perspektywy. *Przem. Spoż.*, 60(5), 2–8.
- Stoner, G.D., Kresty, L.A., Carlton, P.S., Siglin, J.C., Morse, M.A. (1999) Isothiocyanates and freeze-dried strawberries as inhibitors of esophageal cancer. *Toxic. Sci. (Suppl.)*, 52, 95–100.
- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., Ric de Vos, C.H., i in. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *J. Agricult. Food Chem.*, 56, 696–704.
- Vattem, D., Shetty, K. (2005). Biological function of ellagic acid: a review. *J. Food Biochem.*, 29, 234–266.
- FAO (2014). Baza danych Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa <http://faostat.fao.org> (dostęp: 10.03.2014).

## EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF HARDNESS OF LYOPHILISED STRAWBERRIES

**Abstract.** Strawberry fruits of dessert variety ‘Elsanta’ were frozen at diversified freezing rate at 4.9; 9.1 and 42.9 mm h<sup>-1</sup> and freeze-dried under pressures of 20, 42, 57 and 70 Pa. Obtained lyophilisates were subjected to hardness study with the use of indenter in the form of cone. It was stated that increase of rate freezing of samples causes growth of hardness of obtained lyophilisates. Likewise, while decreasing pressure of freeze-drying process, hardness of lyophilisates increased.

**Key words:** lyophilization, strawberries, hardness test, freezing rate