

## WERYFIKACJA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA PRZYSPIESZONYCH TESTÓW PRZECHOWALNICZYCH DO OCENY STABILNOŚCI SUSZONYCH OWOCÓW WIŚNI I BORÓWKI

Ewelina Tryzno, Magdalena Śledź, Ewa Jakubczyk,  
Dorota Witrowa-Rajchert

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** Celem badań było oszacowanie możliwości zastosowania metody przyspieszonych testów przechowalniczych na podstawie zmian zawartości antocyjanów, co umożliwia przewidywanie terminu przydatności owoców wiśni i borówek brusznicy suszonych sublimacyjnie. Otrzymane susze przechowywano w temperaturze 25, 35 i 45°C przez 4, 8, 24 i 39 tygodni w opakowaniach barierowych. Podczas przechowywania suszonych owoców wiśni i borówki brusznicy wyznaczono zawartość suchej substancji i antocyjanów ogółem spektrofotometryczną metodą różnicową. Możliwość zastosowania testów ASLT dla owoców suszonych została weryfikowana na podstawie wyznaczonej empirycznie energii aktywacji degradacji barwników antocyjanowych każdego suszu i wyliczeniu czasu przechowywania danych suszy w temperaturze podwyższonej. Stwierdzono, że testy przechowalnicze ASLT dla suszonej sublimacyjnie wiśni i borówki brusznicy pomimo wyznaczenia energii aktywacji degradacji barwników antocyjanowych każdego suszu nie znajdują zastosowania jako metoda przyspieszająca wyznaczanie terminu przydatności suszy.

**Słowa kluczowe:** przyspieszone testy przechowalnicze, energia aktywacji, antocyjany, borówka brusznica, wiśnia

### WSTĘP

Wiśnia i borówka brusznica to owoce bardzo popularne, cenione głównie ze względu na swoje walory smakowe i bogactwo składników odżywczych. Wiśnie to źródło pierwiastków, tj. żelaza, miedzi, sodu, manganu, potasu, fosforu, wapnia, witamin: C, P, A, oraz z grupy B. Poza tym swoje właściwości prozdrowotne zawdzięczają obecno-

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Ewelina Tryzno, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: ewelina\_tryzno@sggw.pl

ści kwasów owocowych oraz pektynie, która zwiększa tempo trawienia, pomaga usunąć z organizmu zbędne produkty przemiany materii oraz obniża poziom „złego” cholesterolu. Wiśnie są mało kaloryczne. Dodatkowo zawierają antocyjany, hamujące rozrost komórek rakowych. Poza antocyjanami owoce zawierają witaminę C i karoten, które odpowiedzialne są za zwiększenie odporności i spowolnienie tworzenia zmarszczek [Seradilla i in. 2016]

Owoce borówki zawierają garbniki, które mają działanie ściągające, oraz antocyjany chroniące organizm przed procesami utleniania i starzenia skóry. Oprócz tych związków w skład owoców wchodzi: cukry, witaminy (A, P i C), pektyny i kwasy organiczne, głównie benzoesowy, dzięki któremu owoce są tak odporne, oraz związki polifenolowe: flawany, procyjanidyny, kwas cynamonowy, trans-resweratrol i kwas *p*-kumarowy, które wzmacniają ściany naczyń krwionośnych i zapobiegają ich pękaniu [Reque i in. 2014].

Sezonowość to główny problem, który ogranicza dostępność tych wiśni i borówek. Dlatego przemysł w różny sposób przetwarza i utrwalia te surowce, aby ograniczyć skutki tego zjawiska, a jednocześnie stworzyć konsumentowi możliwość ich całorocznego dostępu. Najpopularniejszymi metodami utrwalania owoców są zamrażanie i suszenie. Dużą rolę w ograniczeniu skutków sezonowości odgrywa również przechowywanie. W miarę upływu czasu zawartość większości składników odżywczych ulega obniżeniu, a produkty tracą na jakości. Jednak odpowiednio dobrane warunki przechowywania umożliwiają ograniczenie niekorzystnych zmian. W tym celu stosuje się badania przechowalnicze, dzięki którym można wyznaczyć termin przydatności do spożycia lub datę minimalnej trwałości. Wyznaczenie trwałości żywności powinno być precyzyjnie zaplanowane i zrealizowane już na etapie projektowania nowego produktu. Testy przechowalnicze, umożliwiające prognozowanie trwałości żywności, można rozdzielić na testy związane z bezpieczeństwem produktu (mikrobiologiczne) oraz testy związane z zachowaniem jakości, czyli akceptacją cech produktu, które decydują o przydatności do spożycia. O ile przy przewidywaniu okresu przydatności produktów mleczarskich i mięsnych badania przechowalnicze trwają krótko, o tyle w przypadku owoców suszonych zajmują one długie lata. Dlatego coraz częściej stosowane są metody przyspieszone prognozowania trwałości, tzw. ASLT (ang. accelerated shelf life tests) [Labuza i Fu 1997]. Celem badań było oszacowanie, w jakim stopniu zastosowanie metody przyspieszonych testów przechowalniczych, na podstawie oznaczania zmian zawartości antocyjanów, pozwala na przewidywanie terminu przydatności suszonych sublimacyjnie owoców, na przykładzie wiśni oraz borówki brusznicy.

## MATERIAŁY I METODY

Mrożone wiśnie i borówki zakupiono na rynku detalicznym i do momentu rozpoczęcia doświadczeń przechowywano w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$ . Eksperymenty rozpoczęto od umieszczenia zamrożonych produktów w zamrażarce szokowej Irinox w temperaturze powietrza  $-40^{\circ}\text{C}$  na czas odpowiadający uzyskaniu przez owoce temperatury  $-38^{\circ}\text{C}$ . Owoce suszono sublimacyjnie (liofilizator Christ Gamma 1-16 LSC, Niemcy), przy temperaturze półki  $20^{\circ}\text{C}$  i ciśnieniu 63 Pa [Tryzno i in. 2015]. Susze pozostawiano w zamkniętych szczelnie opakowaniach na czas 24 h w celu wyrównania wilgotności. Susze

zapakowano w nieprzezroczyste torebki z tworzywa sztucznego PET/met/PE, usuwając 95% powietrza oraz zgrzewając za pomocą pakowarki próżniowej firmy TEPRO. Susze przechowywano (bez dostępu światła) w ciepłarkach w temperaturach 25, 35 i 45°C. Zarówno przed przechowywaniem, jak i po upływie 4, 8, 24 i 39 tygodni wykonano oznaczenia zawartości suchej substancji oraz zawartości antocyjanów ogółem.

Zawartość suchej substancji oznaczono metodą suszarkową według normy PN-EN 12145:2001. Zawartość barwników antocyjanowych przeprowadzono spektrofotometryczną metodą różnicową Giusti i Wrolstad [2001]. Metoda ta polegała na ekstrakcji barwników za pomocą zakwaszonego 80-procentowego roztworu etanolu zakwaszonego 0,1 N kwasem solnym. Następnie ekstrakt mieszało z buforem o pH 1 i 4,5 i mierzono absorbancję przy długości fali 510 nm (spektrofotometr Helios Gamma, Wielka Brytania). Dokonano pomiaru trzech sporządzonych ekstraktów.

Energję aktywacji reakcji degradacji antocyjanów wyznaczono poprzez pomiar zmian zawartości antocyjanów w czasie w suszach owocowych przechowywanych w różnych temperaturach. Stała szybkości reakcji degradacji antocyjanów ( $k$ ) zależała zarówno od stężenia ( $c$ ), jak i rzędu reakcji. W celu określenia rzędu reakcji wykreślono zależność zawartości antocyjanów w produktach przechowywanych w czasie, oddzielnie dla każdej temperatury. Na podstawie krzywych funkcji stężenia od czasu przechowywania  $c = f(\tau)$  oraz liniowej zależności  $\ln c = f(\tau)$ , przyjęto, że degradacja antocyjanów jest reakcją pierwszego rzędu. Następnie odczytano z wykresów logarytmicznych dla każdej z temperatur wartość współczynnika  $-a$ , który zgodnie ze zlogarytmowanym równaniem Arrheniusa wynosi:

$$\ln k = \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln A \quad (1)$$

i umożliwił wyznaczenie wartości  $\ln k$  z zależności  $k = -a$ . Kolejnym krokiem było wykreślenie zależności  $\ln k = 1/T$ . Z równania prostej odczytano współczynnik  $a$ , z którego, według postaci liniowej równania Arrheniusa:

$$\ln k = a \cdot \frac{1}{T} + b \quad (2)$$

wyznaczono wartość energii aktywacji według zależności  $a = -E_a / R$ .

Na podstawie wyznaczonych wartości energii aktywacji analizowanych surowców wyliczono współczynnik temperaturowy  $Q_{10}$  według wzoru:

$$Q_{10} = \exp\left(\frac{10E_a}{RT(T+10)}\right) \quad (3)$$

gdzie:  $E_a$  – energia aktywacji procesów degradacji odpowiednich barwników [ $J \cdot mol^{-1}$ ],  
 $R$  – stała gazowa wynosząca  $8,31 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ,  
 $T$  – temperatura odniesienia 298 K (25°C).

Wartość współczynnika temperaturowego była niezbędnym elementem do wyznaczenia czasu przechowywania ( $\tau_2$ ), czyli czasu przechowywania w podwyższonej temperaturze, który odpowiadał czasowi przechowywania w temperaturze 25°C, gdzie wynosił 39 tygodni. Czas  $\tau_2$  wyznaczono zgodnie ze wzorem:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = Q_{10}^{\frac{\Delta T}{10}} \quad (4)$$

gdzie  $\tau_1$  – czas przechowywania suszy w temperaturze 25°C (39 tygodni),  
 $\Delta T$  – przyrost temperatury [K].

W celu weryfikacji testów wykonano obliczenia dotyczące czasu przechowywania w podwyższonej temperaturze, przyjmując za czas końcowy (przechowywanie w temperaturze 25°C) 24, 8 i 4 tygodnie.

Do analizy różnic między wartościami średnimi cech jakościowych wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA w programie Statistica 12.0. Grupy homogeniczne zostały wyznaczone przy pomocy testu Tukeya, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Porównanie zmian jakościowych przy wyznaczonych czasach przechowywania wykonano, stosując test t-Studenta.

Dwuczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami została przeprowadzona w celu określenia wpływu temperatury lub czasu przechowywania na analizowane cechy jakościowe w programie MS Excel 2013, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyznaczona na podstawie równań (1) i (2) energia aktywacji suszonych wiśni wynosiła 60,53 kJ·mol<sup>-1</sup> (14,46 kcal·mol<sup>-1</sup>). Według Cemeroglu [1994], energia aktywacji degradacji cząstek stałych koncentratu z wiśni wynosi 17,45 kcal·mol<sup>-1</sup>. Energia aktywacji degradacji antocyjanów borówki brusznicy wynosiła 79,31 kJ·mol<sup>-1</sup>. Wynika z tego, że wiśnia jest surowcem bardziej podatnym na degradację antocyjanów niż borówka brusznica. Ochoa [2001] podaje, że głównym czynnikiem wpływającym na stabilność antocyjanów jest pH, jednakże w obu przypadkach mieści się ono w zakresie od 3,5 do 4,19. Możliwe, że na stabilność antocyjanów w borówce brusznicy wpływały inne składniki gwarantujące jej trwałość, np. kwas benzoesowy. Poza tym, bardzo ważną rolę odgrywa budowa chemiczna poszczególnych antocyjanów. Najbardziej trwałymi związkami, które nie ulegają degradacji, są kilkucząsteczkowe pochodne antocyjanów, do których zaliczany jest m.in. malwidyno-3-glukozyd [Piątkowska i in. 2011]. W znajduje się on w ilości około 136 ± 19 mg na kg surowca [Karaaslan i Yaman 2016], natomiast w borówce brusznicy 227 mg na kg surowca [Wang i in. 2008], czyli więcej o około 67% stabilnego antocyjanu, który może przyczynić się do zwiększenia stabilności wszystkich antocyjanów borówki brusznicy. Podobną stabilność, ocenianą na podstawie wartości energii aktywacji degradacji barwników (75,5 kJ·mol<sup>-1</sup>), zaobserwowano w soku z jeżyny [Wang i Xu 2007]. Zbliżona była również wartość pH soku z jeżyny – od 3,9 do 4,5.

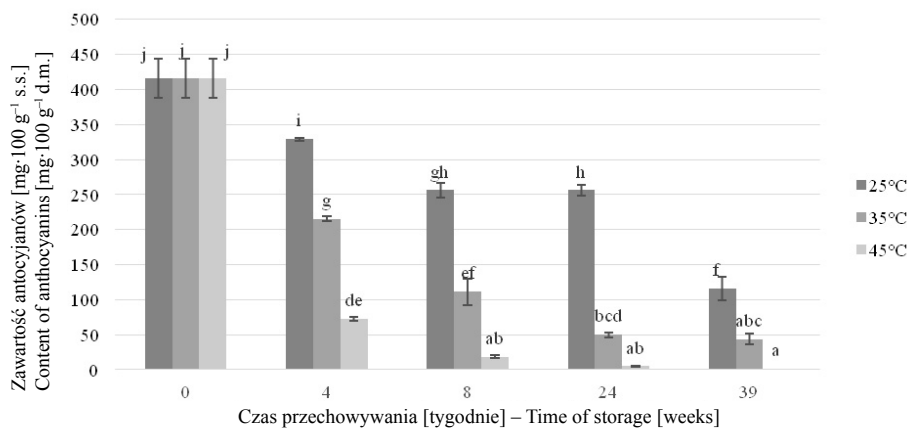
Na podstawie energii aktywacji (równanie 3 i 4) wyznaczono teoretyczny czas, przez jaki powinno się przechowywać susze w podwyższonych temperaturach. Takie same zmiany, jakie zanotowano w przechowywanych suszach po 39 tygodniach w temperaturze 25°C, powinny być obserwowane w suszach przechowywanych w temperaturze 35°C przez 17,6 i 13,8 tygodni, a przechowywanych w temperaturze 45°C przez 8,4 i 5,2 tygodni odpowiednio w przypadku wiśni i borówki brusznicy.

Degradacja antocyjanów jest w głównej mierze powodowana podwyższoną temperaturą, która przyspiesza reakcje chemiczne i enzymatyczne. Mechanizmy degradacji antocyjanów podczas przechowywania zostały zaproponowane przez Erlandson i Wrolstad [1972].

Według Šumic i innych [2013], którzy badali wpływ suszenia próżniowego na zawartość składników odżywczych w wiśni, zawartość antocyjanów wahała się od 51,8 do 144 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. w przypadku suszonych wiśni, a w świeżych wiśniach wyrosła 151 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. Z kolei Kirakosyan i inni [2009] podają, że zawartość antocyjanów w suszonej wiśni wynosiła od 17,3 do 56,4 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s., a między 533 do 1741 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. w wiśni mrożonej. W niniejszych badaniach zawartość antocyjanów w wiśni mrożonej wynosiła 428,9 ±40,8 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s., a w wiśni suszonej 416,0 ±27,4 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. (rys. 1), co wskazuje na to, że suszenie sublimacyjne nie wpłynęło na zmiany zawartości antocyjanów. Rozbieżności w wartościach między przeprowadzonymi eksperymentami mogą wynikać ze zróżnicowania odmianowego i warunków klimatycznych, gdyż, jak pokazał eksperyment Rimpapa i innych [2007], odmiana owoców w znacznym stopniu wpływa na zawartość antocyjanów. Według Wang i innych [1997] zawartość antocyjanów w wiśni może wahać się od kilku miligramów na 100 g produktu w jasno barwionych owocach do około 700 mg na 100 g produktu w wiśniach ciemnych. W *Prunus avium* L., czyli wiśni dzikiej uprawianej w okolicach Sarajewa, ich zawartość wynosiła 680 mg na 100 g produktu, a w przypadku *Prunus cerasus* L., czyli wiśni pospolitej pochodzącej z okolic Travnika, tylko 115 mg antocyjanów na 100 g produktu.

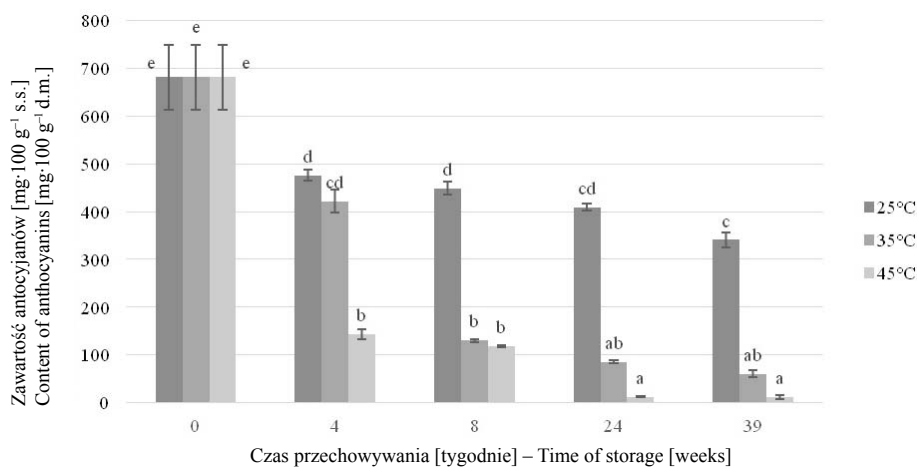
Analiza statystyczna w omawianych doświadczeniach nie wykazała istotnego wpływu suszenia na zawartość tych barwników. Jednak podczas przechowywania zauważono znaczną ich degradację (rys. 1). Największy (bo blisko 100%) spadek zawartości antocyjanów odnotowano w przypadku wiśni przechowywanych w temperaturze 45°C przez 8, 24 oraz 39 tygodni oraz przechowywanych w temperaturze 35°C przez 24 i 39 tygodni. Nie zanotowano istotnie statystycznych różnic między zawartością antocyjanów w wiśniach przechowywanych w temperaturze 25°C przez 39 tygodni, w temperaturze 35°C przez 8 tygodni oraz w temperaturze 45°C przez 4 tygodnie. Nie stwierdzono również zróżnicowania zawartości antocyjanów w suszonych owocach przechowywanych w temperaturze 25°C przez 8 i 24 tygodnie oraz w temperaturze 35°C przez 4 i 8 tygodni.

Zawartość antocyjanów w borówce brusznicy mrożonej wynosiła 523 ±8 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. Według Andersen [1985] zawartość antocyjanów w owocach borówki brusznicy wynosiła 174 mg na 100 g świeżego owocu. Autorzy podają, że antocyjany zlokalizowane są w skórce owocu, a miąższ zawiera ich niewielkie ilości [Borukh 1974]. Proces suszenia spowodował zwiększenie zawartości antocyjanów do 681 ±67 mg·100 g<sup>-1</sup> s.s. (rys. 2).



Rys. 1. Zawartość antocyjanów w suszonej wiśni przechowywanej w temperaturach 25, 35 i 45°C w czasie 4, 8, 24, 39 tygodni (a, b – jednakowe litery oznaczają grupy homogeniczne, nie różniące się w ujęciu statystycznym, test Tukeya,  $\alpha = 0,05$ )

Fig. 1. Content of anthocyanins in freeze-dried cherry stored at a temperature of 25, 35 and 45°C after 4, 8, 24, 39 weeks (a, b – the same letters indicate homogenous group, Tukey's test,  $\alpha = 0.05$ )



Rys. 2. Zawartość antocyjanów w suszonej sublimacyjnie borówce brusznicy przechowywanej w temperaturach 25, 35 i 45°C po czasie 4, 8, 24, 39 tygodni (a, b – jednakowe litery oznaczają grupy homogeniczne, nie różniące się w ujęciu statystycznym, test Tukeya,  $\alpha = 0,05$ )

Fig. 2. Content of anthocyanins in dried highbush blueberry stored at temperature of 25, 35 and 45°C after 4, 8, 24, 39 weeks (a, b – the same letters mean homogeneous groups, not differing in a statistical approach, Tukey's test,  $\alpha = 0.05$ )

Taki wynik prawdopodobnie został spowodowany zwiększoną możliwością ekstrakcji antocyjanów z suszy, które po procesie suszenia było łatwiej rozdrobnić. Przechowywanie wpłynęło istotnie statystycznie na zmniejszenie zawartości antocyjanów. Przechowywanie w temperaturze 25°C zdecydowanie mniej zdegradowało antocyjany niż przechowywanie w wyższych temperaturach. Przechowywanie w temperaturach 35 i 45°C zdecydowanie przyspieszało degradację barwników, których zawartość w przypadku najwyższej temperatury przechowywania przez 24 i 39 tygodni zmalała prawie do zera, szczególnie w przypadku temperatury 45°C. Mimo widocznych różnic w zawartości antocyjanów w borówce brusznicy przechowywanej w temperaturach 35 i 45°C, w ujęciu statystycznym nie stwierdzono różnicowania wartości uzyskanych w tych temperaturach. Nie zanotowano istotnej różnicy między zawartością antocyjanów w borówce brusznicy przechowywanej w temperaturze 25°C przez 39, 24, 8 tygodni oraz w temperaturze 35°C przez 4 tygodnie.

Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała, że zarówno czas, jak i temperatura przechowywania miały statystycznie istotny wpływ na zmiany zawartości antocyjanów w suszonej wiśni oraz borówce brusznicy. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu interakcji tych czynników.

Na podstawie energii aktywacji degradacji antocyjanów, korzystając z równań (3) i (4), wyznaczono czasy przechowywania ( $\tau_2$ ) w podwyższonej temperaturze, odpowiadające czasowi przechowywania przez określony czas (39, 24, 8 i 4 tygodnie) w temperaturze 25°C. Wyznaczone wartości dla temperatur 35 i 45°C przedstawiono w tabeli. Aby ocenić, czy procedura przyspieszonych testów przechowalniczych jest możliwa do zastosowania w przypadku badanych owoców do oceny zmian zachodzących w materiale w czasie długotrwałego przechowywania, wybrano czasy  $\tau_2$ , zbliżone do czasów, w których prowadzono analizy.

Tabela. Czas przechowywania otrzymanych metodą sublimacyjną suszy w podwyższonych temperaturach, odpowiadający czasowi przechowywania przez 39, 24, 8 i 4 tygodnie w temperaturze 25°C

Table. Storage time of dried fruits at increased temperature in comparison to storage time for 39, 24, 8 and 4 weeks at 25°C

Produkt Product	Temperatura Temperature	Tygodnie przechowywania Storage weeks			
Wiśnia Cherry	25°C	39	24	8	4
	35°C	17,6	10,8	3,6	1,8
	45°C	8,4	5,2	1,7	0,9
Borówka brusznica Highbush blueberry	25°C	39	24	8	4
	35°C	13,8	8,5	2,8	1,4
	45°C	5,2	3,2	1,1	0,5

Analizując czasy przechowywania wiśni, stwierdzono, że w suszach przechowywanych w temperaturze 35°C przez 3,6 (ok. 4) tygodnia powinny zajść takie same zmiany jakościowe jak w suszonych wiśniach przechowywanych w temperaturze 25°C przez 8 tygodni. Z kolei czas przechowywania w temperaturze 45°C przez 8,4 (ok. 8) tygodnia powinien spowodować podobne zmiany jakościowe jak w wiśniach przechowywanych w tempe-

raturze 25°C przez 39 tygodnie. Czasy, wybrane do porównania zmian jakościowych suszonych borówek brusznicy, to 8,5 (ok. 8) oraz 3,2 (ok. 4) tygodnia w przypadku temperatury przechowywania odpowiednio 35 oraz 45°C. Czasy te odpowiadały przechowywaniu przez 24 tygodnie w temperaturze 25°C.

Porównując zawartość antocyjanów we wspomnianych czasach, stosując test t-Studenta, stwierdzono statystycznie istotne różnice między analizowanymi wielkościami. Oznacza to, że w przypadku suszonych sublimacyjnie owoców wiśni i borówki brusznicy zastosowanie przyspieszonych testów przechowalniczych, na podstawie wyznaczonej energii aktywacji degradacji barwników antocyjanowych, do oceny stabilności tych produktów nie ma uzasadnienia.

## WNIOSKI

1. Metoda przyspieszonych testów przechowalniczych nie ma zastosowania do przewidywania trwałości analizowanych suszy sublimacyjnych. Wyznaczenie indywidualnej energii aktywacji degradacji barwników antocyjanowych zawartych w suszach wiśni i borówki brusznicy nie powoduje lepszego oszacowania odpowiedniego czasu przechowywania.

2. Antocyjany zawarte w suszu wiśni i borówki należą do barwników bardzo nietrwałych, ulegających procesom degradacji w podwyższonych temperaturach. Dziewięćmiesięczne przechowywanie w podwyższonych temperaturach (35 i 45°C) powodowało praktycznie całkowitą degradację tych związków. Zarówno temperatura, jak i czas przechowywania miały istotny wpływ na zawartość barwników w suszonych owocach.

## LITERATURA

- Andersen O.M., 1985. Chromatographic separation of anthocyanins in cowberry (lingonberry) *Vaccinium vitis-idaea* L. *Journal of Food Science* 50(5), 1230-1232.
- Borukh I.F., 1974. Anthocyanins and anthocyanidins in various parts of the bilberry and cowberry. *Tovarovedenie* 7, 42-43.
- Cemeroglu B., Velioglu S., Isik S., 1994. Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *Journal of Food Science* 59(6), 1216-1218.
- Erlanson J.A., Wrolstad R.E., 1972. Degradation of anthocyanins at limited water concentrations. *Journal of Food Science* 37, 592-595.
- Giusti M.M., Wrolstad R.E., 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* F1.2.1-F1.2.13.
- Karaaslan N.M., Yaman M., 2016. Determination of anthocyanins in cherry and cranberry by high performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry. *European Food Research and Technology* 242, 127-135.
- Kirakosyan A., Seymour M.E., Urcuyo Llanes E.D., Kaufman B.P., Bolling F.S., 2009. Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products. *Food Chemistry* 115, 20-25.
- Labuza T.P., Fu B., 1997. Shelf life of frozen foods. Shelf life testing. Procedures and prediction methods. In: *Frozen Food Quality*. CRC Press, Denver, 377-415.



- Ochoa M.R., Kessler A.G., De Michaelis A., Mugridge A., Chaves A.R., 2001. Kinetics of colour change of raspberry, sweet (*Prunus avium*), and sour (*Prunus cerasus*) cherries preserves packed in glass containers: light and room temperature effects. *Journal of Food Engineering* 49, 55-62.
- Piątkowska E., Kopeć A., Leszczyńska T., 2011. Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(77), 24-35.
- Reque P.M., Steffens R.S., Jablonski A., Flôres S.H., Rios A.de O, de Jong E.V., 2014. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis* 33(1), 111-116.
- Rimpapa Z., Toromanovic J., Tahirovic I., Šapčanin A., Sofic E. 2007. Total content of phenols and anthocyanins in edible fruits from Bośnia. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences* 7(2), 119-122.
- Serradilla M.N., Joaquín M., Hernández A., López-Corrales M., Ruiz-Moyano S., de Guía Córdoba M., Martin A., 2016. Composition of the Cherry (*Prunus avium* L. and *Prunus cerasus* L.; *Rosaceae*). In: *Nutritional composition of fruit cultivars.* (red.) M.S.J. Simmonds, W.R. Preedy. Academic Press, 127-147.
- Šumic Z., Tepić A., Vidović S., Jokić S., Malbaša R., 2013. Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. *Food Chemistry* 136, 55-63.
- Tryzno E., Śledź M., Witrowa-Rajchert D., 2015. Wpływ warunków przechowywania na wybrane właściwości liofilizowanych malin. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 581, 113-122.
- Wang H., Cao G., Prior R.L., 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 304-309.
- Wang S.Y., Chen C., Sciarappa W., Wang C.Y., Camp M.J., 2008. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(14), 5788-5794.
- Wang W.-D., Xu S.-Y., 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering* 82(3), 271-275.

## VERIFICATION OF THE APPLICABILITY OF THE USE OF ACCELERATED SHELF LIFE TESTS FOR EVALUATING THE STABILITY OF DRIED CHERRY AND BLUEBERRY FRUIT

**Summary.** The aim of this study was to estimate the possibility, how the method of accelerated shelf life tests (ASLT), based on changes in the content of anthocyanins, allows to predict a shelf-life of the freeze-dried fruits: cherry and blueberry. Frozen fruits ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) purchased at local market were placed in a shock freezer at the temperature of  $-40^{\circ}\text{C}$  for time required to obtain the fruit temperature of  $-38^{\circ}\text{C}$ . Samples were then dried at the temperature of  $20^{\circ}\text{C}$  and at the pressure of 63 Pa for 24 h, after drying the fruits was packed in the opaque PET/Met/PE plastic bags with removing 95% of air. Samples were packed and stored without light exposure at temperatures: 25, 35 and  $45^{\circ}\text{C}$ . After storage during 0, 4, 8, 24 and 39 weeks, dry mater and anthocyanins content by pH-differential methods were examined. Verification of ASLT was based on the experiments which enabled to determine an activation energy for the degradation of anthocyanins in dried fruits. Also the storage time of dried fruits at increased temperature was calculated. Analysis of storage times showed that the same quality changes were observed for dried cherry stored at  $35^{\circ}\text{C}$  for 3.6 weeks

as well as for dried ones stored for 8 weeks at 25°C. The storage of dried cherries at 45°C for 8.4 weeks should also result in similar qualitative changes as in material stored at 25°C for 39 weeks. The times chosen to compare the changes in the quality of dried blueberries are 8.5 and 3.2 weeks for storage temperatures of 35 and 45°C, respectively. These times correspond to 24 weeks of storage at 25°C. There was a statistically significant difference in anthocyanin content at selected storage times. It was observed that anthocyanins were very unstable compounds at high temperatures. After 39 weeks of storage at 35 and 45°C almost all of anthocyanins in freeze-dried fruits were degraded. Anthocyanins were the most stable at 25°C, and their content did not decrease during the 8 weeks of storage. Both temperature and storage time had a significant impact on the content of plant pigments in the dried fruits. It was found that despite obtaining an activation energy for the degradation of anthocyanins in dried materials, the storage tests cannot be used as a method of accelerating the determination of the shelf-life of dried cherries and blueberries.

**Key words:** accelerated shelf life tests, activation energy, anthocyanins, highbush blueberry, cherry