

Małgorzata Dżugan, *Monika Tomczyk, Monika Reguła, Michał Milek

Możliwości wprowadzenia owoców pigwowca japońskiego do codziennej diety

The possibilities of introducing Japanese quince fruit into daily diet

Zakład Chemii i Toksykologii Żywności, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia,
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski
Dyrektor Instytutu: dr hab. inż. Grzegorz Zaguła, prof. UR

SUMMARY

Introduction. Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) is an ornamental shrub that produces aromatic fruit, characterized by a high content of vitamin C and strong antioxidant activity. Due to its intensely sour taste, quince fruit is mainly used for preserves, such as liqueurs, jams and syrups.

Aim. The aim of the study was to analyze bioactive components in quince fruit products subjected to different processing methods and to assess their potential as a lemon substitute in syrups and tea infusions.

Material and methods. The test material consisted of Japanese quince fruits from a private orchard, which were subjected to freezing, convective drying, freeze-drying, candying, and also processed into juice and medicinal syrup with the addition of garlic and honey. For the samples prepared in this way, a comparison was made of the physicochemical properties (total soluble solids [°Brix], titratable acidity, pH, water content), vitamin C content, total phenolic content (TPC) and antioxidant activity (FRAP) in relation to raw fruits.

Results. Analyses showed a high content of bioactive compounds, i.e. polyphenols, vitamin C as well as antioxidant activity of fresh Japanese quince fruit. The losses of bioactive compounds during convective drying were comparable to freeze-drying, which allows us to recommend such fruit preservation at home conditions. Simultaneously, it was shown that quince fruit is not suitable for freezing. A valuable form of fruit preservation is the production of syrup or candying, but the increase in calorific value associated with the technological addition of sugar should be considered.

Conclusions. The possibility of using quince fruit as a valuable substitute for lemon in homemade syrups and tea infusions was demonstrated.

Keywords: Japanese quince, fruits, fixation, vitamin C, antioxidant activity

STRESZCZENIE

Wstęp. Pigwowiec japoński (*Chaenomeles japonica*) to krzew ozdobny wydający aromatyczne owoce charakteryzujące się wysoką zawartością witaminy C i wysoką aktywnością antyoksydacyjną. Ze względu na swój intensywnie kwaśny smak, owoce pigwowca są wykorzystywane głównie do przetworów, takich jak: nalewki, dżemy czy syropy.

Cel pracy. Celem pracy była analiza składników bioaktywnych w produktach z owoców pigwowca poddanych różnym metodom obróbki oraz ocena ich potencjału jako zamiennika cytryny w syropach i naparach herbacianych.

Materiał i metody. Materiał badany stanowiły owoce pigwowca japońskiego z prywatnego sadu, które poddano mrożeniu, suszeniu konwekcyjnemu, liofilizacji i kandyzowaniu, a także przetworzono na sok i syrop leczniczy z dodatkiem czosnku i miodu. Dla tak przygotowanych próbek dokonano porównania właściwości fizykochemicznych (zawartość rozpuszczalnych substancji stałych [°Brix], kwasowość miareczkowa, pH, zawartość wody), zawartości witaminy C, całkowitej zawartości związków fenolowych (TPC) oraz aktywności przeciwutleniającej (FRAP) w stosunku do surowych owoców.

Wyniki. Analizy wykazały wysoką zawartość związków bioaktywnych, tj. polifenoli, witaminy C oraz aktywność antyoksydacyjną świeżych owoców pigwowca japońskiego. Udowodniono, że straty związków bioaktywnych podczas suszenia konwekcyjnego są porównywalne z suszeniem sublimacyjnym, co pozwala rekomendować takie utrwalanie owoców w warunkach domowych. Równocześnie stwierdzono, że owoce pigwowca nie nadają się do mrożenia. Wartościową formą utrwalenia owoców jest wytwarzanie syropu czy kandyzowanie, jednak należy tu uwzględnić wzrost kaloryczności związany z technologicznym dodatkiem cukru.

Wnioski. Wykazano możliwość zastosowania owoców pigwowca jako wartościowego zamiennika cytryny w domowych syropach i naparach herbacianych.

Słowa kluczowe: pigwowiec japoński, owoce, utrwalanie, witamina C, aktywność antyoksydacyjna

Wprowadzenie

Pigwowiec japoński (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach) to krzew należący do rodziny różowatych (*Rosaceae*) i podrodziny jabłkowych (*Pomoideae*) pochodzący z Japonii, który aktualnie na całym świecie jest uprawiany przede wszystkim jako roślina ozdobna (1, 2). Pigwowiec japoński odznacza się jajowatymi liśćmi (długość 3-5 cm) z dużymi przylistkami oraz łososioworóżowymi lub pomarańczowoczerwonymi kwiatami (2, 3). Kwitnie często dwukrotnie, na wiosnę i jesienią, a po przekwitnięciu wydaje okrągłe, zielono-żółte, mocno kwaskowate owoce, które w przekroju przypominają małe jabłko z dużą komorą nasienną (ryc. 1a, b) (4, 5).

Owoce pigwowca zawierają 12-17% suchej masy, z czego większość, tj. 3,5-4,5%, przypada na kwasy organiczne (jabłkowy, chinowy i bursztynowy), 1,2-2,3% stanowią cukry, w tym głównie łatwo przyswajalne fruktoza i glukoza, a 0,7-1,3% – pektyny (2). Taka proporcja cukrów i kwasów uniemożliwia spożywanie owoców pigwowca na surowo, jednak mogą one stanowić cenny półprodukt dla przetwórstwa. Owoce charakteryzują się dużą zawartością błonnika, a 53% tego składnika zlokalizowane jest w miąższu. Należą też do zasobnych w składniki mineralne: żelazo, magnez, fosfor, cynk, molibden i miedź (6, 7).

Ze względu na bogaty skład chemiczny owoce *Chaenomeles japonica* wykazują liczne właściwości prozdrowotne, które od wieków są wykorzystywane w medycynie ludowej. W Chinach pigwowiec japoński jest stosowany w leczeniu reumatoidalnego zapalenia stawów, zapalenia wątroby i astmy (8). Owoce pigwowca są bogatym źródłem witaminy C (ok. 100 mg/100 g), która wspomaga układ odpornościowy, chroni organizm przed infekcjami i działa jako silny przeciwutleniacz (7, 9). Ich regularne spożywanie może pomóc w walce z przeziębieniami i infekcjami dróg oddechowych. Ekstrakty z owoców

pigwowca wykazują działanie przeciwzapalne i przeciwwirusowe, co czyni je pomocnymi w łagodzeniu objawów przeziębienia, grypy oraz stanów zapalnych gardła (10, 11). Ich kwaśny smak wspomaga produkcję soków żołądkowych, co sprzyja trawieniu, dlatego mogą być pomocne w przypadku niestrawności i problemów żołądkowych. Zawarty w owocach błonnik wspomaga pracę jelit, regulując perystaltykę i zapobiegając zaparciom. Dzięki obecności polifenoli i flawonoidów owoce pigwowca mają silne działanie antyoksydacyjne. Chronią komórki organizmu przed stresem oksydacyjnym i przedwczesnym starzeniem się, wspomagając ogólną kondycję zdrowotną, chronią przed chorobami sercowo-naczyniowymi oraz wykazują aktywność przeciwnowotworową, przeciwzapalną i przeciwdrobnoustrojową (7, 11) związaną z występowaniem charakterystycznych dla pigwowca kwasów ursolowego i oleanolowego (8). Wykazano też korzystny wpływ soku z pigwowca japońskiego w leczeniu raka prostaty i raka piersi (12). Regularne spożywanie przetworów z *Chaenomeles japonica* może przyczyniać się do obniżenia poziomu „złego” cholesterolu (LDL) we krwi, co korzystnie wpływa na układ krążenia (13). Wykazano hamujące działanie soku z pigwowca na rozwój cukrzycy spowodowane jego hipoglikemicznym działaniem (zapobiega nadmiernej wzroście cukru we krwi). Owoce *Chaenomeles japonica* mają również właściwości antybakteryjne, dzięki czemu mogą wspomagać leczenie infekcji bakteryjnych, szczególnie w układzie pokarmowym (14).

Charakterystyczny aromat, duża zawartość pektyn, kwasów organicznych, błonnika, a także witaminy C decydują o wykorzystaniu owoców pigwowca w przemyśle spożywczym. Ze względu na wysoką zawartość witaminy C (60-100 mg/100 g), większą niż w cytrynie (40-60 mg/100 g), bywa stosowany jako jej zamiennik i dodatek do herbaty, w związku z czym często nazywany jest polską cytryną (15). Dzięki dużej zawartości pektyn można stosować go jako środek żelujący do produkcji dżemów i marmolad (16). Z owoców pigwowca wytwarza się soki (surowe i zagęszczone), koncentraty, lemoniady i lody. Wytłoki po produkcji soków z *Chaenomeles japonica* stosuje się do herbat i naparów lub jako wkład do przecierów spożywczych. Może być on również stosowany w przemyśle alkoholowym do produkcji nalewek, wódek i win (9). Owoce pigwowca, chociaż są bardzo kwaśne i cierpkie



Ryc. 1a, b. Owoce *Chaenomeles japonica*

na surowo, po przetworzeniu zyskują szerokie zastosowanie nie tylko w przemyśle spożywczym, ale też kosmetycznym i olejarskim.

Cel pracy

Celem pracy była charakterystyka zawartości składników bioaktywnych w produktach uzyskanych z owoców pigwowca z zastosowaniem różnych metod obróbki oraz zbadanie możliwości wykorzystania tych owoców jako zamiennika cytryny w syropach i naparach herbacianych.

Materiał i metody

Materiał badany stanowiły owoce *Chaenomeles japonica* o różnym stopniu dojrzałości zebrane w okresie jesiennym (październik) z krzewu uprawianego w prywatnym sadzie. Analizy przeprowadzono dla owoców świeżych oraz poddanych obróbce (tab. 1).

Zarówno owoce świeże, jak i przetworzone przechowywano w szczelnie zamkniętych słoikach szklanych do czasu analiz (maksymalnie 10 dni). Owoce suszone konwekcyjnie i liofilizowane przechowywano w temperaturze pokojowej ($21 \pm 2^\circ\text{C}$) bez dostępu światła. Pozostałe próbki przechowywano w lodówce w temperaturze 4°C . Syropy lecznicze poddawano analizom w dniu 0 oraz po 7 i 10 dniach przechowywania w lodówce.

W celu porównania efektywności ekstrakcji witaminy C ze świeżych owoców pigwowca i cytryny przygotowano ekstrakty z użyciem wody o temperaturze 100 i 50°C . W tym celu 14 g owoców (2 plastry grubości 3 mm) zalano 100 ml wody o odpowiedniej temperaturze i po 15 minutach w odsączonych ekstraktach dokonano oznaczenia zawartości witaminy C. Eksperyment wykonano w 3 powtórzeniach.

Właściwości fizykochemiczne

Do analiz przygotowano wodne ekstrakty badanych form owoców (świeże, mrożone, suszone i kandyzowane), w tym celu 10 g rozdrobnionego surowca zalewano 100 ml wody destylowanej, całość wytrząsano w wytrząsarce laboratoryjnej (30 min, 300 obr./min), odfiltrowany ekstrakt użyto do kolejnych analiz (17). Całkowitą zawartość rozpuszczalnych substancji stałych w ekstrakcie określono refraktometrycznie z użyciem elektronicznego refraktometru Hanna Instruments HI 96801 (Woonsocket, RI, USA) i wyrażono w skali Brix (0-100%) (17). Kwasowość miareczkową oznaczono według procedury opisanej przez Dżugan i Pasternakiewicz (18). Ekstrakt zobojętniano 0,1 M NaOH wobec pH-metru do pH 8, wyniki wyrażono w równoważnikach kwasu jabłkowego w 100 g produktu (g/100 g). Zawartość wody w świeżych owocach oceniono za pomocą wagosuszarzki Radwag MA110.R.NS (Radom, Polska). Wszystkie oznaczenia przeprowadzano w powtórzeniu.

Oznaczanie zawartości witaminy C

Do oznaczenia zawartości witaminy C w owocach świeżych, przetworzonych oraz syropie zastosowano modyfikację metody Tillmansa zaproponowaną przez Dżugan i Pasternakiewicz (18), a wyniki wyrażono w mg/100 g. Do oznaczenia witaminy C w syropach leczniczych wykorzystano reflektometr RQflex 10 (Merck Millipore, Niemcy) oraz paski testowe Reflectoquant dedykowane do oznaczania kwasu askorbinowego w zakresie 25-450 mg/l. Oznaczenia wykonano dwukrotnie, a zawartość witaminy C wyrażono w mg/l bez przeliczania na surowiec.

Tab. 1. Charakterystyka próbek badawczych

Symbol próbki	Sposób obróbki	Szczegółowe parametry
M	mrożenie	owoce w całości umieszczono w zamrażarce w temp. -20°C do czasu analiz (maks. 10 dni)
SK	suszenie konwekcyjne	owoce pokrojono ręcznie w plastry o grubości 1-2 mm i poddano suszeniu w domowej suszarce do owoców przez 7 godzin (do uzyskania stałej masy)
L	liofilizacja	pokrojone w plastry owoce zamrożono w temp. -60°C przez 48 h, po czym przeprowadzono proces suszenia próżniowego w następujących warunkach: temp. podgrzewania półek 46°C , próżnia, ciśnienie 0,06 mbar czas procesu 48 h
K	kandyzowanie	pokrojone w kostkę o boku 50 mm owoce gotowano w syropie cukrowym (50% w/v) 1,5 godziny, następnie odsączono i pozostawiono do wyschnięcia w temperaturze pokojowej ($21 \pm 2^\circ\text{C}$)
S	syrop	pokrojone w kostkę o boku 50 mm owoce zasypano cukrem (1:1 w/w) w słoiku i przetrzymywano w temperaturze pokojowej ($21 \pm 2^\circ\text{C}$) przez 2 tygodnie, następnie syrop odsączono na sitku
SL	syrop leczniczy	40 g rozdrobnionego na tarce czosnku, 1/2 szklanki przegotowanej wody, 2 łyżki miodu wielokwiatowego oraz 60 ml soku z pigwowca uzyskanego poprzez rozdrobnienie owocu na tarce i wyciśnięcie otrzymanej miazgi przez gazę jałową; składniki wymieszano w słoiku i zabezpieczono przykrywką; po 24 h przecedzono przez sito, otrzymując syrop leczniczy; w celach porównawczych wytworzono analogiczny syrop, zastępując sok z pigwowca 60 ml soku z cytryny (ręcznie wyciśnięty z owoców)

Oznaczanie całkowitej zawartości związków fenolowych

Całkowitą zawartość związków fenolowych (ang. *total phenolic compounds* – TPC) oznaczano metodą Folina zaproponowaną przez Piljac-Żegarac i wsp. (19). Zawartość związków fenolowych ogółem wyznaczano na podstawie krzywej kalibracyjnej ($R^2 = 0,9971$; $y = 0,0784x$) wykreślonej dla kwasu galusowego w zakresie 0-40 mg. Wyniki wyrażano w mg kwasu galusowego (GAE) na 100 g (mg GAE/100 g) świeżej lub suchej masy.

Oznaczanie aktywności antyoksydacyjnej metodą FRAP

Aktywność przeciwutleniającą oznaczono na podstawie redukujących właściwości żelaza, stosując test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) zaproponowany przez Celik i wsp. (20). Aktywność antyoksydacyjną wyznaczano na podstawie krzywej kalibracyjnej ($R^2 = 0,9948$; $y = 5,0002x$) wykreślonej dla Troloxu w zakresie 0-0,25 mmol. Wyniki wyrażono w mmol Troloxu na 100 g (mmol TE/100 g) świeżej lub suchej masy.

Analiza statystyczna wyników

Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono jako wartość średnią z trzech niezależnych oznaczeń. Korelację pomiędzy poszczególnymi parametrami obliczano metodą Pearsona. Statystyczną ocenę różnic w poziomie poszczególnych parametrów pomiędzy kontrolą (świeże owoce pigwowca) a przetworzonymi owocami obliczono za pomocą testu Studenta t ($\alpha = 0,05$). Dla syropu leczniczego różnice wyznaczono w stosunku do kontroli (wariant z cytryną). Obliczenia wykonano w programie GraphPad.

Wyniki i dyskusja

Porównanie składu chemicznego owoców świeżych i utrwalonych

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy wybranych parametrów fizykochemicznych dla owoców świeżych i suszonych (SK – suszenie konwekcyjne i L – liofilizacja) w przeliczeniu na suchą masę (s. m.).

Dla pozostałych produktów: owoce mrożone (M), kandyzowane (K), syrop (S) oraz syrop leczniczy (SL) porównania dokonano w stosunku do świeżych owoców w przeliczeniu na świeżą masę (św. m.) (tab. 3).

Zastosowane metody suszenia spowodowały istotne zmiany kwasowości (spadek o ok. 20%), co skutkowało wzrostem pH do 3,97 (dla owoców liofilizowanych) i 4,00 dla owoców suszonych konwekcyjnie. Podobne wyniki uzyskali Rosa i wsp. (15) dla świeżego soku z pigwowca: pH na poziomie 2,4-2,9, któremu towarzyszyła wysoka kwasowość (2,6-5,6% w przeliczeniu na kwas cytrynowy). Głównym kwasem organicznym odpowiedzialnym za niskie pH i wysoką kwasowość soku z pigwowca jest kwas jabłkowy, a także kwas chinowy i bursztynowy (15).

Zawartość witaminy C w świeżych owocach pigwowca wynosiła 214 mg% i była nieznacznie wyższa niż wyniki uzyskane przez Urbanavičiūtė i wsp. (21) dla trzech odmian owoców pigwowca japońskiego, które mieściły się w przedziale 114-169 mg%. Podczas suszenia konwekcyjnego i liofilizacji nastąpiły istotne straty witaminy C o około 22-26%. Na utratę witaminy C i karotenoidów wpływa w szczególności temperatura i zawartość wilgoci podczas procesów suszenia, dlatego witamina C jest zwykle wybierana jako wskaźnik odniesienia jakości składników odżywczych ze względu na jej niską stabilność termiczną w porównaniu z innymi składnikami odżywczymi w żywności. Przyjmuje się, że jeśli kwas askorbinowy jest dobrze zachowany, inne składniki odżywcze również będą (22).

Owoce utrwalone poprzez suszenie zawierały nieco więcej polifenoli (o 8 i 17% odpowiednio liofilizowane i suszone konwekcyjnie) oraz porównywalną aktywność antyoksydacyjną do owoców świeżych. W badaniach Urbanavičiūtė i wsp. (21) przeprowadzonych dla owoców trzech odmian pigwowca japońskiego stwierdzono nieco wyższe zawartości związków polifenolowych w porównaniu z badaniami własnymi (3906-4550 mg GAE/100 g s. m.). Z kolei Du i wsp. (8) wykazali dwukrotnie niższy poziom polifenoli ogółem w owocach pigwowca japońskiego, co może wynikać z różnic w sposobie uzyskiwania ekstraktów do analizy.

Tab. 2. Parametry owoców świeżych i suszonych w przeliczeniu na 100 g suchej masy (s. m.)

Parametr	Owoce świeże*	SK	L
Kwasowość (% kwasu jabłkowego)	4,94 ± 0,05 ^a	3,85 ± 0,04 ^b	3,92 ± 0,04 ^c
pH	3,37 ± 0,16 ^a	4,0 ± 0,05 ^b	3,97 ± 0,05 ^b
Witamina C (mg%)	214,41 ± 9,46 ^a	158,14 ± 16,57 ^b	167,24 ± 18,92 ^b
TPC (mg GAE/100g)	2219,48 ± 212,29 ^a	2696,16 ± 116,47 ^a	2426,06 ± 148,41 ^a
FRAP (mmol TE/100g)	58,73 ± 4,51 ^a	66,13 ± 5,69 ^a	61,64 ± 2,68 ^a

*wartości przeliczono na suchą masę produktu, uwzględniając wyznaczoną zawartość wody 84%

^{a, b} – próbki oznaczone różnymi symbolami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie wiersza

Analogicznie jak w badaniach własnych, Shivembe i Ojinnaka (23) stwierdzili wyższe zawartości związków fenolowych ogółem oraz aktywności przeciwutleniającej w owocach pestkowych liofilizowanych w porównaniu z owocami świeżymi. Porównując obie metody suszenia, można stwierdzić, że suszenie konwekcyjne pozwoliło zachować nieco więcej składników prozdrowotnych niż liofilizacja, jednak obserwowane różnice były nieistotne statystycznie. Obserwacja ta znajduje potwierdzenie w badaniach Papageorgiou i wsp. (24), którzy stwierdzili, że proces suszenia konwekcyjnego jest skuteczniejszy w zatrzymywaniu związków fenolowych niż liofilizacja, z wyjątkiem kwasów hydroksybenzoesowych. Podobnie wykazano, że suszenie konwekcyjne mięty pieprzowej i melisy pozwala utrzymać poziom kwasu rozmarynowego, skutkuje jednak utratą aktywności antyoksydacyjnej ziół suszonych w porównaniu do świeżego surowca (25).

Owoce przetworzone odznaczały się niższą zawartością poszczególnych parametrów w porównaniu z owocami świeżymi (tab. 3). W przypadku wskaźnika Brix dla owoców mrożonych była to strata na poziomie 40%, co wskazuje na niekorzystne zmiany struktury owoców podczas mrożenia, wpływające na zawartość rozpuszczalnych substancji stałych w ekstrakcie. Z kolei dla syropu i owoców kandyzowanych obserwowano znacznie wyższą wartość Brix, co wynika z dodatku cukru podczas przygotowania syropu oraz podczas procesu kandyzowania (w proporcji 1:1 owoce: cukier).

Zawartość witaminy C dla owoców mrożonych była o ok. 31% niższa w porównaniu ze świeżymi owocami, a proces kandyzowania spowodował wyższe straty tego składnika na poziomie 38%. Taką samą zależność zaobserwowali Bieniasz i wsp. (26), którzy stwierdzili, że obróbka termiczna znacznie obniżyła zawartość witaminy w uzyskanym syropie. Ponadto autorzy potwierdzili, że wstępna obróbka mechaniczna (krojenie) odpowiada za straty witaminy C, co znajduje też odzwierciedlenie w badaniach własnych w przypadku kandyzowanych owoców.

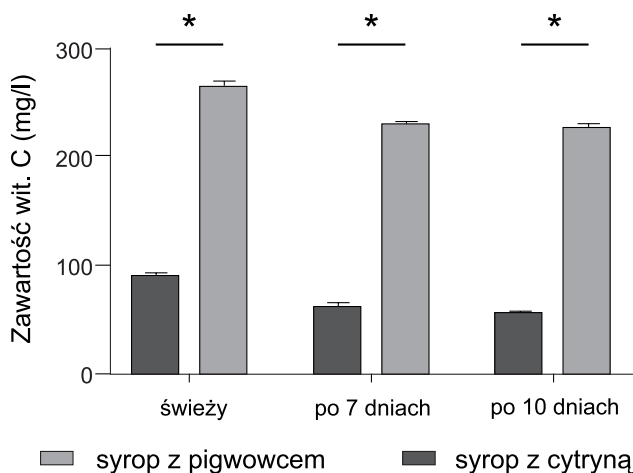
Zawartość polifenoli w owocach świeżych i syropie była na zbliżonym poziomie, a największy ubytek tych komponentów stwierdzono podczas mrożenia (spadek

o 23%). Przetwarzanie owoców na syrop oraz ich mrożenie spowodowało spadek aktywności antyoksydacyjnej o ok. 50%, podczas gdy kandyzowanie aż o 61%. Przyczyną może być sam proces, gdzie owoce poddaje się obróbce termicznej w temperaturze 100°C, a na aktywność przeciwutleniającą wpływają także enzymy – termolabilne białka (27).

Porównanie właściwości wytworzonych syropów leczniczych

Do przygotowania domowych syropów leczniczych wykorzystano miód wielokwiatowy, czosnek oraz świeżo wyciśnięty sok z owoców pigwowca, który w syropie kontrolnym zastąpiono sokiem z cytryny. Badania wykazały, że zawartość witaminy C mierzona metodą reflektometryczną była istotnie wyższa ($p < 0,05$) w syropie z pigwowcem (o 56%) w porównaniu z syropem kontrolnym. Ponadto w obu przypadkach stwierdzono, że największy ubytek witaminy C (o 31% dla cytryny i 13% dla pigwowca) występuje po 7 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych, a kolejne 3 dni przechowywania nie wpływają istotnie na zawartość tego składnika ($p > 0,05$) (ryc. 2).

Analogicznie jak w przypadku witaminy C całkowita zawartość polifenoli była 5,5-krotnie wyższa w syropie

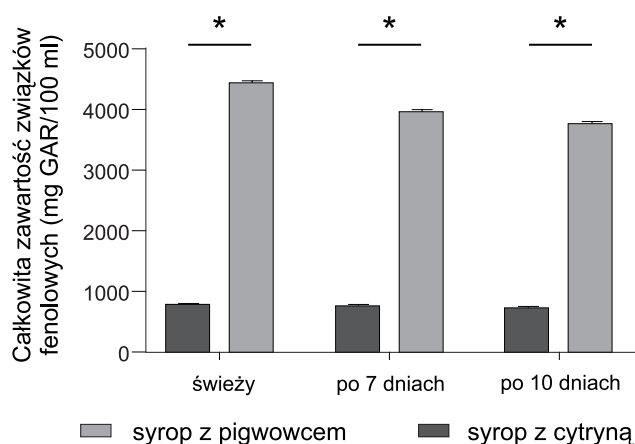


Ryc. 2. Zawartość witaminy C (mg/l) w badanych syropach świeżych oraz po 7 i 10 dniach przechowywania w temp. 4°C * – próbki w obrębie tego samego czasu przechowywania różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$)

Tab. 3. Parametry owoców świeżych i przetworzonych w przeliczeniu na 100 g świeżej masy (św. m.)

Parametr	Owoce świeże	M	K	S
Całkowita zawartość rozpuszczalnych substancji stałych (°Brix)	7,5 ± 1,53 ^a	4,5 ± 2,50 ^a	67 ± 2,82 ^b	75 ± 3,35 ^b
Witamina C (mg%)	45,59 ± 1,37 ^a	31,25 ± 4,11 ^b	28,13 ± 5,48 ^b	35,62 ± 5,48 ^b
TPC (mg GAE/100 g)	3551,77 ± 11,72 ^a	2728,36 ± 17,74 ^b	3134,57 ± 46,57 ^c	3454,02 ± 52,75 ^d
FRAP (mmol TE/100 g)	11,62 ± 1,37 ^a	5,44 ± 0,94 ^c	4,5 ± 0,98 ^c	6,83 ± 1,19 ^b

a, b, c, d – próbki oznaczone różnymi symbolami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie wiersza



Ryc. 3. Całkowita zawartość polifenoli (mg GAE/100 ml) w badanych syropach świeżych oraz po 7 i 10 dniach przechowywania w temp. 4°C

* – próbki w obrębie tego samego czasu przechowywania różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$)

z dodatkiem soku z owoców pigwowca ($p < 0,05$) w porównaniu do syropu z cytryną (ryc. 3). Podczas przechowywania syropów przez 10 dni w lodówce następował stopniowy spadek zawartości polifenoli, a obserwowane straty wyniosły maksymalnie 9 i 15% odpowiednio dla syropów z dodatkiem cytryny i owoców pigwowca.

Porównując przygotowane syropy pod względem aktywności antyoksydacyjnej mierzonej testem FRAP, wykazano, że syrop z dodatkiem soku z owoców pigwowca wykazywał wyższą o 84% siłę redukującą w porównaniu do syropu z cytryną. Przechowywanie syropów przez 10 dni nie wpłynęło istotnie na ich aktywność przeciwutleniającą.

Istotne współczynniki korelacji ($p < 0,05$) stwierdzono dla zawartości witaminy C i kwasowości ($r = 0,960$) oraz polifenoli i aktywności antyoksydacyjnej ($r = 0,700$). Uzyskane zależności wskazują na istotny udział związków fenolowych w kształtowaniu aktywności antyoksydacyjnej oraz wpływ poziomu witaminy C na kwasowość owoców i syropów wytworzonych z ich udziałem.

Możliwość wykorzystania owoców pigwowca jako zamiennika cytryny w herbacie

Badając efektywność ekstrakcji witaminy C z plasterów owoców gorącą wodą, wykazano, że najwyższy poziom witaminy C można uzyskać w naparze przygotowanym z użyciem wody o temp. 100°C ze świeżych plasterów pigwowca, podczas gdy dla analitycznego naparu z plasterów cytryny stwierdzono

Tab. 4. Zawartość witaminy C (mg%) w naparach owoców pigwowca i cytryny w zależności od temperatury procesu

Próbka	Ekstrakcja w 50°C	Ekstrakcja w 100°C
Plastry cytryny	0,65 ± 0,02 ^a	1,05 ± 0,05 ^a
Plastry pigwowca	0,60 ± 0,03 ^a	2,68 ± 0,25 ^b

^{a, b} – próbki oznaczone różnymi symbolami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie kolumny

zawartość o 62% niższą (tab. 4). Przy zastosowaniu wody o temperaturze 50°C poziom witaminy C w obu naparach był porównywalny. Zastosowanie wrzącej wody zwiększyło efektywność ekstrakcji dla pigwowca (wzrost 4-krotny) oraz cytryny (o 61%). Słabsze uwalnianie witaminy C z owoców pigwowca w niższej temperaturze prawdopodobnie jest spowodowane bardziej zwartą strukturą miąższu.

Wnioski

Badania potwierdziły wysoką zawartość związków bioaktywnych, tj. polifenoli, witaminy C oraz aktywność antyoksydacyjną świeżych owoców pigwowca japońskiego. Zastosowane metody obróbki termicznej (suszenie, liofilizacja, kandyzowanie) pozwoliły utrwalić owoce, z akceptowalną retencją składu chemicznego w zakresie analizowanych parametrów, przy czym największe straty obserwowano dla witaminy C (na poziomie ok. 20-38%). Efekty suszenia konwekcyjnego były porównywalne do liofilizacji, podczas gdy niekorzystne zmiany stwierdzono dla owoców mrożonych. Wykazano możliwość zastosowania pigwowca jako zamiennika cytryny w domowym syropie leczniczym na bazie czosnku i miodu wielokwiatowego, który wykazywał wyższą zawartość witaminy C, aktywność antyoksydacyjną oraz zawartość polifenoli w porównaniu z syropem z dodatkiem soku z cytryny. Wykazano również, że plastry świeżego pigwowca mogą być stosowane jako korzystniejszy zamiennik cytryny w naparach herbaty, z uwagi na większą efektywność uwalniania witaminy C w temp. 100°C.

Podsumowując, świeże owoce pigwowca japońskiego mogą być wykorzystane jako zamiennik importowanych owoców cytryny w syropach leczniczych i jako dodatek do herbaty. Domowe sposoby przetwarzania owoców pigwowca pozwalają na zachowanie wysokiej wartości prozdrowotnej świeżych owoców, które stanowią cenne źródło witaminy C oraz przeciwutleniaczy, a utrwalone formy owoców mogą być wartościowym urozmaicheniem codziennej diety i funkcjonalnym dodatkiem do żywności.

Piśmiennictwo

1. Ruisa S, Rubauskis E. Evaluation of the selected genotypes of *Chaenomeles japonica*. Proc. International scientific conference "Environmentally friendly fruit growing". Fruit Sci 2005; 222:69-75.
2. Pluta S. Pigwowiec japoński – nowy gatunek w hodowli twórczej w IO-PIB (cz. I). Jagodnik 2024; 4:74-8.
3. Rumpunen K, Trajkovski V, Bartish IV i wsp. Domestication of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). Acta Horticult 2000; 538:345-8.
4. Rumpunen K, Kviklys D. Combining ability and patterns of inheritance for plant and fruit traits in Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). Euphytica 2003; 132:139-49.
5. Tarko T, Duda-Chodak A, Pogoń P. Charakterystyka owoców pigwowca japońskiego i derenia jadalnego. Żywność Nauka Technologia Jakość 2010; 6(73):100-8.
6. Antoniewska A, Rutkowska J, Adamska A. Charakterystyka owoców pigwowca japońskiego oraz ich zastosowanie w przemyśle spożywczym. Żywność Nauka Technologia Jakość 2017; 24(111):5-15.
7. Nahorska A, Dzwoniarska M, Thiem B. Owoce pigwowca japońskiego (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach) źródłem substancji biologicznie aktywnych. Postępy Fitoterapii 2014; 4:239-46.
8. Du H, Wu J, Li H i wsp. Polyphenols and triterpenes from *Chaenomeles* fruits: Chemical analysis and antioxidant activities assessment. Food Chem 2013; 141:4260-8.
9. Tarko T, Duda-Chodak A, Satora P i wsp. *Chaenomeles japonica*, *Cornus mas*, *Morus nigra* fruits characteristics and their processing potential. J Food Sci Tech 2014; 51(12):3934-41.
10. Sawai R, Kuroda K, Shibata T i wsp. Anti-influenza virus activity of *Chaenomeles sinensis*. J Ethnopharmacol 2008; 118:108-12.
11. Byczkiewicz S, Kobus-Cisowska J, Szulc P i wsp. Pigwowiec japoński (*Chaenomeles japonica* L.) jako surowiec o właściwościach prozdrowotnych – aktualny stan wiedzy. Tech Rol Ogród Leśna 2019; 5:22-5.
12. Lewandowska U, Szewczyk K, Owczarek K i wsp. Flavanols from Japanese Quince (*Chaenomeles Japonica*) Fruit inhibit human prostate and breast cancer cell line invasiveness and cause favorable changes in Bax/Bcl-2 mRNA ratio. Nutr Cancer 2013; 65(2):273-85.
13. Sancheti S, Bafna M, Seo SJ. Antihyperglycemic, antyhiperlipidemic and antioxidant effects of *Chaenomeles sinensis* fruit extract in streptozotocin-induced diabetic rats. European Food Res Tech 2010; 415-21.
14. Xu YN, Kim JS, Kang SS i wsp. A new acylated triterpene from the roots of *Chaenomeles japonica*. Chem Pharm Bulletin (Tokyo) 2002; 50:1124-5.
15. Rosa JM, Laencina J, Hellin P i wsp. Characterization of juice in fruits of different *Chaenomeles* species. Lebensmittel-Wissenschaft Technol 2004; 37:301-7.
16. Nawirska-Olszańska A, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A i wsp. Ocena jakości dżemów z dyni wzbogaconych pigwowcem, dereniem i truskawkami. Żywność Nauka Technologia Jakość 2010; 1(68):40-8.
17. Dżugan M, Wesołowska M, Zaguła G i wsp. The comparison of the physicochemical parameters and antioxidant activity of homemade and commercial pomegranate juices. Acta Sci Pol Technol Aliment 2018; 17(1):59-68.
18. Dżugan M, Pasternakiewicz A. Ćwiczenia laboratoryjne z chemii żywności. Wyd Uniw Rzesz. Rzeszów 2010; 37-40.
19. Piljac-Žegarac J, Stipčević T, Belščak A. Antioxidant properties and phenolic content of different floral origin honeys. J ApiProduct ApiMedical Sci 2009; 1(2):43-50.
20. Celik H, Özgen M, Serce S i wsp. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. Sci Horticult 2008; 117:345-8.
21. Urbanavičiūtė I, Mindaugas L, Bobinas Č i wsp. Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*) as a potential source of phenols: Optimization of the extraction parameters and assessment of antiradical and antimicrobial activities. Foods 2020; 9(8):1132.
22. Bhatta S, Stevanovic Janezic T, Ratti C. Freeze-drying of plant-based foods. Foods 2020; 9(1):87.
23. Shivembe A, Ojinnaka D. Determination of vitamin C and total phenolic in fresh and freeze dried blueberries and the antioxidant capacity of their extracts. Integrative Food Nutr Metabol 2017; 4(6):1-5.
24. Papageorgiou V, Mallouchos A, Komaitis M. Investigation of the antioxidant behavior of air- and freeze-dried aromatic plant materials in relation to their phenolic content and vegetative cycle. J Agric Food Chem 2008; 56(14):5743-52.
25. Capecka E, Mareczek A, Leja M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. Food Chem 2005; 93(2):223-6.
26. Bieniasz M, Dziedzic E, Kaczmarczyk E. The effect of storage and processing on vitamin C content in Japanese quince fruit. Folia Horticult 2017; 29(1):83-93.
27. Neri L, Faieta M, Di Mattia C i wsp. Antioxidant activity in frozen plant foods: effect of cryoprotectants, freezing process and frozen storage. Foods 2020; 9:1886.

Konflikt interesów

Conflict of interest

Brak konfliktu interesów
None

otrzymano/received: 07.04.2023

zaakceptowano/accepted: 27.04.2023

Adres/address:

*dr inż. Monika Tomczyk

Zakład Chemii i Toksykologii Żywności

Instytut Technologii Żywności i Żywnienia

Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski

ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów

tel.: +48 17 8721730

e-mail: mwesolowska@ur.edu.pl