

*Effect of the technological processes on the content of pesticide residues in model species of berry fruits***Wpływ procesów technologicznych na zawartość pozostałości środków ochrony roślin w modelowym gatunku owoców jagodowych**

DOI: 10.15199/62.2025.10.10

The impact of technol. processes on the content of 14 active substances (a.s.) of chem. plant protection products from the group of fungicides (11 a.s.), insecticides (2 a.s.), and acaricides (1 a.s.) present in raspberries was detd. Raspberries were processed under temp. -60–120°C by water washing with or without ultrasound assistance, mech. juicing, lyophilization, freezing, drying, pasteurization and cooking. The efficiency of each process was expressed by the processing factor (PF). The av. effectiveness of a.s. content redn. was represented in the following order: washing (PF = 0.60) < cooking (PF = 0.62) < freezing (PF = 0.85) < pasteurization (PF = 0.97) < drying (PF = 1.00) < juicing (PF = 1.01) < freeze-drying (PF = 1.52). The calcd. PFs can be used to supplement European databases and applied to perform risk assessment of human exposure to chem. substances.

Keywords: processing, raspberry, processing factor, active substance, pesticide reduction

Określono wpływ procesów technologicznych na zawartość pozostałości 14 substancji czynnych (s.cz.) chemicznych środków ochrony roślin z grupy fungicydów (11 s.cz.), insektycydów (2 s.cz.) i akaricydów (1 s.cz.) obecnych w malinach. Maliny poddano obróbce w zakresie temp. -60–120°C, polegającej na myciu wodą z/bez wspomagania ultradźwiękami, mechanicznym tłoczeniu soku, liofilizacji, mrożeniu, suszeniu, pasteryzacji i gotowaniu. Efektywność każdej obróbki wyrażono współczynnikiem przetwarzania (PF). Średnia efektywność redukcji s.cz. przedstawiała się w następującym szeregu: mycie (PF = 0,60) < gotowanie (PF = 0,62) < mrożenie (PF = 0,85) < pasteryzacja (PF = 0,97) < suszenie (PF = 1,00) < tłoczenie soku na zimno (PF = 1,01) < liofilizacja (PF = 1,52). Obliczone PF mogą służyć uzupełnieniu europejskich baz danych oraz być zastosowane do oceny ryzyka narażenia człowieka na działanie substancji chemicznych.

Słowa kluczowe: proces technologiczny, malina, współczynnik przetwarzania, substancja czynna, redukcja pestycydów

Owoce jagodowe (np. aronia, żurawina, truskawka, malina, winogrona, rokitnik, owoce czarnego bzu, borówka, jeżyna, dereń i czarna porzeczka) należą do cennych produktów spożywczych. Wyróżniają się właściwościami prozdrowotnymi, bogatym źródłem błonnika pokarmowego i charakteryzują się wysoką zawartością przeciwutleniaczy, antocyjanów, witamin i składników mineralnych^{1,2}). Polska

jest wiodącym producentem owoców jagodowych, które są niezwykle cenione na całym świecie³).

Owoce, a także ich przetworzone produkty powinny być obecne w diecie każdego człowieka. Zgodnie z wytycznymi ekspertów ds. żywienia zaleca się spożywanie ich minimum 400 g dziennie ze względu na prozdrowotne właściwości⁴). Niemniej jednak plantacje owoców jagodowych są podatne na atak patogenów grzybowych, szkodników oraz chwastów^{5,6}). Dlatego też środki ochrony roślin (ś.o.r.), jako skuteczne narzędzie ochrony upraw, są wielokrotnie stosowane podczas całego okresu wzrostu, a także w fazie owocowania⁷). Jednak pomimo niewątpliwych zalet, długie stosowanie tych związków prowadzi do ich bioakumulacji we wszystkich elementach środowiska naturalnego, m.in. w glebie, powietrzu, wodach powierzchniowych i gruntowych. Z tego powodu owoce, obok niezbędnych i cennych substancji odżywczych, mogą zawierać pozostałości chemicznych ś.o.r., które stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia człowieka, będąc zarazem krytycznym wyróżnikiem jakości i bezpieczeństwa żywności⁸). Należy podkreślić, że każdą substancję czynną charakteryzuje odmienna budowa chemiczna, właściwości



Dr Magdalena JANKOWSKA (ORCID: 0000-0001-9049-2624) w roku 2006 ukończyła studia na Uniwersytecie w Białymstoku, uzyskując stopień magistra chemii. W 2016 r. uzyskała stopień doktora nauk rolniczych w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Białymstoku. Specjalność – analityka chemiczna próbek żywności oraz zanieczyszczeń w materiale roślinnym, biologicznym, środowiskowym i żywności pochodzenia zwierzęcego z wykorzystaniem nowoczesnych technik chromatograficznych; toksykologia i procesy technologiczne surowców roślinnych i żywności.

*** Adres do korespondencji:**

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Terenowa Stacja Doświadczalna w Białymstoku, ul. Chełmońskiego 22, 15-195 Białystok, tel.: (85) 678-54-70, e-mail: m.jankowska@iiorpib.poznan.pl

Table 1. List of applied plant protection products in raspberry cultivation

Tabela 1. Wykaz zastosowanych środków ochrony roślin w uprawie malin

Środek ochrony roślin	Substancja czynna	Typ	Sposób działania	Dawka zalecana ś.o.r., kg/ha lub L/ha	Zawartość s.c.z., g/kg lub g/L ś.o.r.
Decis Mega 50 EW	deltametryna	I	NS	0,25	50
Kapelan 80 WG	kaptan	F	NS	1,9	800
Luna Sensation 500 SC	fluopyram i trifloksystrobina	F	S	0,8	250 250
Mospilan 20 SP	acetamipryd	I	NS	0,2	200
Mythos 300 SC	pirymetanal	F	NS	2,5	300
Ortus 05 SC	fenpiroksymat	A	NS	1,5	51,2
Scorpion 325 SC	azoksystrobina i difenokonazol	F	S	1,0	200 125
Signum 33 WG	boskalid i pyraklostrobina	F	S	1,8	267 67
Switch 62,5 WG	fludioksonil i cyprodinil	F	NS	1,0	250 375
Teldor 500 SC	fenheksamid	F	NS	1,5	500
Zato 50 WG	trifloksystrobina	F	S	0,2	500

A – akarycyd, F – fungicyd, I – insektycyd; sposób działania: S – systemiczny (wnikający do tkanek roślin i w nich rozprzestrzeniający), NS – niesystemiczny

fizykochemiczne, profil metaboliczny, czas połowicznego rozpadu⁹⁾, a co za tym idzie różne zachowanie w trakcie obróbki technologicznej¹⁰⁾.

Żywność zawierająca substancje chemiczne, m.in. metale ciężkie, barwniki, konserwanty, azotany(III) i azotany(V)^{11, 12)} oraz pestycydy^{13, 14)}, niesie potencjalne zagrożenie toksykologiczne. Zmiany zachodzące w stylu życia konsumentów i rosnąca ich świadomość żywieniowa, a przez to coraz większe wymagania wysokiej jakości produktów, pozbawionych zanieczyszczeń chemicznych oraz środowiskowych, doprowadziły do rozwoju przemysłu przetwórczego. Owoce, ze względu na krótkotrwałość i sezonowość oraz aby zapobiec ich marnotrawstwu, są na szeroką skalę przetwarzane np. w formie musów, soków, przecierów, dżemów, koncentratów i liofilizatów.

Przemysł przetwórczy obecnie zapewnia szerokie możliwości obróbki technologicznej owoców. Można wyróżnić kilka zasadniczych etapów: (i) obróbka wstępna z zastosowaniem medium wodnego i czynnika mechanicznego (mycie, płukanie, obieranie, rozdrabnianie, segregacja), (ii) obróbka z wykorzystaniem zróżnicowanego czynnika temperaturowego (gotowanie, smażenie, pasteryzacja, liofilizacja, pieczenie, sterylizacja, konserwacja) oraz (iii) obróbka końcowa (pakowanie, rozlewanie, etykietowanie)¹⁰⁾.

Procesy technologiczne stosowane w przetwórstwie owocowym wpływają na poziomy substancji zanieczyszczających obecnych w lub na produktach roślinnych i mogą być jednym ze sposobów ich eliminacji lub minimalizacji stężeń. Proces technologiczny stanowi zbiór czynności zmieniających właściwości chemiczne i fizyczne produktu roślinnego, ale także zmieniających właściwości chemiczne i fizyczne substancji czynnych, przekształcając go w większości przypadków w produkt bezpieczny do spożycia.

Miarą efektywności wpływu procesu technologicznego na zawartość substancji czynnej w produkcie końcowym jest wartość współczynnika przetwarzania PF (*processing*

factor). Jest ona unikatowa i charakterystyczna dla każdej kombinacji: substancja czynna/produkt/proces technologiczny. To wskaźnik identyfikujący zmniejszenie, czyli redukcję ($PF < 1$) lub zwiększenie, czyli zagęszczenie/koncentrację ($PF > 1$) stężenia danej substancji czynnej w produkcie końcowym w stosunku do produktu wyjściowego, np. surowych nieprzetworzonych owoców^{15, 16)}.

Celem pracy było określenie wpływu procesów technologicznych, z uwzględnieniem zróżnicowanych warunków temperaturowych i innych czynników, na redukcję/koncentrację substancji czynnych w modelowym gatunku owoców jagodowych, malinach, poprzez ocenę efektywności procesów technologicznych wyrażonych unikatowymi współczynnikami przetwarzania.

Część doświadczalna

Materiały

Do badań wytypowano maliny (ok. 100 kg owoców), jeden z najbardziej popularnych gatunków surowych owoców jagodowych. W celu otrzymania materiału do badań, owoce wzbogacono poszczególnymi substancjami czynnymi pestycydów.

Wykaz zaaplikowanych środków ochrony roślin w uprawie malin przedstawiono w tabeli 1. Wśród środków ochrony roślin znajdowało się 8 fungicydów, 1 akarycyd oraz 2 insektycydy.

Metodyka badań

Zakres badań obejmował 14 substancji czynnych wchodzących w skład środków ochrony roślin powszechnie stosowanych w konwencjonalnej uprawie owoców jagodowych: (i) 1 akarycyd (fenpiroksymat); (ii) 11 fungicydów (azoksystrobina, boskalid, cyprodinil, difenokonazol, fenheksamid, fludioksonil, fluopyram, kaptan, pyraklostrobina, pirymetanal, trifloksystrobina) i (iii) 2 insektycydy (aceta-

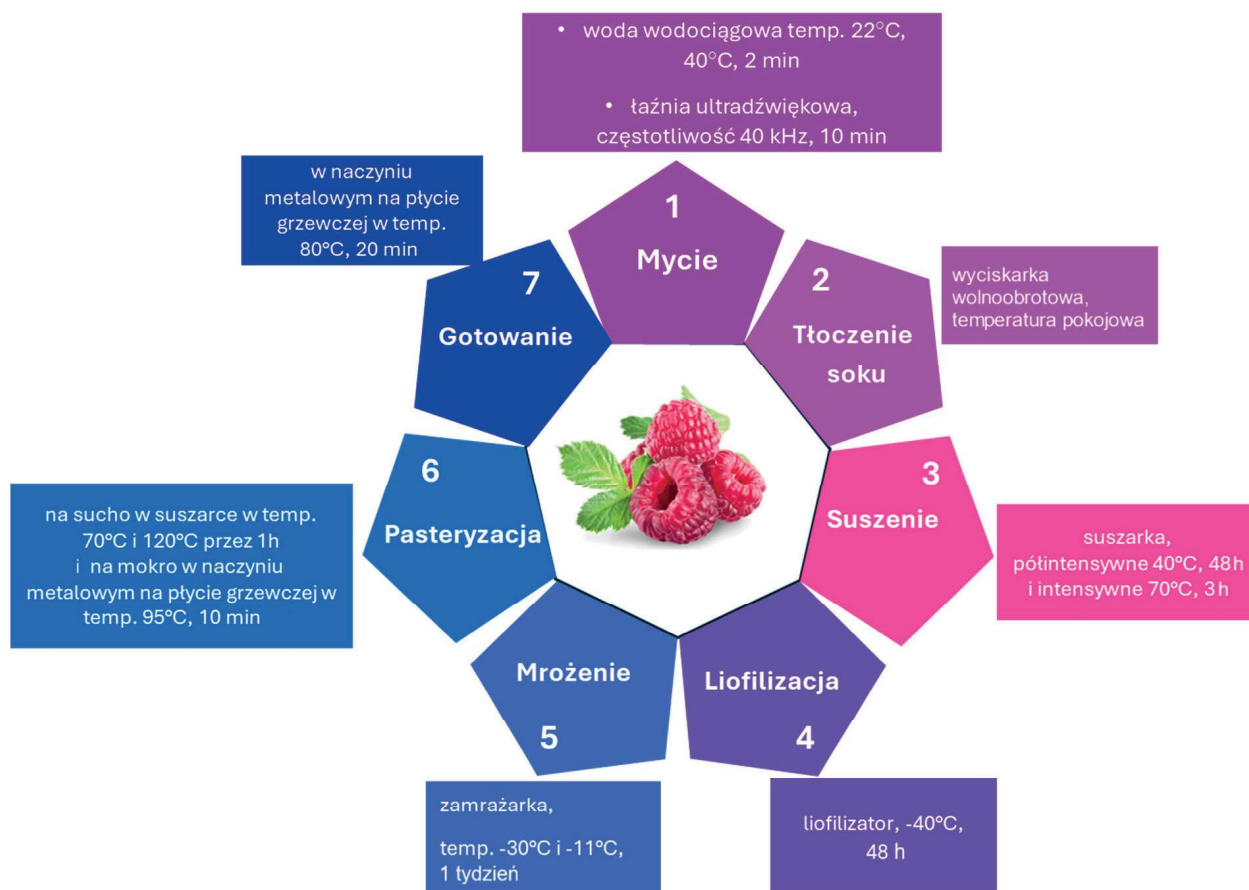


Fig. 1. Scheme of technological processing of raspberries

Rys. 1. Schemat procesów technologicznych przetwarzania malin

mipryd i deltametryna). Badane substancje czynne należą do 11 grup chemicznych i są zróżnicowane, zarówno pod względem sposobu działania, struktury, jak i właściwości fizykochemicznych. Szczegółową charakterystykę analizowanych związków zestawiono w tabeli 2.

Zabiegi 11 dozwolonymi środkami ochrony roślin w uprawie malin, zawierającymi 14 substancji czynnych, przeprowadzono z wykorzystaniem opryskiwacza plecakowego, na dobę przed planowanym zbiorem, w 2-krotnej zalecanej dawce podanej na etykiecie danego preparatu.

Procesy technologiczne

Procesy technologiczne zaprojektowano w taki sposób, aby jak najbardziej odpowiadały rzeczywistym procesom obróbki owoców jagodowych stosowanym w przemyśle przetwórczym, w sposób możliwy do przeprowadzenia w warunkach laboratoryjnych. Reprezentatywne próbki malin (ok. 2 kg) poddano 7 procesom technologicznym, w 3 powtórzeniach. Do badań wytypowano zróżnicowane procesy technologiczne, które często są stosowane w przetwórstwie owoców jagodowych: (i) wstępne procesy technologiczne – mycie owoców z zastosowaniem medium wodnego (w wodzie wodociągowej o temp. 22°C, 40°C, 2 min, i w łaźni ultradźwiękowej o częstotliwości 40 kHz, 10 min), (ii) procesy technologiczne prowadzone w umiarkowanej temperaturze: mechaniczne tłoczenie soku

(w wyciskarce wolnoobrotowej, temperatura pokojowa), suszenie (w suszarce: półintensywne w temp. 40°C, 48 h i intensywne w temp. 70°C, 3 h), (iii) niskotemperaturowe procesy technologiczne: liofilizacja (w liofilizatorze w temp. -40°C, 48 h), mrożenie (w zamrażarce w temp. -30°C i -11°C, czas przechowania 4 tygodnie), (iv) wysokotemperaturowe procesy technologiczne: pasteryzacja (w suszarce na sucho w temp. 70°C i 120°C, 1 h, oraz na mokro w naczyniu metalowym na płycie grzewczej w temp. 95°C, 10 min), gotowanie (w naczyniu metalowym na płycie grzewczej w temp. 80°C, 20 min).

Zakres temperaturowy procesów technologicznych wynosił -60–120°C. Schemat przeprowadzonych procesów technologicznych przedstawiono na rys. 1.

Metody analityczne

Do badań analitycznych zawartości pozostałości ś.o.r. zastosowano własne zoptymalizowane, zwalidowane i akredytowane metody analityczne, bazujące na technice QuEChERS (*quick, easy, cheap, effective, rugged and safe*), w pełni opisane w pracach^{8, 17}.

Analizę jakościową i ilościową przeprowadzono za pomocą chromatografii gazowej i cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS/MS i LC-MS/MS) w laboratorium posiadającym akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (nr AB 839), zgodnie z normą¹⁸ oraz posiada-

Table 2. Characterization of the physicochemical properties of the studied active of pesticides substances in raspberries

Tabela 2. Charakterystyka właściwości fizykochemicznych badanych substancji czynnych pestycydów w malinach

Grupa chemiczna	Substancja czynna	Masa molowa, g/mol	Sw, mg/L	Log P	Temperatura topnienia, °C	Temperatura wrzenia, °C	Temperatura rozkładu, °C
Akarycydy							
Niesklasyfikowany	fenpiroksymat	421,49	0,041	4,4	158,3	R	246
Fungicydy							
Strobiluriny	azoksystrobina	403,40	6,7	2,5	116	360	345
	piraklostrobina	387,82	1,9	3,99	63,7	R	200
	trifloksystrobina	408,37	0,61	4,5	72,9	R	285
Karboksyamidy	boskalid	343,21	4,6	2,96	140	R	300
Anilinopirymidyny	cyprodinil	225,29	13	4	75,9	-	-
	pirymetanil	199,28	110	2,84	96,3	R	189,9
Triazole	difenokonazol	406,26	15	4,36	82,5	101	337
Anilidy	fenheksamid	302,20	24,0	3,51	153,8	230	230
Fenylpirole	fludioksonil	248,19	1,8	4,12	199,8	R	306
Benzamidy	fluopyram	396,76	16,0	3,3	117,5	318	300
Ftalimidy	kaptan	300,61	5,2	2,5	174	R	173
Insektycydy							
Neonikotynoidy	acetamipryd	222,67	2950	0,8	98,9	R	200
Pyretroidy	deltametryna	505,20	0,0002	4,6	101	R	-

Sw – rozpuszczalność w wodzie 20°C; log P – współczynnik podziału oktanol-woda, pH 7, 20°C; R – ulega rozkładowi

jącym kategorię A w międzynarodowych badaniach biegłości organizowanych przez Laboratoria Referencyjne Unii Europejskiej (European Commission's Proficiency Test on Pesticide Residues in Fruit and Vegetables oraz Residues of Pesticides Requiring Single Residue Methods).

Walidację opracowanej metody przeprowadzono na podstawie przewodnika SANTE¹⁹⁾ i wyznaczono takie parametry, jak: liniowość, odzysk, precyzja, granica wykrywalności (LOD), efekt matrycy (ME) oraz niepewność metody (U). Dokładność i precyzję wyznaczono na podstawie analizy próbek wzbogaconych na 3 poziomach stężeń: 0,005; 0,050 i 2,000 mg/kg.

Współczynnik przetwarzania PF wyznaczono dla każdej kombinacji substancja czynna/produkt/proces, na podstawie ilorazu stężeń pozostałości środków ochrony roślin w malinach przed i po zastosowaniu procesów technologicznych, zgodnie ze wzorem (1):

$$PF = \frac{\text{stężenie pozostałości ś.o.r. po obróbce, mg/kg}}{\text{stężenie pozostałości ś.o.r. przed obróbką, mg/kg}} \quad (1)$$

Wyznaczenie współczynników przetwarzania posłużyło opracowaniu bazy danych PF dla różnych kombinacji substancja czynna/produkt/proces.

Wyniki badań i ich omówienie

Ocenę wpływu procesów technologicznych na zmianę stężenia pozostałości ś.o.r. przeprowadzono dla modelowego gatunku owoców jagodowych. Zaobserwowano odmienne zachowanie wszystkich badanych substancji

czynnych, zróżnicowanych pod kątem sposobu działania i właściwości fizykochemicznych, w malinach i ich produktach przetworzonych.

Dla każdego związku w zróżnicowanych matrycach (świeże owoce malin oraz ich produkty przetworzone) przeprowadzono walidację metody¹⁸⁾. Jednym z wyznaczonych parametrów walidacyjnych była dokładność metody analitycznej. Dokładność oceniono jako stopień zgodności wyników uzyskanych daną metodą z wartością rzeczywistą (oczekiwaną) na podstawie badania odzysku poprzez dodanie znanej ilości analitu do matrycy, a następnie oznaczenie jego stężenia w badanej próbce. Metodę analityczną uznano za dokładną przy zastosowaniu kryterium akceptacji, jeżeli odzysk analitu mieścił się w zakresie 70–120%, zgodnie z wytycznymi SANTE¹⁹⁾. Odzyski dla większości analizowanych pestycydów we wszystkich badanych matrycach mieściły się w zakresie 70–112%. Precyzja obliczona jako względne odchylenie standardowe (RSD) wynosiła poniżej 20%. Efekt matrycy, określany w analizie chromatograficznej jako wpływ składników obecnych w matrycy na pomiar stężenia danego analitu, wyznaczono na podstawie stosunku liczbowego współczynników kierunkowych liniowych równań regresji krzywych kalibracyjnych przygotowanych w matrycy i rozpuszczalniku. W badaniach nie obserwowano interferencji matrycowych (tłumienie lub wzmocnienie intensywności sygnału analitycznego spektrometru mas). Analizowane substancje czynne ś.o.r. charakteryzowały się efektem matrycy w akceptowalnym zakresie -20% < ME < 20% wg SANTE¹⁹⁾. LOD wyznaczono na poziomie

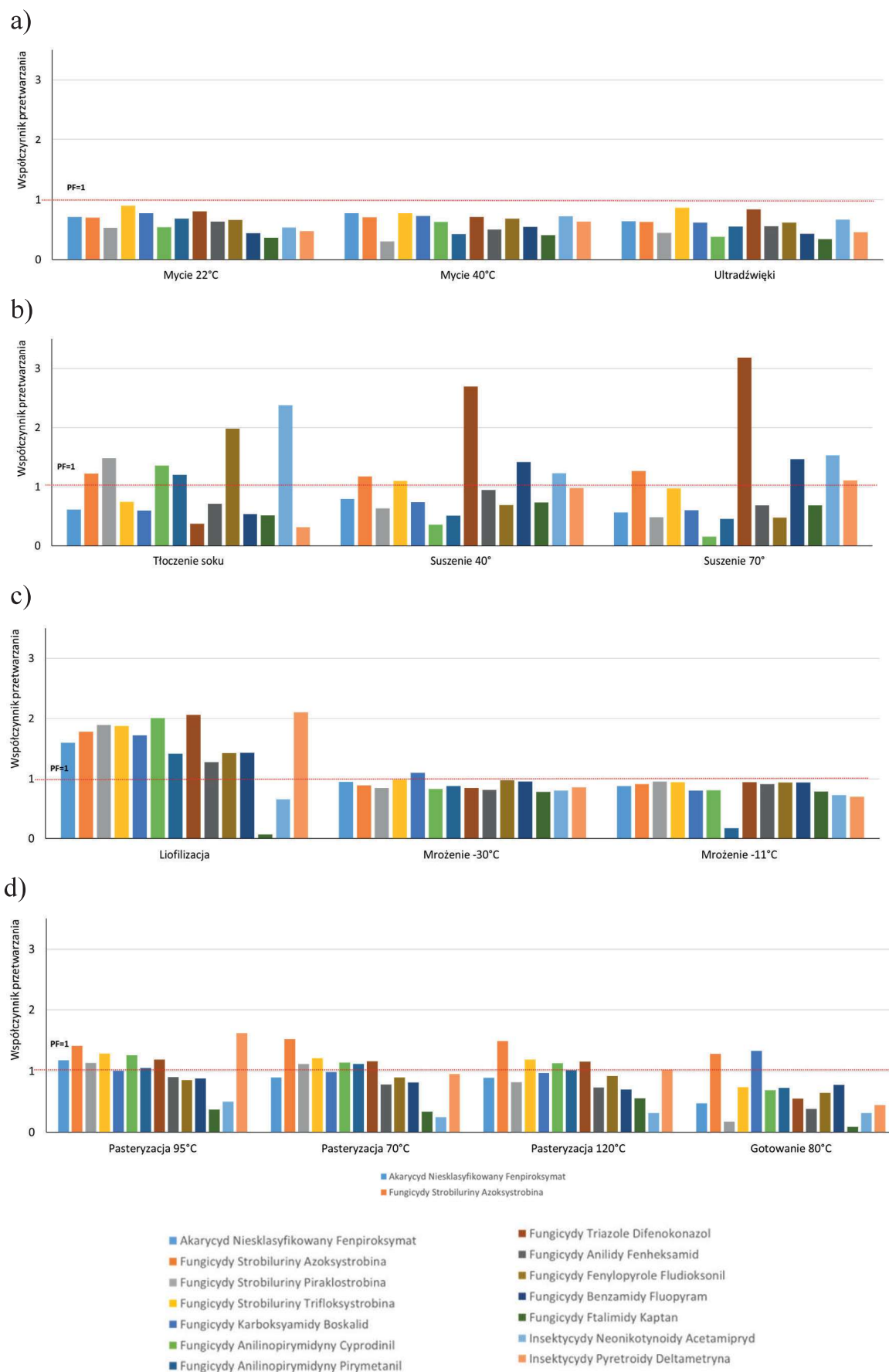


Fig. 2. Processing factors of 14 active substances of pesticides after technological processing of raspberries: a) washing, b) juicing and drying, c) freeze-drying and freezing, d) pasteurization and boiling

Rys. 2. Współczynniki przetwarzania 14 substancji czynnych pestycydów po zastosowaniu procesów technologicznych przetwarzania malin: a) mycie, b) tłoczenie soku i suszenie, c) liofilizacja i mrożenie, d) pasteryzacja i gotowanie

równym 0,005 mg/kg. Rozszerzona niepewność pomiaru wynosiła 7–18%. Obliczone wartości współczynników przetwarzania (PF) przedstawiono na rys. 2. Zakresy stężeń po wykonanych zabiegach mieściły się w zakresie 0,01–1,36 mg/kg i w żadnym przypadku, pomimo zastosowania podwójnej dawki, nie przekraczały najwyższych dopuszczalnych wartości.

Współczynniki PF otrzymane dla poszczególnych kombinacji substancja czynna/proces technologiczny przedstawiono na rys. 2. Najskuteczniejszym procesem zmniejszającym stężenie związków w owocach było mycie z zastosowaniem medium wodnego wspomaganego ultradźwiękami (średni PF = 0,52), a najmniej efektywnym procesem była liofilizacja (średni PF = 1,52). Średnia efektywność redukcji w poszczególnych procesach przedstawiała się w szeregu: mycie (PF = 0,60) < gotowanie (PF = 0,62) < mrożenie (PF = 0,85) < pasteryzacja (PF = 0,97) < suszenie (PF = 1,00) < tłoczenie soku na zimno (PF = 1,01) < liofilizacja (PF = 1,52). Procesy technologiczne, w trakcie których dochodziło do utraty wody z owoców jagodowych, generalnie powodowały koncentrację pozostałości pestycydów w produktach przetworzonych.

Wstępne procesy technologiczne mycia z zastosowaniem medium wodnego w temp. 22°C i 40°C przez 2 min i wspomaganego falami ultradźwiękowymi przez 10 min spowodowały zmniejszenie stężeń 14 s.c.z. w owocach malin wynoszące średnio 40% (rys. 2a). Wyliczone wartości współczynników przetwarzania w przypadku mycia wodą wodociągową wynosiły od $PF = 0,30$ (pyraklostrobina, mycie w temp. 40°C) do $PF = 0,91$ (trifloksystrobina, mycie w temp. 22°C, 4 tygodnie).

Zastosowanie medium wodnego wspomaganego ultradźwiękami było najbardziej wydajnym procesem w redukcji pozostałości s.o.r. pod względem kosztów i nakładu pracy. Stężenie większości substancji czynnych zostało zmniejszone średnio o 40%, w zakresie od 33% (acetamipryd, $PF = 0,67$) do 67% (kaptan, $PF = 0,33$) (rys. 2a). Niski koszt tego procesu, niewielkie zużycie energii i krótki czas pracy umożliwiły satysfakcjonujące zmniejszenie stężeń niemal wszystkich substancji czynnych w porównaniu z energochłonnymi i długotrwałymi procesami, takimi jak pasteryzacja i gotowanie.

Proces mechanicznego tłoczenia soku prowadzony za pomocą wyciskarki wolnoobrotowej w temperaturze pokojowej przyniósł efekt częściowego zmniejszenia stężenia 8 związków oraz koncentracji 6 związków. Największą redukcję pozostałości otrzymano dla insektycydu deltametryny z grupy pyretroidów (68% redukcji, $PF = 0,32$), a koncentrację w przypadku acetamiprydu, insektycydu z grupy neonikotynoidów (138% koncentracji, $PF = 2,38$) (rys. 2b).

Suszenie w 2 umiarkowanych wariantach temperaturowych, półintensywne w temp. 40°C przez 48 h i intensywne w 70°C przez 5 h, spowodowało zmniejszenie stężenia większości badanych związków. Największy spadek zawartości otrzymano w przypadku fungicydów podczas suszenia intensywnego cyprodinilu z grupy anilinopirymidyn (85% redukcji, $PF = 0,15$), a najmniejszy dla trifloksystrobiny z grupy stobiluryn (2% redukcji). Wyjątek stanowiły azoksystrobina (stobiluryny), difenokonazol (triazole) i fluopyram (benzamid) oraz insektycydy: acetamipryd, deltametryna ($PF > 1$). Największy wzrost stężenia uzyskano w przypadku suszenia w temp. 70°C dla fungicydu z grupy triazoli, difenokonazolu (ponad 2-krotna koncentracja, $PF = 3,18$) (rys. 2b).

Niskotemperaturowe procesy mrożenia prowadzono w dwóch wariantach obniżonej temperatury: -30°C i -11°C przez 4 tygodnie. Najbardziej efektywne zmniejszenie pozostałości zaobserwowano dla kombinacji pirymetanol/mrożenie w temp. -11°C (83% redukcji, $PF = 0,17$), a najmniej efektywną redukcję stężeń uzyskano w przypadku trifloksystrobiny w trakcie mrożenia w temp. -30°C (1% redukcji, $PF = 0,99$). Wyliczone wartości współczynników przetwarzania wynosiły od $PF = 0,17$ (pirymetanol/mrożenie w temp. -11°C.) do $PF = 1,1$ (boskalid/mrożenie w temp. -30°C, 4 tygodnie) (rys. 2c).

Liofilizacja, zwana suszeniem sublimacyjnym, prowadzona poprzez głębokie zamrożenie w temp. -40°C, a następnie sublimację, w ciągu 48 h, wpłynęła generalnie na zatężenie substancji czynnej. Zastosowane warunki technologiczne

uniemożliwiły rozkład substancji czynnej. Wyjątek stanowiły dwa związki, które łatwo ulegają rozkładowi, acetamipryd oraz kaptan. Największy spadek zawartości otrzymano dla kaptanu (93% redukcji), a 3-krotnie mniejszy dla acetamiprydu (34% redukcji) (rys. 2b). We wszystkich pozostałych kombinacjach związki uległy zatężeniu. Największą koncentrację otrzymano w przypadku insektycydu z grupy pyretroidów, deltametryny (111% koncentracji, $PF = 2,11$) (rys. 2b).

Wysokotemperaturowe procesy pasteryzacji w nieznacznym stopniu wpłynęły na obniżenie zawartości części badanych związków w zakresie od 1% (boskalid, pasteryzacja na sucho 70°C, $PF = 0,99$) do 75% (acetamipryd, $PF = 0,25$). W przypadku kaptanu odnotowano 63-proc. redukcję ($PF = 0,37$) po przeprowadzeniu pasteryzacji na mokro w temp. 95°C przez 10 min oraz 66-proc. redukcję po zastosowaniu pasteryzacji na sucho w temp. 70°C (rys. 2d). Największą, 62-proc. koncentrację uzyskano w przypadku insektycydu deltametryny w wyniku pasteryzacji na mokro 95°C ($PF = 1,62$).

Czynnik wysokiej temperatury w procesie gotowania (temp. 80°C przez 1 h) okazał się być skuteczny w przypadku kaptanu (redukcja do 91%), związku nietrwałego termicznie. Największą koncentrację uzyskano w przypadku fungicydów: azoksystrobiny (28% koncentracji, $PF = 1,28$) i boskalidu (34% koncentracji, $PF = 1,34$) (rys. 2d).

Pośród 14 substancji czynnych azoksystrobina, boskalid, deltametryna i trifloksystrobina były fungicydami ulegającymi koncentracji, dlatego pomimo przeprowadzenia zróżnicowanych procesów technologicznych pozostawały w produktach przetwarzania malin. Odmienna sytuacja wystąpiła dla fungicydu kaptan z grupy ftalimidów, którego stężenie uległo zmniejszeniu w wyniku przeprowadzonych procesów, stąd istnieje łatwość minimalizacji/eliminacji jego pozostałości z owoców jagodowych w wyniku obróbki technologicznej.

Podsumowanie

Przedstawione badania oceny wpływu zróżnicowanych procesów technologicznych na zachowanie zróżnicowanych grup pestycydów przeprowadzone w modelowym gatunku owoców jagodowych (malinach) mają nowatorski charakter i uzupełniają lukę w obecnym stanie wiedzy w tym zakresie.

Obliczone współczynniki przetwarzania stanowią olbrzymią bazę danych, które uzupełniają niekompletne europejskie bazy danych współczynników przetwarzania pestycydów w żywności i mogą być zastosowane do szacowania ryzyka narażenia zdrowia konsumentów spożywających przetworzone owoce jagodowe, czyniąc ocenę bardziej miarodajną z punktu widzenia bezpieczeństwa konsumentów.

Praca wykonana w ramach projektu finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie decyzji MRiRW z dnia 12.04.2022 r., DEJ.re.027.4.2022 „Badania wpływu termicznych procesów technologicznych na redukcję/koncentrację pozostałości substancji czynnych

Otrzymano: 10-09-2025

Zrecenzowano: 19-09-2025

Zaakceptowano: 24-09-2025

Opublikowano: 20-10-2025

LITERATURA

- [1] X. Yang, H. Zhang, Y. Liu, J. Wang, Y.C. Zhang, A.J. Dong, H.T. Zhao, C.H. Sun, J. Cui, *Food Chem.* 2011, **127**, 855.
- [2] M. Schulz, J. Freitas Chim, *Food Biosci.* 2019, **31**, 100438.
- [3] M. Wójcik, A. Traczyk, *Socio-economic Series* 2020, **49**, 19.
- [4] WHO, Healthy diet, https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/325828/EMROPUB_2019_en_23536.pdf, dostęp 28.08.2025 r.
- [5] I. Timofeeva, A. Shishov, D. Kanashina, D. Dzema, A. Bulatov, *Talanta* 2017, **167**, 761.
- [6] A. Asaturova, M. Shternshis, V. Tsvetkova, T. Shpatova, V. Maslennikova, N. Zhevnova, A. Homyak, *Peer J.* 2021, **9**, e11578.
- [7] D. Sharma, A. Nagpal, Y.B. Pakade, J.K. Katnoria, *Talanta* 2010, **82**, 1077.
- [8] B. Łozowicka, M. Jankowska, I. Hrynyk, P. Kaczynski, *Environ. Monit. Assess.* 2016, **188**, 51.
- [9] E. Szpyrka, S. Sadło, *J. Plant Prot. Res.* 2009, **49**, 204.
- [10] M. Jankowska, B. Łozowicka, *Prog. Plant Prot.* 2021, **61**, 40.
- [11] E. Ochwanowska, M. Czarny-Działak, I. Żeber-Dzikowska, B. Wójtowicz, B. Gworek, H. Król, M. Dziechciaż, M. Szpringer, J. Chmielewski, *Przem. Chem.* 2019, **98**, nr 10, 1614.
- [12] J. Chmielewski, B. Gworek, A. Walosik, M. Florek-Łuszczki, *AAEM: Ann. Agr. Env. Med* 2025, **32**, nr 2, 216.
- [13] E. Michota-Katulska, M. Zegan, A. Działak, I. Boniecka, *Zagad. Doradztwa Roln.* 2015, **1**, 40.
- [14] A. Witczak, Z.E. Sikorski, *Szkodliwe substancje w żywności. Pochodzenie, działanie, zagrożenia zdrowotne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020.
- [15] M. Jankowska, B. Łozowicka, P. Kaczyński, *Sci. Total Environ.* 2019, **652**, 1156.
- [16] L. Zhao, F. Liu, J. Ge, L. Ma, L. Wu, X. Xue, *Dry. Technol.* 2018, **36**, 965.
- [17] I. Hrynyk, P. Kaczyński, M. Pietruszyńska, B. Łozowicka, *Food Control* 2023, **143**, 109267.
- [18] PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcowych*.
- [19] SANTE/11312/2021, *Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed*.



KONFERENCJA

NAUKA NA RZECZ
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

24.-25.10.2024

Wrocławska Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelna Organizacja Techniczna we Wrocławiu zaprasza na

Konferencję Naukową „Nauka na rzecz zrównoważonego rozwoju”,

która odbędzie się w dniach **24–25 października 2024 r. we Wrocławiu**

Celem konferencji będzie wymiana doświadczeń dotyczących innowacyjnych technologii przyczyniających się do zrównoważonego rozwoju w wybranych dziedzinach życia. Wydarzenie umożliwi prezentację dorobku naukowego zarówno młodej, jak i doświadczonej kadry naukowej oraz będzie stanowić platformę służącą wymianie informacji, poglądów i doświadczeń pomiędzy pracownikami naukowymi a przedstawicielami przemysłu.

Tematyka konferencji obejmuje: nowoczesne technologie przemysłu chemicznego; nawozy mineralne o innowacyjnych składach; perspektywy rozwoju technologii zielonego wodoru; nowoczesne rozwiązania w technologiach galwanicznych; zaawansowane materiały funkcjonalne i użytkowe; innowacyjne rozwiązania w technologii uzdatniania wody i oczyszczania ścieków; recykling i zagospodarowanie odpadów; gospodarka w obiegu zamkniętym; sztuczna inteligencja w tworzeniu zrównoważonego rozwoju; ograniczenie marnotrawstwa surowców roślinnych w całym ciągu przetwórczym; aspekty środowiskowe w produkcji żywności; zapewnienie bezpieczeństwa żywności; zanieczyszczenia surowców i produktów; odnawialne źródła energii; zrównoważony rozwój rolnictwa; zrównoważony rozwój ogrodnictwa.

Podczas konferencji planowane są: wykłady plenarne oraz referaty i posterki w sekcjach tematycznych. Wystąpienia należy przygotować w formie wystąpień multimedialnych, których prezentacja zajmować będzie ok. 15 min (referat) lub ok. 5 min (poster).

Organizatorzy przewidują możliwość publikacji artykułów naukowych w czasopiśmie: *Chemik* (0009-2886, 20 pkt), *Przemysł Chemiczny* (0033-2496, 70 pkt), *Ochrona przed Korozją* (0473-7733, 40 pkt) oraz *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* (1642-686X, 20 pkt.).

Opłaty:

Koszt uczestnictwa obejmuje: udział w konferencji, materiały konferencyjne wraz ze zbiorem abstraktów, certyfikat uczestnictwa w konferencji, wyżywienie oraz udział w spotkaniu integracyjnym z uroczystą kolacją pierwszego dnia konferencji (opłaty za nocleg/noclegi nie są uwzględnione w opłacie konferencyjnej).

Dostępne pakiety:

- dla członków Stowarzyszeń NOT: 750 zł – opłata wczesna, wniesiona do 15 września 2024 r.
850 zł – opłata wniesiona do 20 października 2024 r.
- dla osób niebędących członkami Stowarzyszeń NOT: 800 zł – opłata wniesiona do 15 września 2024 r.
900 zł – opłata wniesiona do 20 października 2024 r.
- dla studentów i doktorantów: 400 PLN – opłata wczesna, wniesiona do 15 września 2024 r.
500 zł – opłata wniesiona do 20 października 2024 r.

Opłaty za konferencję prosimy dokonywać do 20 października 2024 na konto **87109015220000000142021819**,

z dopiskiem KNRZR oraz nazwisko uczestnika

Szczegółowe informacje znajdują się na stronie www.knrzr.not.pl

Kontakt mailowy: konferencje@not.pl