

*Beata Piłat¹, Ryszard Zadernowski^{1, 2}

Rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.) w profilaktyce nowotworowej

The Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) fruits in cancer prevention

¹Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauki o Żywności,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Kierownik Katedry: dr inż. Iwona Zofia Konopka, prof. UWM

²Katedra Towaroznawstwa, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży
Dziekan Wydziału: dr inż. Andrzej Borusiewicz

SUMMARY

The paper describes current research on the use of sea-buckthorn berries in cancer prevention. Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) is a species of leafy shrub widely used throughout the world. The fruits and leaves, from which juices, oils and extracts are produced have the importance of usability. Products obtained from sea-buckthorn have found a recognized nutritional and medical position in many countries. The fruits contain various types of nutrients and bioactive substances: vitamins, carotenoids, flavonoids, polyunsaturated fatty acids, free amino acids and minerals. Clinical and scientific research carried out in the 20th century confirm the nutritional value and therapeutic properties of sea buckthorn, including the most important of them anti-cancer activity. The presented review of the literature is focused on the anti-cancer potential of lipo- and hydrophilic extracts obtained from fruits, seeds and leaves of sea-buckthorn, as well as on the possibilities of their use in anti-cancer prevention.

Keywords: sea buckthorn, chemical composition, bioactivity, cancer prevention

STRESZCZENIE

W pracy opisano dotychczasowe badania na temat zastosowania owoców rokitnika w profilaktyce nowotworowej. Rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.) to gatunek krzewu liściastego, szeroko rozpowszechnionego na całym świecie. Znaczenie użytkowe mają owoce oraz liście, z których wytwarzane są soki, oleje, ekstrakty i wyciągi. Produkty otrzymywane z rokitnika znalazły w wielu krajach uznaną pozycję odżywczą i leczniczą. Owoce zawierają różne rodzaje składników odżywczych i substancji biologicznie aktywnych, tj. witaminy, karotenoidy, flawonoidy, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, wolne aminokwasy i składniki mineralne. Badania kliniczne i naukowe, wykonane w ubiegłym wieku, potwierdzają wartość odżywczą i właściwości lecznicze rokitnika, a w tym najważniejsze z nich – działanie przeciwnowotworowe. Przedstawiony przegląd piśmiennictwa koncentruje się na przeciwnowotworowym potencjale lipo- i hydrofilnych ekstraktów otrzymywanych z owoców, nasion i liści rokitnika oraz na możliwościach wykorzystania ich w profilaktyce przeciwnowotworowej.

Słowa kluczowe: rokitnik, skład chemiczny, substancje biologicznie aktywne, zapobieganie nowotworom

Charakterystyka i skład chemiczny rośliny

W XX wieku nastąpił ogromny wzrost zachorowań na tzw. choroby cywilizacyjne. W związku z tym wielu badaczy zwróciło uwagę na możliwość wykorzystania roślinnych substancji biologicznie aktywnych w profilaktyce takich chorób, jak: nowotwory, cukrzyca, choroby sercowo-naczyniowe, choroby układu moczowego, jednocześnie wskazując na owoce jako potencjalne źródło tych substancji. W każdej strefie

klimatycznej występują owoce, które wyróżniają się spośród innych bogactwem substancji biologicznie aktywnych. W ostatnich latach nadano im nazwę „superowoce” (ang. *super fruits*). Za kryterium wyróżnienia przyjęto fakt, że charakteryzują się one większą zawartością witamin i składników mineralnych, a przede wszystkim substancji przeciwutleniających. Ich spożywanie może przyczynić się do wzmocnienia układu krążenia, systemu nerwowego, obniżenia poziomu cholesterolu we krwi, spowolnienia procesów

starzenia organizmu, a także może zapobiegać powstawaniu nowotworów (1). Uczeni zajmujący się tym problemem uważają, że aby konkretny związek mógł być uznany za substancję przeciwnowotworową, powinien hamować wszystkie stadia kancerogenezy: inicjację, promocję, progresję i przerzuty. Badania ostatnich lat dowodzą, że wszystkie etapy procesu nowotworowego mogą być przyspieszane lub hamowane przez niektóre substancje bioaktywne (1-3). Należy jednak pamiętać, że roślinne substancje biologicznie aktywne mogą zapobiegać lub wspomagać leczenie wielu chorób, ale nie są w stanie zastąpić nowoczesnej medycyny.

Jedną z roślin, której owoce i liście są bogate w różnego rodzaju substancje bioaktywne, jest rokitnik. Rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.) to gatunek krzewu z rodziny Oliwnikowatych (*Elaeagnaceae*), szeroko rozpowszechniony na całym świecie. W Polsce, poza rokitnikiem dziko rosnącym, rokitnik uprawiany jest na plantacjach towarowych o ogólnej powierzchni ok. 100 ha (4). Znaczenie użytkowe mają przede wszystkim owoce, z których można wytwarzać soki i oleje, oraz liście wykorzystywane do przygotowywania leczniczych naparów i ekstraktów (5).

W wielu krajach przetwory otrzymywane z rokitnika znalazły ważną pozycję leczniczą i zapobiegawczą. Owoce rokitnika są bogatym źródłem składników odżywczych, tj. białek, tłuszczów, węglowodanów (5-7), oraz substancji biologicznie aktywnych: witamin, karotenoidów, flawonoidów, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, wolnych aminokwasów i składników mineralnych. Wymienione substancje były przedmiotem wielu prac naukowych, które w ostatnim trzydziestolecu ukazały się w czasopiśmie krajowych i zagranicznych (6-11). Owoce rokitnika, ze względu na bogactwo substancji biologicznie aktywnych, zaliczane są do superowoców pozyskiwanych w naszej strefie klimatycznej. Substancje obecne w owocach rokitnika tradycyjnie wykorzystywane są w leczeniu wielu chorób (8, 12, 13). Owoce rokitnika

wyróżnia fakt, że gromadzą one lipidy nie tylko w nasionach, ale także w miąższu i skórce (7, 8).

Do chwili obecnej w owocach rokitnika zidentyfikowano ponad 200 substancji o właściwościach lipofilnych i hydrofilnych. Wybrane przykłady tych substancji występujących w różnych częściach strukturalnych tej rośliny zestawiono w tabeli 1. Substancje lipofilne rokitnika pozyskiwane są z owoców w postaci oleju, oleosomu oraz zespołów fosfolipidokarotenoidowych (7, 14, 15). W związku z tym olej można otrzymywać z całych owoców, miąższu, skórki lub nasion. Natomiast oleosomy pochodzą tylko z miąższu (7). Oleje otrzymywane z miąższu i skórki oraz tłuszcz oleosomowy wyróżnia kwas palmitooleinowy (C16:1 – omega-7). Kwas ten nie występuje w oleju rokitnikowym otrzymanym z nasion, a także rzadko spotykany jest w innych olejach roślinnych. Podstawowymi substancjami rozpuszczalnymi w oleju są: karotenoidy, tokoferole, fitosterole, olejki eteryczne i witaminy (7, 9). We frakcji hydrofilnej znajdują się substancje z grupy polifenoli oraz witamin rozpuszczalnych w wodzie (7, 9). To sprawia, że sok rokitnikowy jest bogatym źródłem związków o właściwościach przeciwutleniających (5).

Obie frakcje – lipofilna i hydrofilna – stosowane są w leczeniu wielu chorób. W piśmiennictwie można znaleźć liczne dowody świadczące o leczniczych właściwościach owoców rokitnika i produktów z nich pozyskiwanych (13, 16, 17). Do najróżniejszych chorób zalicza się nowotwory. Ich liczba szybko rośnie, zwłaszcza w krajach rozwijających się, gdzie terapia lekami syntetycznymi jest bardzo kosztowna. W krajach rozwijających się nowotwory leczy się zwykle sposobami tradycyjnymi z udziałem roślin leczniczych. Jedną z takich roślin jest rokitnik, którego owoce i liście są bogate w substancje biologicznie aktywne. Celem niniejszej pracy było podsumowanie dotychczasowej wiedzy wskazującej na ewentualną korelację między składnikami biologicznie aktywnymi rokitnika a ich właściwościami przeciwnowotworowymi. W pracy wykorzystano wyniki badań

Tab. 1. Skład chemiczny surowców pozyskiwanych z rokitnika

Surowiec	Substancje chemiczne
Owoce	witaminy (C, E, B, K ₁ , D, kwas foliowy); makro- i mikroelementy (Mn, Mg, K, Ca, Fe, Na, Zn, Ni); karotenoidy; związki fenolowe; lipidy, kwasy organiczne; białka; cukry; pektyny
Liście	witaminy (E, kwas foliowy); makro- i mikroelementy (Mn, Mg, K, Ca, Fe, Na, Zn, Ni); karotenoidy; związki fenolowe; aminokwasy; lipidy; chlorofil; białka; cukry; pektyny
Nasiona	witaminy (E, kwas foliowy); makro- i mikroelementy (Mn, Mg, K, Ca, Fe, Na, Zn, Ni); karotenoidy; związki fenolowe; aminokwasy (niebiałkowe); lipidy; białka; cukry; pektyny

własnych (7), a także wyniki pochodzące z innych placówek naukowych opublikowane w ostatnich 30 latach.

Substancje przeciwnowotworowe rokitnika

Owoce rokitnika należą do najbardziej odżywczych owoców występujących w przyrodzie, chociaż pod względem organoleptycznym budzą wiele zastrzeżeń ze względu na kwaśny smak i swoisty zapach. Skład chemiczny owoców został opisany w licznych publikacjach krajowych i zagranicznych (6, 7, 12, 13, 18). Znacznie mniej informacji można znaleźć na temat właściwości leczniczych liści. W dotychczasowych pracach podano skład chemiczny liści, identyfikację niektórych związków biologicznie aktywnych, określając ich właściwości przeciwutleniające i zapobiegające chorobom (19-22).

Z piśmiennictwa wynika, że skład chemiczny owoców i liści może się różnić w zależności od pochodzenia, odmiany, klimatu i warunków uprawy. W dotychczasowych pracach podkreśla się, że poza lipidami i węglowodanami, owoce i liście rokitnika są bogatym źródłem białek i wielu aminokwasów (7). W owocach występują związki mineralne, takie jak: Ca, P, Fe, a przede wszystkim K (7, 23, 24). Ponadto owoce rokitnika są bogatym źródłem witamin, głównie witaminy C, której ilość jest większa niż w cytrynach i pomarańczach, tokoferoli i karotenoidów, zwłaszcza β -karotenu, likopeny i zeaksantyny (tab. 2) (7, 12, 17), ale również takich witamin, jak kwas foliowy, B₁, B₂ i K (8, 25, 26).

W skórze łodygi i owoców wykryto rzadko występującą w roślinach 5-hydroksytryptaminę, substancję stosowaną w przypadku wielu dolegliwości, m.in. związanych z układem moczowym (8, 27). Wyjątkowy aromat owoców rokitnika związany jest z obecnością następujących związków lotnych: dodecenonianu etylu, oktanianu etylu, dekanolu, dekanianu etylu i dodekanianu etylu (8, 27, 28).

Większość substancji lipo- i hydrofilnych obdarzona jest właściwościami przeciwutleniającymi – zapobiegają one reakcjom wolnorodnikowym, które odpowiedzialne są za inicjację nowotworową odpowiednich organów. Goel i wsp. (29) podają, że w poszczególnych organach rokitnika występują różne formy przeciwutleniaczy, które zapobiegają reakcjom wolnorodnikowym, mogącym uszkadzać układ mitochondrialny komórki. Do głównych hydrofilnych substancji przeciwutleniających zaliczają się kwas askorbinowy i flawonoidy (9, 30), podczas gdy do substancji lipofilnych należą: tokoferole, karotenoidy i fitosterole (31, 32). Flawonoidy w owocach rokitnika reprezentowane są głównie przez izoramnetynę,

Tab. 2. Skład chemiczny owoców uprawianych w Polsce odmian rokitnika (7)

Grupy substancji	Zawartość
Sucha masa (%)	12,72-14,61
Ekstrakt (%)	8,67-10,17
Cukry ogółem (%)	4,94-5,72
Cukry redukujące (%)	1,59-1,83
Pektyny (%)	0,18-0,30
Białko (%)	0,92-1,15
Składniki mineralne (%)	0,32-0,43
Tłuszcz ogółem (%)	3,67-6,17
Błonnik (%)	3,87-4,25
Kwasy organiczne (%)	1,60-2,41
Witamina C (mg/100 g)	87,45-149,37
Związki fenolowe (mg/100 g)	128,66-282,75
Karotenoidy (mg/100 g)	7,68-17,53
Fosfolipidy ogółem (mg/100 g)	123,40-181,16

rutynę, astragalinę, kwercetynę, myricetynę i kemferol (9, 32, 33).

W dostępnym piśmiennictwie można znaleźć wiele pozycji dotyczących działania przeciwnowotworowego karotenoidów, polifenoli i katechin. Jednak potrzebne są dalsze badania, które objęłyby inne składniki przeciwnowotworowe obecne w owocach i liściach rokitnika (34). Ponadto owoce rokitnika bogate są w nienasycone kwasy tłuszczowe (oleinowy, linolowy, linolenowy, oleolinolowy) (7, 8). Owoce zawierają również fitosterole, takie jak: β -sitosterol, ergosterol i amiryny (7).

Oleje z rokitnika można otrzymać w trzech różnych postaciach: oleju z pulpy, z nasion i oleju oleosomowego (7). Dojrzałe nasiona zawierają 8-20% oleju, miąższ suszonych owoców (miąższ i skórki) około 20-25%, podczas gdy resztki owoców pozostałe po wyodrębnieniu soku około 15-20% (7, 27). Na zawartość oleju wpływają cechy morfologiczne, tj. wielkość i odmiana owoców, wybarwienie oraz czas zbiorów. Wszystkie oleje są bogate w: witaminy E i K (8, 25, 26), karotenoidy (likopen, β -karoten), tokoferole (α -tokoferol występuje w największych ilościach w oleju z nasion), tokotrienole (bardziej skoncentrowane w oleju z pulpy) i sterole (β -sitosterol, cholesterol, kampesterol oraz stigmasterol) (3, 7, 12, 28).

Oleje z mięszu i nasion różnią się składem kwasów tłuszczowych (7, 18). Olej z mięszu zawiera mononasycone i nasycone kwasy tłuszczowe, takie jak: kwas oleinowy, palmitooleinowy (30% wszystkich kwasów) i palmitynowy (7, 18). Olej z nasion zawiera nienasycone kwasy tłuszczowe, podczas gdy jest to jedyny olej, który w naturalny sposób zapewnia stosunek kwasu linolenowego (n-3) do kwasu linolowego (n-6) – 1:1 (8).

Liście rokitnika mają odrębny skład substancji biologicznie aktywnych. Reprezentowane są one głównie przez leukoantocyjanidyny flawonoli, (-) epikatechiny, (+) galokatechiny, (-) epigalokatechiny i kwas galusowy (8, 35). Guan i wsp. (36) stwierdzili, że świeże liście rokitnika są bogate w karotenoidy (ogółem 26,3 mg/100 g) i chlorofil (98,8 mg/100 g). Suszone liście nadal zawierają duże ilości związków biologicznie aktywnych i mogą stanowić składnik herbat ziołowych. Ponadto liście rokitnika zawierają znaczne ilości białek (20,7%), aminokwasy (0,73% lizyny, 0,13% metioniny i cystyny) (7), związki mineralne (Ca, Mg i K), kwas foliowy, katechiny, estryfikowane sterole, triterpenele i izoprenole (4, 31). Kumar i wsp. (27) oraz Yoshida i wsp. (37) wyizolowali z liści rokitnika dwie nowe taniny (hippofeny A i B), wraz z dwoma flawonoidami, sześcioma garbnikami i czterema C-glikozydowymi elagitaninami.

Działanie przeciwnowotworowe rokitnika

Przeciwnowotworowe właściwości witamin C i E, karotenoidów, flawonoidów, terpenoidów, kemferolu, izotiocyjanianów, fitosteroli, niektórych alkaloidów i wielu innych związków pochodzenia roślinnego są przedmiotem licznych publikacji. Przyjmuje się, że mechanizmy działania naturalnych substancji przeciwnowotworowych występujących w roślinach mają charakter wielokierunkowy. Wśród czynników przeciwnowotworowych wyróżnia się:

- czynniki blokujące inicjację procesu nowotworowego,
- czynniki hamujące promocję i progresję komórek nowotworowych,
- czynniki działające na wszystkich etapach procesu nowotworowego.

Ustalono, że ochrona przed inicjacją choroby, poprzez polifenole, karotenoidy, kwas askorbinyowy, flawonole, garbniki, indole, izotiocyjaniany, tokoferole i inne związki, polega na neutralizacji czynników nowotworowych oraz uaktywnionych mutagenów, selektywnym uaktywnianiu II fazy, hamowaniu powstawania enzymów utleniających, wzmacnianiu aktywności enzymów przeciwutleniających,

ochronie wrażliwych struktur oraz stymulacji naprawczej DNA przez związki zawierające siarkę i polifenolowe.

Piśmiennictwo opisujące rolę owoców rokitnika oraz przetworów i wyciągów z nich otrzymywanych w zapobieganiu i zwalczaniu nowotworów jest niewielkie. Jednak większość publikacji na ten temat została opracowana na podstawie badań klinicznych, a tylko kilkanaście badań zostało przeprowadzonych na zwierzętach doświadczalnych (4, 21). Wiele artykułów poświęcono właściwościom przeciwutleniającym substancji biologicznie aktywnych występujących w owocach i liściach rokitnika. Starano się wyjaśnić mechanizm neutralizacji wolnych rodników, wskazując na korzyści z tego płynące. Kilka prac poświęcono oddziaływaniu lipo- i hydrofilnych wyciągów na komórki nowotworowe w różnych stadiach procesu nowotworowego. Otrzymane dotychczas wyniki są rozbieżne. Nersesian i wsp. (38) podają, że oddziaływanie oleju rokitnikowego na komórki rakowe nie było tak skuteczne, jak w przypadku stosowania leków farmaceutycznych. Między innymi ustalono, że współczynnik hamowania nowotworu przez cyklofosfamid był 2 razy większy niż oleju rokitnikowego.

Podczas badań przeprowadzonych na zwierzętach laboratoryjnych starano się ustalić, na czym polega mechanizm antymutageny oleju rokitnikowego (38). Dotychczasowe badania potencjału przeciwnowotworowego ekstraktu etanolowego, otrzymanego z owoców rokitnika, zawierającego głównie flawonoidy, wskazują na ochronę szpiku kostnego przed uszkodzeniem popromiennym oraz jego szybką odnowę (39). Istnieją również publikacje, w których podano, że stosowanie oleju rokitnikowego umożliwiłoby szybką odnowę układu krwiotwórczego po leczeniu wysokimi dawkami napromieniowania (40). Na podstawie wstępnych badań doświadczalnych stwierdzono, że olej z nasion rokitnika wzmacnia nieswoistą odporność, a tym samym działa przeciwnowotworowo (41, 42).

Z dotychczasowych badań wynika, że owoce i preparaty otrzymywane na bazie owoców i liści rokitnika mogą bezpośrednio oddziaływać na proces powstawania nowotworu. Zaobserwowano hamowanie przez preparaty rozwoju komórek nowotworowych oraz blokowanie czynników mutagennych. Interesujące są prace Mingyu i wsp. (43, 44), którzy prowadząc badania na myszach z przeszczepionymi nowotworami mięsaka (S180) oraz białaczki limfatycznej (P388), stwierdzili, że zarówno wstrzyknięcia dootrzewne, jak i podawanie dożołądkowe oleju rokitnikowego hamowało rozwój komórek nowotworowych.

Natomiast sok z owoców rokitnika niszczył komórki tych nowotworów, a ponadto hamował rozwój komórek ludzkiego raka żołądka (SGC7901) oraz białaczki limfatycznej (L1200). Z kolei badania Yang (45) przeprowadzone na myszach wskazują na hamujące działanie preparatów z rokitnika na wodobrzusze Ellisa. Badania wykazały, że można znacznie przedłużyć życie myszy z tym nowotworem. Wykazano ponadto, że sok z owoców rokitnika skutecznie blokuje syntezę endogennych związków N-nitrozowych, które mają działanie kancerogenne, przy czym działanie to było skuteczniejsze niż kwasu askorbinowego (46).

Badania kliniczne wykazały, że rokitnik może być obiecującym środkiem w zapobieganiu i leczeniu zwłóknienia wątroby (47). Organ ten jest narażony na wiele szkodliwych czynników: leki, alkohol, toksyny, które mogą spowodować uszkodzenie lub osłabienie tego narządu, a w konsekwencji doprowadzić do stanu zapalnego lub marskości. Zbadano więc wpływ etanolowych ekstraktów z liści oraz oleju z nasion i wykazano, że produkty te mają silne działanie przeciwutleniające i ochronne przeciwko chlorowanym węglowodorom, które wywołują oksydacyjne uszkodzenie wątroby. W związku z tym niektórzy badacze uważają, że działanie przeciwnowotworowe rokitnika jest wynikiem pobudzania aktywności enzymów fazy II, takich jak S-transferaza glutationowa i DT-diaforaza, oraz enzymów przeciwutleniających, a mianowicie dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy, glutationu peroksydazy i reduktazy glutationowej w wątrobie myszy.

Dopiero ostatnie lata, dzięki wykorzystaniu nowych narzędzi badawczych, umożliwiających zrozumienie mechanizmu działania przeciwnowotworowego, dostarczyły przekonujących dowodów, że selektywne uaktywnianie enzymów II fazy jest skuteczną metodą ochrony komórek przed oddziaływaniem zarówno reaktywnych metabolitów, jak i reaktywnych form tlenu (RFT). Daje to wyraźne podstawy do zastosowania tej strategii w profilaktyce nowotworów. Wyniki dotychczasowych badań wykazały, że wyciągi z rokitnika miały istotny wpływ na zwiększenie odporności oraz szybszy powrót do zdrowia zwierząt chorych na nowotwory oraz poddawanych chemioterapii (46). W kilku pracach badano wpływ etanolowych ekstraktów z liści (47, 48) i wykazano, że mają one silne działanie przeciwutleniające i ochronne.

Eksperymentalne badania przeciwnowotworowe zostały przeprowadzone głównie z wykorzystaniem ekstraktów bogatych w związki katechinowe. Katechiny, niezależnie od źródła pochodzenia, wykazują działanie antymutagenne *in vitro* i *in vivo*. Ustalono, że hamują one rozwój nowotworów przeszczepialnych skóry, płuc, żołądka, przelyku, dwunastnicy i okrężnicy u gryzoni. Chociaż wszystkie formy chemiczne katechin mają właściwości przeciwnowotworowe, najbardziej aktywnym jest 3-galusan (-)-epigalokatechiny (EGCG), główny składnik liści.

Wydaje się, że kilka mechanizmów jest odpowiedzialnych za przeciwnowotworowe właściwości liści rokitnika, w tym zwiększenie aktywności enzymów przeciwutleniających (peroksydaza glutationowa, katalaza i reduktaza chinonowa) i fazy II (transferaza S-glutationu); hamowanie procesu peroksydacji lipidów; hamowanie aktywności dekarboksylazy ornityny (ODC) i aktywności cyklooksygenazy wywołanej przez TPA (tkankowy aktywator plazminogenu); hamowanie kinazy białkowej C i proliferacji komórkowej; wzrost aktywności przeciwzapalnej oraz ulepszenie komunikacji międzykomórkowej.

Podsumowanie

Przedstawione badania są nieliczne i dlatego potrzebne są dalsze dowody, które potwierdziłyby dotychczasowe hipotezy dotyczące możliwości zastosowania owoców rokitnika w profilaktyce nowotworowej. Na podstawie dotychczasowych badań można wywnioskować, że rokitnik jest rośliną zawierającą wiele związków przeciwnowotworowych mogących spełniać korzystną rolę w profilaktyce zwierząt doświadczalnych i prawdopodobnie ludzi. A zatem konieczne są dalsze badania w celu ustalenia, czy lipo- i hydrofilne ekstrakty z owoców i liści rokitnika zdolne są do pozytywnego oddziaływania na istniejące i rozwijające się reakcje onkogenne na poziomie molekularnym i komórkowym. Powinny one obejmować:

- dalsze badania związków biologicznie aktywnych występujących w rokitniku i ich przemian metabolicznych w organizmie ludzi;
- analizę czynników wpływających na biodostępność, w tym interakcje z innymi substancjami naturalnymi i lekami;
- molekularny lub komórkowy mechanizm działania terapeutycznego.

Piśmiennictwo

- Turati F, Rossi M, Pelucchi C i wsp. Fruit and vegetables and cancer risk: a review of southern European studies. *Br J Nutr* 2015; 113(2):102-10.
- Steinmeitz KA, Potter JD. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. *J Am Diet Assoc* 1996; 96:1027-39.
- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. AICR, Washington 2007.
- Piłat B, Bieniek A, Zadernowski R. Common sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) as an alternative orchard plan. *Pol J Natur Sci* 2015; 30(4):417-30.
- Piłat B, Zadernowski R. Wartość odżywcza i przydatność owoców rokitnika do produkcji soków. *Mat Konf, Arłamów* 2016.
- Zadernowski R, Szalkiewicz M, Czaplicki S. Skład chemiczny i wartość odżywcza owoców rokitnika. *PFIOW* 2005; (8-9):56-8.
- Piłat B. Owoce rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.) jako źródło substancji biologicznie aktywnych. Praca doktorska. Biblioteka UW-M, Olsztyn 2014.
- Christaki E. *Hippophaë rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a potential source of nutraceuticals. *Food Public Health* 2012, 2(3):69-72.
- Teleszko M, Wojdyło A, Rudzińska M i wsp. Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *J Agr Food Chem* 2015; 63(16):4120-9.
- Zheng RX, Xu XD, Tian Z i wsp. Chemical constituents from the fruits *Hippophaë rhamnoides*. *Nat Prod Res* 2009; 23(15):1451-6.
- Zeb A. Chemical and nutritional constituents of Sea buckthorn juice. *Pak J Nutrition* 2004; (3):99-106.
- Zeb A. Important therapeutic of Sea buckthorn (*Hippophaë*): a review. *J Biol Sci* 2004; (4):687-93.
- Piłat B, Zadernowski R. Owoce rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.) – bogate źródło związków bioaktywnych. *Post Fitoter* 2016; 17(4):298-306.
- Piłat B, Zadernowski R. Sposób otrzymania preparatu fosfolipidowo-karotenoidowego z owoców rokitnika. Patent nr P.229221.
- Piłat B, Zadernowski R, Czaplicki S i wsp. Sposób otrzymania liposomów z owoców rokitnika. Patent nr P.406658.
- Krejcarová J, Straková E, Suchý P i wsp. Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities – a review. *Acta Vet Brno* 2015; 84:257-68.
- Zeb A. Anticarcinogenic potential of lipids from *Hippophaë*-evidence from the recent literature. *Asian Pac J Cancer Prev* 2006; (7):32-5.
- Ghaffar F, Ilyas T, Shah H i wsp. Nutritional, physicochemical and biological activities of *Hippophaë rhamnoides* L. SSP. Turkistanica seeds grown under the agroclimatic conditions of skardu. *IJBPAS* 2017; 6(12):2565-78.
- Pirvua L, Pantelia M, Rasita I i wsp. The leaves of *Aronia melanocarpa* L. and *Hippophaë rhamnoides* L. as source of active ingredients for biopharmaceutical engineering. *Agric Agric Sci Proc* 2015; (6):593-600.
- Jaroszewska A, Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.). *Chilean J Agric Res* 2017; 77(2):155-62.
- Cho H, Cho E, Jung H i wsp. Antioxidant activities of Sea buckthorn leaf tea extracts compared with green tea extracts. *Food Sci Biotechnol* 2014; 23(4):1295-303.
- Kauppinen S. Sea buckthorn leaves and the novel food evaluation. *Proc Latv Acad Sci, Sect B* 2017; 71(3):111-4.
- Zakynthinos G, Varzakas T, Petsios D. Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) lipids and their functionality on health aspects. *Curr Res Nutr Food Sci J* 2016; 4(3):182-94.
- Markiewicz E, Zadernowski R, Markiewicz K i wsp. Zawartość mikro- i makropierwiastków w owocach rokitnika. *Folia Hort* 2003; Supl 1:282-4.
- Bekker NP, Glushenkova AI. Components of certain species of the *Elaeagnaceae* family. *Chem Nat Comp* 2001; 37:97-116.
- Bal LM, Meda V, Naik SN i wsp. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmeceuticals. *Food Res Int* 2011; 44:1718-27.
- Kumar R, Kumar GP, Chaurasia OP i wsp. Phytochemical and pharmacological profile of Sea buckthorn oil: a review. *Res J Med Plant* 2011; 5:491-9.
- Guliyev VB, Gul M, Yildirim A. *Hippophaë rhamnoides* L.: chromatographic methods to determine chemical composition, use in traditional medicine and pharmacological effects. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 2004; 812:291-307.
- Goel HC, Gupta D, Gupta S i wsp. Protection of mitochondrial system by *Hippophaë rhamnoides* L. against radiation-induced oxidative damage in mice. *J Pharm Pharmacol* 2005; 57:135-43.
- Rosch D, Bergmann M, Knorr D i wsp. Structure – antioxidant efficiency relations hips of phenolic compounds and the contribution to the antioxidant activity of sea buckthorn juice. *J Agric Food Chem* 2003; 51:4233-9.
- Wang B, Lin L, Ni Q i wsp. *Hippophaë rhamnoides* Linn. for treatment of diabetes mellitus: a review. *J Med Plant Res* 2011; (5):2599-607.
- Suomela JP, Ahotupa M, Yang B i wsp. Absorption of flavonoids derived from Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) and their effect on emerging risk factors for cardio vascular disease in humans. *J Agric Food Chem* 2006; 54:7364-9.
- Eccleston C, Baoru Y, Tahvonen R i wsp. Effect of antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans. *J Nutr Biochem* 2002 13:346-54.
- Olas B, Skalski B, Ulanowska K. The anticancer activity of Sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson). *Front Pharmacol* 2018; (9):232.
- Suryakumar G, Gupta A. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.). *J Ethnopharmacol* 2011;138:268-78.
- Guan TTY, Cenkowski S, Hydamaka A. Effect of drying on the nutraceutical quality of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L. ssp. sinensis) leaves. *J Food Sci* 2005; 70:514-8.
- Yoshida T, Tanaka K, Chen X-M i wsp. Tannins from *Hippophaë rhamnoides*. *Phytochem* 1991; 30(2):663-6.
- Nersesian AK, Zilfian VN, Kumkumadzhianand VA i wsp. Antimutagenic properties of Sea buckthorn oil. *Genetika* 1990; 26:378-80.
- Agrawala PK, Goel HC. Protective effect of RH-3 with special reference to radiation induced micronuclei in mouse bone marrow. *Indian J Exp Biol* 2002; 40:525-30.
- Chen Y. Study on the effects of the oil from *Hippophaë rhamnoides* in hematopoiesis. *Chin Herb Drugs* 2003; 26:572-5.
- Yu L. Effects of *Hippophaë rhamnoides* juice on immunologic and antitumor functions. *Acta Nutr Sin* 1993;15:280-3.

42. Zhong F. Effects of the total flavonoid of *Hippophae rhamnoides* on non specific immunity in animals. Shanxi Med J 1989; 18:9-10.
43. Mingyu X. Anticancer effects of and direction of research on *Hippophae*. Hippophae 1994; (7):41-3.
44. Mingyu X, Xiaoxuan S, Wenxin T. Medical research and development on Sea buckthorn. Hippophae 1994; (7):32-9.
45. Yang J. Preliminary studies on the effects of oil from fruit residues of Sea buckthorn upon anti-tumor. Proc Int Symp on Sea buckthorn, Xi'an (China) 1989; 382-4.
46. Xu M, Sun S, Cui J. The medicinal research on Sea buckthorn. Proc Int Workshop Seabuckthorn. New Delhi (India) 2001;18-21.
47. Gao ZL, Gu XH, Cheng FT i wsp. Effect of Sea buckthorn on liver fibrosis: a clinical study. World J Gastroenterol 2003; (9):1615-7.
48. Nitin K, Upadhyay MS, Kumar Y i wsp. Antioxidant, cytoprotective and antibacterial effects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves. Food Chem Toxicol 2010; 48:3443-8.

Konflikt interesów

Conflict of interest

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 10.01.2019

zaakceptowano/accepted: 05.03.2019

Adres/address:

*dr inż. Beata Piłat

Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych

Wydział Nauki o Żywności

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Pl. Cieszyński 1/322, 10-957 Olsztyn

tel.: +48 (89) 523-37-70

e-mail: beata.pilat@uwm.edu.pl