

Aleksandra TOMASIK
Studentka Politechniki Rzeszowskiej
Jolanta WARCHOŁ
Politechnika Rzeszowska

METODY ODZYSKU SUBSTANCJI BIOAKTYWNYCH Z ODPADÓW ROŚLINNYCH

Ze względu na ilość cennych substancji bioaktywnych znajdujących się w odpadach roślinnych istotne jest zastosowanie efektywnych metod ich odzysku. Wybór metody uzależniony jest od rodzaju substancji, stopnia jej odzysku oraz czystości uzyskanego produktu. Omówiono wady i zalety zastosowania różnych metod, a także możliwość wtórnego wykorzystania odzyskanych substancji w przemyśle.

1. Wprowadzenie

W każdym etapie procesu przetwórstwa spożywczego, zaczynając od produkcji, transportu, magazynowania, a kończąc na dystrybucji, wytwarzanych jest wiele produktów ubocznych, które wymagają dalszego zagospodarowania lub utylizacji [11]. Obok odpadów stałych, tj. opakowania, części roślin, kości, tłuszcze zwierzęce, powstają ścieki oraz liczne zanieczyszczenia gazowe emitowane do atmosfery [3]. Odpady stałe poddaje się biodegradacji na prostsze składniki chemiczne pod wpływem organizmów żywych, takich jak bakterie, pierwotniaki, promieniowce, grzyby, glony, robaki. Stopniowy rozkład przebiegający w środowisku naturalnym można przyspieszyć poprzez kompostowanie. Jest to najprostsza, najtańsza i zgodna z naturalnymi procesami metoda zmniejszania ilości odpadów biologicznych. Procesowi temu poddawane są odpady roślinne, przede wszystkim: resztki roślinne, chwasty, popiół drzewny (wprowadza potas), torf, papier (niezadrukowany), fusy, darń, osady denne z sadzawki, liście i skoszona trawa (tylko w cienkich warstwach i podwiednięta), kora drzew, trociny, drobne lub rozdrobnione gałęzie. Nie można natomiast kompostować odpadów, które zawierają składniki toksyczne, roślin porażonych chorobami grzybowymi, bakteryjnymi i wirusowymi, materiałów skażonych metalami ciężkimi, pozyskiwanych np. z okolic dróg o dużym nasileniu ruchu, oraz materiałów wcześniej konserwowanych chemicznie, np. skórki pomarańczy, bana-

nów i innych cytrusów [1]. Ponadto proces biologicznego rozkładu wymaga stosunkowo długiego czasu kompostowania.

Inną metodą utylizacji odpadów roślinnych jest spalanie lub piroliza. Ze względu na ilości powstających popiołów jest to metoda mało opłacalna (ilość odpadów poddawanych w ten sposób utylizacji w miastach wynosi 924,224 Mg/rok, a na wsi – 620,009 Mg/rok; odpady powstałe z obiektów infrastruktury wynoszą 326,850 Mg/rok) [17]. Ponadto metoda ta prowadzi do całkowitej destrukcji spalanej materii. Należy zauważyć, że produkty uboczne z zakładów przetwórstwa spożywczego zawierają znaczne ilości wysokowartościowych substancji, które mogą być wykorzystane w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym lub kosmetycznym [13]. Należą do nich: pektyna, destylaty owocowe, witaminy, kwas cytrynowy, aromaty, barwniki oraz wiele substancji bioaktywnych. Sposób ich zagospodarowania dotyczy sprzedaży na pasze, nawozy, komponenty do kompostu, a także jako surowiec do produkcji alkoholu, kwasów organicznych, środków nawilżających oraz komponentów leków [4]. Szczególnie cenne są substancje bioaktywne. Nie są one konieczne do życia, ale wpływają na fizjologiczną i biologiczną aktywność, a ich stosowanie jest bardzo korzystne dla zdrowia [10]. Dlatego badania naukowe skupiają się na poszukiwaniu efektywnych i zarazem ekonomicznych metod ich odzysku.

2. Podział i źródła substancji bioaktywnych

Substancje bioaktywne obecne w odpadach roślinnych to m.in.: witaminy, substancje fitochemiczne, składniki mineralne, stanole i sterole roślinne, substancje fitochemiczne, prebiotyki oraz synbiotyki mające częste zastosowanie w profilaktyce chorób nowotworowych oraz żołądkowo-jelitowych. Prebiotyki są to składniki pokarmowe, które nie podlegają trawieniu, a ich korzystny wpływ polega na stymulowaniu wzrostu i aktywności probiotyków. Natomiast probiotyki to żywe mikroorganizmy, które po spożyciu stanowią część flory okrężnicy i utrzymują ją w równowadze. Przede wszystkim umożliwiają jelitu grubemu pełnienie jego funkcji oczyszczającej i detoksykacyjnej organizmu, poprawiając perystaltykę jelit, oraz regulują stan zapalny błony śluzowej jelita. Liczba zastosowań probiotyków w leczeniu chorób przewodu pokarmowego, także modulacji śluzówki jelit oraz zakażeń jelitowych jest bardzo duża. Prowadzone są badania nad działaniem probiotyków w leczeniu różnych chorób jelita, które dają bardzo obiecujące wyniki. Najcenniejsze spośród nich to inulina, fruktooligosacharydy i galaktooligosacharydy, których korzystne działanie zostało potwierdzone badaniami. Synbiotyki, tj. związki zawierające probiotyki i prebiotyki, działają synergistycznie, przez co przywracają prawidłową pracę flory jelitowej.

Źródłem substancji bioaktywnych są m.in.:

- **aloes** – zawiera on: salicylany, mleczan magnezu, acemannan, lupeol, campesterol, kwas β -sitosterolowy, kwas γ -linolenowy, aloctin A i antrachinon; jest powszechnie stosowany jako składnik wielu produktów dostępnych w aptece, zarówno w postaci żelu, jak i eksudatu z liści, oraz w medycynie; roślina ta ma zastosowanie w leczeniu chorób przewodu pokarmowego, wykazuje działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe i kojące,
- **soja** – bogata w izoflawony jest źródłem inhibitora trypsyny, fosfatydyloinozytolu, saponiny i sfingolipidy; substancje te pomagają w zwalczaniu raka piersi, prostaty i jelita grubego oraz zapobiegają chorobie niedokrwiennej serca i regulacji układu immunologicznego,
- **czosnek** – wykazuje właściwości antynowotworowe (dzięki zawartości prebiotyków frukto-oligosacharydowych oraz przeciwutleniaczy) i przeciwmiażdżycowe, zmniejsza ryzyko zawału serca, ma działanie naturalnego antybiotyku niszczącego bakterie chorobotwórcze w układzie pokarmowym i oddechowym oraz zawiera wiele witamin,
- **wyciąg z kory sosny** – zwany Pycnogenolem, otrzymuje się przez ekstrakcję świeżej kory sosny z wodnym roztworem NaCl; uzyskany produkt jest mieszaniną głównie flawonoidów, monomerów, takich jak: katechina, epikatechina i taksyfolin oraz polimerów czy procyanidyny; mieszanina ta ma właściwości przeciwutleniające i może działać jako modulator metabolicznych enzymów, zmieniając czynności makrofagów oraz produkcję tlenu azotu; ekstrakt z kory sosnowej stosuje się w leczeniu chorób przewodu pokarmowego,
- **kurkuma** zawiera żółty barwnik o nazwie kurkumina, jest powszechnie stosowana jako przyprawa w kuchni indyjskiej i tajskiej; kurkuma i jej ekstrakty mają korzystny wpływ na przewód pokarmowy; zmniejszają rozprzestrzenianie się raka okrężnicy HT-29 oraz działają ochronnie na jelito grube,
- **drzewo Bael** – rośnie w tropikalnych i subtropikalnych krajach, stosowane jest w medycynie ajurwedyjskiej oraz w leczeniu np. biegunki, czerwonki i objawów dyspepsji; marmelosin wyizolowany z rośliny Bael ma właściwości robakobójcze i bakteriobójcze,
- **Sangre de grado** – to drzewo pochodzące z Ameryki Południowej, nazywane też smoczą krwią ze względu na czerwony płyn wydobywający się po nacięciu kory, mający właściwości lecznicze; stosowany jest w leczeniu wrzodów żołądka, wszelakich infekcji jelitowych czy stanów zapalnych [6].

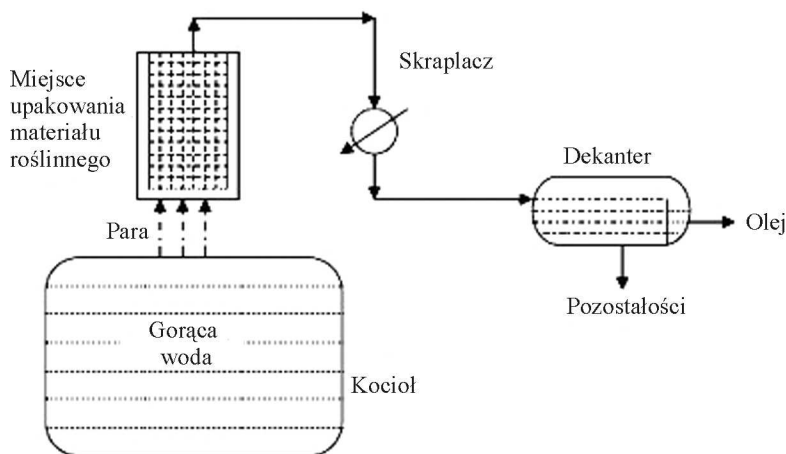
3. Metody odzysku substancji bioaktywnych

3.1. Destylacja

Do odzysku substancji bioaktywnych z odpadów roślinnych stosuje się kilka metod. Jedną z nich jest destylacja. Metoda ta jest powszechnie stosowana w praktyce laboratoryjnej i w różnych gałęziach przemysłu, głównie spożywczego i chemicznego. Jest to proces fizykochemiczny polegający na przeprowadzeniu substancji ciekłych w stan pary, skropleniu par przez oziębienie i zebraniu skroplin. To metoda rozdzielu mieszanin, której podstawą jest różnica w składzie pary i cieczy [18].

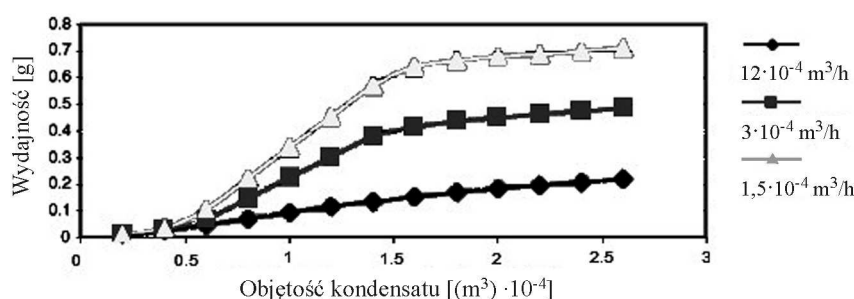
Destylacja z parą wodną

Destylacja z parą wodną jest procesem destylacji materiału roślinnego za pomocą wygenerowanej pary. Substancje nierozpuszczalne lub słabo rozpuszczalne w wodzie przeprowadza się w stan pary za pomocą strumienia pary wodnej. Pod ciśnieniem atmosferycznym materiał roślinny podgrzewany jest do temperatury niższej niż 100°C, zatem nie powinien ulegać degradacji termicznej, a ilość wytwarzanej pary można łatwo kontrolować. W nowoczesnych aparatach wykorzystywana jest para pod wyższymi ciśnieniami rzędu 0,3-0,4 MPa, w związku z czym wartości temperatury są odpowiednio wyższe. Schemat destylacji z parą wodną przedstawiono na rys. 1. Para jest produkowana w kotle parowym i przechodzi przez zbiornik, w którym szczelnie upakowano materiał roślinny. Para wodna zawierająca pary oleju skrapla się w chłodnicy rurowej. Następnie poprzez dekantację olej jest oddzielany [15].



Rys. 1. Schemat destylacji z parą wodną

Metodę tę zastosowano m.in. do odzysku olejku z bylicy. Stwierdzono, że efekt procesu zależy od temperatury i ciśnienia. Wydajność procesu maleje wraz ze wzrostem szybkości przepływu pary oraz wzrasta wraz ze wzrostem objętości kondensatu (rys. 2.).



Rys. 2. Wpływ szybkości przepływu pary na efektywność odzysku olejków z bylicy

Wykorzystanie pary pod wysokim ciśnieniem pozwala znacznie szybciej i pełniej wyselekcjonować pożądane związki oraz zwiększa wydajność procesu. Jednak metoda ta wymaga wyższych nakładów inwestycyjnych niż destylacja pod ciśnieniem normalnym [15].

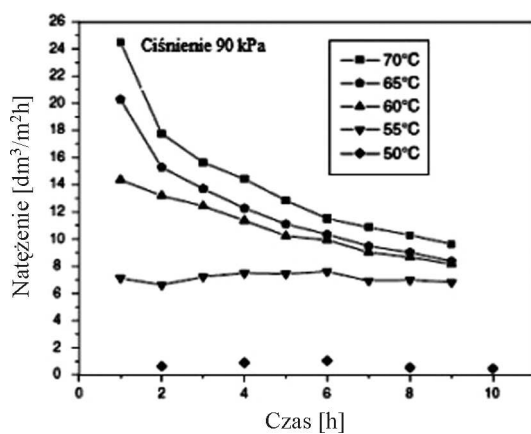
Destylacja pod zmniejszonym ciśnieniem (destylacja próżniowa)

Zaletą destylacji próżniowej jest stosowanie niższych ciśnień, a więc także niższych wartości temperatury pracy. Umożliwia to odzysk substancji charakteryzujących się małą odpornością na działanie wysokiej temperatury. Metodę tę zastosowano do odzysku glikoprotein z żeń-szenia [22]. Badania prowadzono w temperaturze 50-70°C, pod ciśnieniem 90 kPa oraz w zakresie ciśnień 73-88 kPa w temperaturze 70°C. Uzyskane wyniki zamieszczono na rys. 3. i 4.

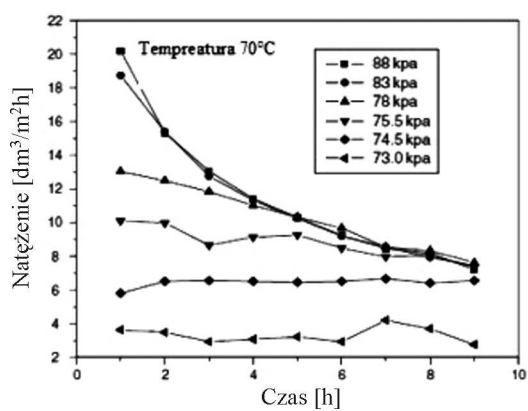
Obniżenie temperatury, jak i ciśnienia umożliwia zastosowanie większych natężeń przepływu strumienia wodnego roztworu żeń-szenia. Z kolei obniżenie natężenia przepływu roztworu żeń-szenia zwiększa efektywność odzysku glikoprotein (rys. 5.) [22].

3.2. Ekstrakcja

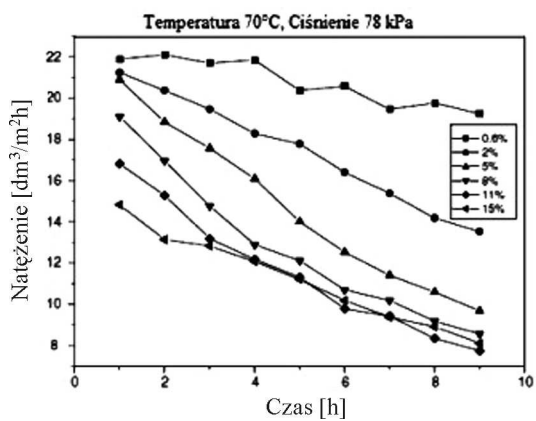
Ekstrakcja jest metodą wyodrębniania składników z mieszanin ciekłych lub stałych za pomocą odpowiednio dobranych, selektywnych rozpuszczalników o różnej zdolności rozpuszczania poszczególnych składników lub określonych ich grup. Istotą tego procesu jest ograniczona wzajemna rozpuszczalność ekstraktu i rafinatu, czyli istnienie dwóch faz, które można mechanicznie rozdzielić. Ekstrakcja jest oparta na procesach fizycznych, w których istotną rolę odgrywa



Rys. 3. Wpływ natężenia przepływu strumienia roztworu żeń-szenia w funkcji temperatury



Rys. 4. Wpływ natężenia przepływu strumienia roztworu żeń-szenia w funkcji ciśnienia



Rys. 5. Wpływ natężenia przepływu strumienia wodnego roztworu żeń-szenia na efektywność odzysku gliko-protein

dyfuzja [19]. Stwierdzono, że efektywność procesu zależy od zastosowanego rozpuszczalnika. Wybierając rozpuszczalnik, należy uwzględnić:

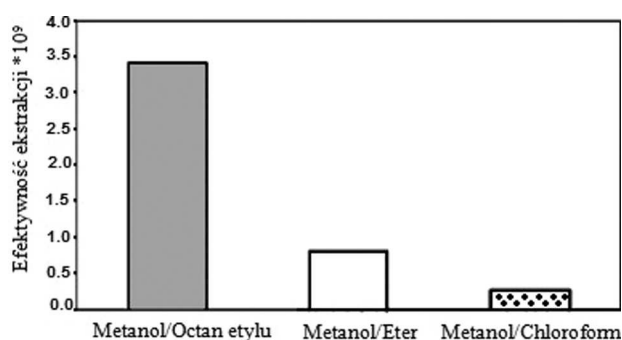
- selektywność, ponieważ tylko aktywne, pożądane składniki powinny być uzyskiwane z surowców roślinnych,
- temperaturę wrzenia, która powinna umożliwiać łatwe usunięcie rozpuszczalnika z produktu,
- polaryzację,
- reaktywność z oddzielnym składnikiem oraz lepkość,
- chemiczną i termiczną stabilność,
- różnicę gęstości fazy organicznej i fazy wodnej.

Rozpuszczalnik nie powinien powodować korozji, stwarzać ryzyka zatrucia ani zagrożenia dla środowiska [7].

Ekstrakcja wspomagana ultradźwiękami

Technika ekstrakcji za pomocą ultradźwięków oparta jest na interakcji pomiędzy związkami chemicznymi obecnymi w roślinach a substancjami, które mają być wyselekcjonowane. Stwarza to możliwość większej penetracji rozpuszczalnika oraz zwiększenie powierzchni kontaktu [14]. Działanie ultradźwiękami jest pomocne w przyspieszaniu różnych etapów procesu analitycznego, pozwala na wyodrębnienie analitów z różnych matryc w krótszym czasie niż inne techniki ekstrakcji [21]. Badania nad wyizolowaniem związków bioaktywnych z szafranu dowiodły, że proces jest uzależniony od zastosowanego rozpuszczalnika, jego polaryzacji oraz lepkości. Najwyższą wydajność procesu uzyskano dla pary rozpuszczalników metanol-octan etylu, ponieważ mają one najwyższą polaryzację (najwyższy moment dipolowy), octan etylu posiada zaś najwyższą lepkość spośród badanych trzech rozpuszczalników (rys. 6.) [8].

Rys. 6. Wpływ rodzaju rozpuszczalnika na efektywność ekstrakcji substancji bioaktywnych z szafranu



Efektywność metody zależy również od temperatury procesu, czasu jego prowadzenia i stężenia zastosowanego rozpuszczalnika. Optymalne warunki

ekstrakcji flawonoidów z *Selaginella Doederleinii Hieron*, przy użyciu ultradźwięków o częstotliwości 40 kHz oraz zastosowaniu etanolu jako rozpuszczalnika uzyskano dla temperatury 65°C, stężenia etanolu 70% oraz czasu 50 min (tab. 1.) [14].

Tabela 1. Wpływ parametrów procesu na wydajność odzysku flawonoidów z *Selaginella Doederleinii Hieron*

Parametry				Wydajność [mg/g]
Numer	T [°C]	C [% etanolu]	t [min]	flawonoidy ogółem
1	55	70	70	2,213
2	65	70	50	3,682
3	65	80	30	2,593
4	75	60	50	1,897
5	75	80	50	2,346
6	65	60	30	1,01
7	65	70	50	3,776
8	65	80	70	2,806
9	55	80	50	2,686
10	75	70	30	2,171
11	65	70	50	3,775
12	65	70	50	4,414
13	65	60	70	1,511
14	55	60	50	1,158
15	55	70	30	1,964
16	75	70	70	2,542
17	65	70	50	3,791

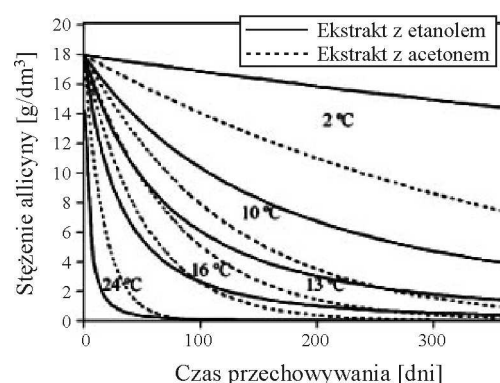
Ekstrakcja rozpuszczalnikami organicznymi

Proces ekstrakcji w rozpuszczalnikach organicznych polega na rozdzieleniu substancji rozpuszczonej od stałej mieszaniny za pomocą odpowiednich rozpuszczalników organicznych. Proces jest skuteczniejszy, gdy przeprowadza się go kilkakrotnie, stosując małe porcje rozpuszczalnika. Zastosowanie acetonu jako rozpuszczalnika umożliwia odzyskanie składników zarówno bardziej, jak i mniej polarnych. Uzyskany ekstrakt osusza się w próżni (w celu usunięcia acetonu) i rozpuszcza w wodzie. Aby zwiększyć rozpuszczalność substancji mniej polarnych, np. kwasów tłuszczowych, wykonuje się rozdział fazy wodnej za pomocą octanu etylu, a następnie butanolu. Kolejnym etapem jest zagęszczenie badanej próbki w próżni i poddanie jej dalszym procesom oczyszczania.

Badając wpływ temperatury i rodzaju użytego rozpuszczalnika na stabilność allicyny z czosnku, stwierdzono, że roztwór allicyny jest bardziej stabilny

w ekstrakcie z acetonem w temperaturze niższej niż 10°C, w przedziale zaś temperatury 10-16°C allicyna szybciej ulega rozpadowi w etanolu (rys. 7.) [2].

Wybór między poszczególnymi rozpuszczalnikami organicznymi w znacznym stopniu zależy od właściwości próbki początkowej. W przypadku surowca zawierającego wodę zaleca się stosowanie ekstrakcji z użyciem acetonu (miesza się z wodą). Stosowanie rozpuszczalnika niepolarnego zaleca się dla suchego materiału wyjściowego [12].



Rys. 7. Wpływ temperatury na efekt odzysku allicyny z czosnku

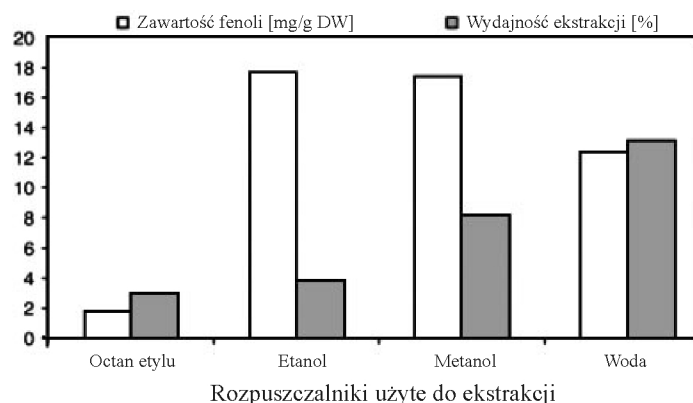
Metody ekstrakcji z rozpuszczalnikami organicznymi są proste, ekonomicznie opłacalne i zapewniają wysoką efektywność. Jednak stosowanie niektórych rozpuszczalników organicznych, takich jak heksan, aceton czy metanol, do wyselekcjonowania substancji bioaktywnych jest ograniczone ze względu na ich toksyczność [7].

Ekstrakcja w warunkach podwyższonego ciśnienia

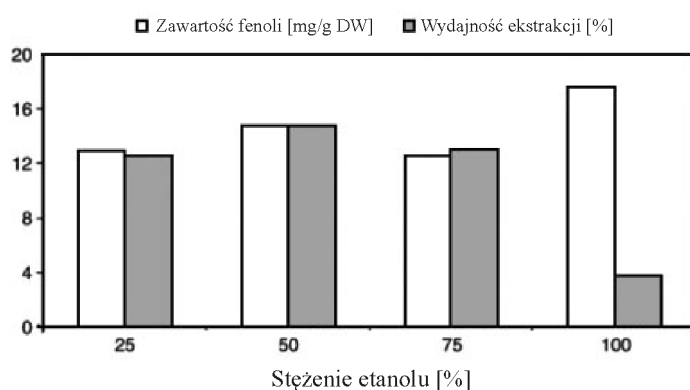
Ekstrakcja w warunkach podwyższonego ciśnienia polega na zastosowaniu wysokiego ciśnienia w granicach od 100 do 800 MPa lub nawet ponad 1000 MPa. Wysokie ciśnienie może spowodować pewne zmiany strukturalne w żywności, takie jak deformacje komórkowe, uszkodzenia błony komórkowej czy denaturacje białek. Z drugiej strony wysokie ciśnienie poprawia szybkość transportu masy, zwiększa przepuszczalność rozpuszczalnika przez komórki oraz dyfuzję wtórnego metabolitu. Przy wyodrębnianiu substancji bioaktywnych z owoców tropikalnych Longan brano pod uwagę takie czynniki, jak: rodzaj rozpuszczalnika, jego stężenie oraz ciśnienie i temperaturę procesu [16]. W badaniach użyto 4 rozpuszczalników: octanu etylu, etanolu, metanolu i wody (rys. 8.).

Największe ilości związków fenolowych uzyskano dla etanolu oraz metanolu. Wynika to z różnicy polarności obu rozpuszczalników. Ponieważ etanol jest jednak mniej toksyczny niż metanol i łatwy do recyklingu, w praktyce zale-

cane jest stosowanie tego pierwszego. Badanie wpływu stężenia etanolu na wydajność procesu wskazuje, że najwyższą efektywność uzyskano dla stężenia 45-50% (rys. 9).



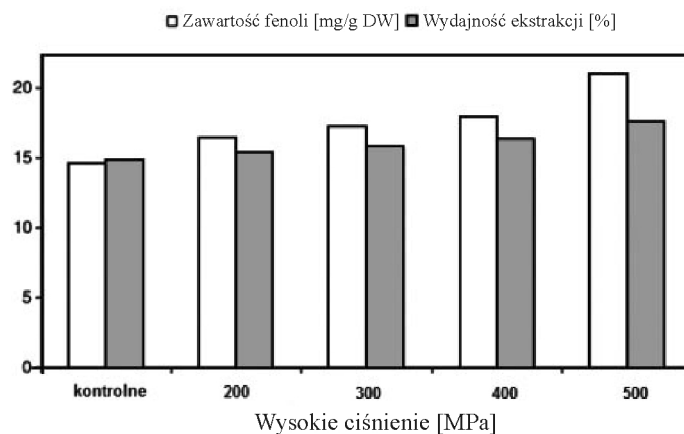
Rys. 8. Wpływ rodzaju rozpuszczalnika na zawartość fenoli i wydajność ekstrakcji z owoców Longan



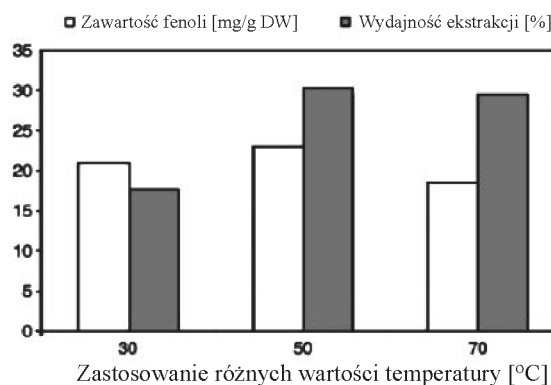
Rys. 9. Wpływ stężenia etanolu na zawartość fenoli i wydajność ekstrakcji z owoców Longan

Wzrost ciśnienia ma korzystny wpływ na proces, ponieważ zwiększa szybkość przenoszenia masy oraz prowadzi do wysokiej przepuszczalności. Najlepszą wydajność oraz dużą zawartość związków fenolowych uzyskano dla wysokiego ciśnienia rzędu 500 MPa (rys. 10.). Z kolei stosowanie zbyt wysokich wartości temperatury prowadzi do uszkodzenia struktur związków i zmniejszenia selektywności procesu (rys. 11.). Zastosowanie techniki ekstrakcji w warunkach podwyższonego ciśnienia do odzysku substancji bioaktywnych z roślin

daje większą wydajność oraz wymaga krótszego czasu niż zastosowanie innych technik ekstrakcyjnych [16].



Rys. 10. Wpływ ciśnienia na zawartość fenoli i wydajność ekstrakcji z owocni owoców Longan

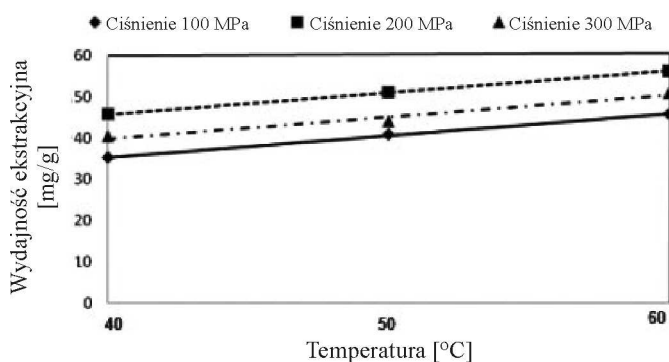


Rys. 11. Wpływ temperatury na zawartość fenoli i wydajność ekstrakcji z owocni owoców Longan

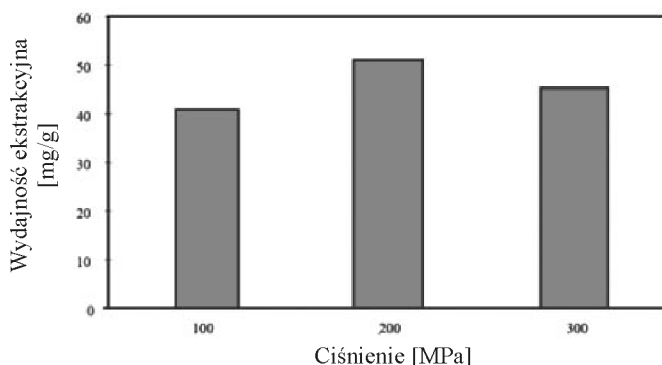
Ekstrakcja w warunkach nadkrytycznych

Ekstrakcja w warunkach nadkrytycznych to metoda, w której zasadniczą rolę odgrywa wykorzystanie gazów powyżej ich punktu krytycznego do selektywnego wyodrębnienia składników z surowców. Jako rozpuszczalnik najczęściej stosowany jest ditlenek węgla, ponieważ jest fizjologicznie nieszkodliwy, bezpieczny dla środowiska, niewybuchowy i łatwo go oddzielić od produktu.

Przytoczono przykład badania ekstrakcji w warunkach nadkrytycznych z zastosowaniem CO₂. Badano wpływ ciśnienia, temperatury oraz czasu ekstrakcji na wyselekcjonowanie substancji bioaktywnych (głównie flawonoidów) z liści mięty. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury rośnie rozpuszczalność substancji, a więc też wydajność procesu (rys. 12.) [20]. Jednak przy wzroście ciśnienia do 200 MPa wydajność procesu wzrasta. Powyżej 200 MPa następuje spadek wydajności spowodowany mniejszą gęstością CO₂ (rys. 13.). Badania nad wpływem czasu ekstrakcji substancji bioaktywnych z liści mięty dowiodły, że efektywność procesu rośnie liniowo wraz z upływem czasu ekstrakcji (rys. 14.).



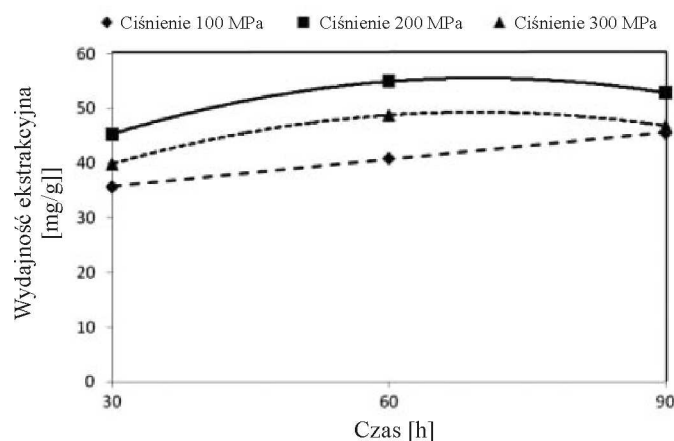
Rys. 12. Wpływ temperatury na wydajność ekstrakcji substancji bioaktywnych z liści mięty przy stałym ciśnieniu



Rys. 13. Wpływ ciśnienia CO₂ na wydajność ekstrakcji substancji bioaktywnych z liści mięty

Ekstrakcja za pomocą nadkrytycznego CO₂ znajduje częste zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu (wydzielanie aromatów, barwników czy rozdział

kwasów tłuszczowych). Nadkrytyczny CO₂ poprawia czystość składników oraz jakość otrzymanego produktu. Wadą tej metody jest wysoki koszt instalacji oraz przenoszenia znacznych nakładów energii na sprężanie rozpuszczalnika [9].



Rys. 14. Wpływ czasu ekstrakcji na wydajność ekstrakcji przy stałym ciśnieniu

3.3. Macerowanie

Maceracja polega na kontakcie odpadów roślinnych z różnymi rozpuszczalnikami (alkoholem etylowym, glikolem propylenowym, olejem roślinnym) w temperaturze pokojowej przez kilkanaście godzin/dni. W tym czasie następuje przejście cennych składników do rozpuszczalnika. Tak otrzymany roztwór, nazywany maceratem, odsącza się i wyciska w prasie. Metoda ta jest stosowana głównie w przemyśle zielarskim, farmaceutycznym, perfumeryjnym i spożywczym [20]. Zastosowano ją do odzysku substancji bioaktywnych (witaminy C, polifenoli, antocyjanów) z owoców derenia właściwego. Analiza wyników wskazuje, że wydłużenie czasu maceracji miazgi dereniowej ma negatywny wpływ na zawartość składników bioaktywnych (tab. 2.).

Tabela 2. Zawartość wybranych składników bioaktywnych w funkcji czasu maceracji soków z derenia

Składnik	15 min	2 h
Witamina C [g/m ³]	367	323
Polifenole ogółem [g/m ³]	2618	2514
Antocyjany [g/m ³]	540	468

Istotne znaczenie ma również czas przechowywania soku w różnych zakresach temperatury otoczenia. Zaobserwowano, że wzrost temperatury i czasu składowania wpływa negatywnie na zawartość substancji bioaktywnych. Po czterech miesiącach przechowywania w sokach pozostało średnio: 10-50% początkowej zawartości antocyjanów, 60-70% wyjściowej zawartości witaminy C oraz 80-85% polifenoli (tab. 3.) [5].

Tabela 3. Wpływ czasu przechowywania soku z owoców derenia w różnych zakresach temperatury otoczenia

Składnik	15 min				2 h			
	1 m-c		4 m-ce		1 m-c		4 m-ce	
	7°C	20°C	7°C	20°C	7°C	20°C	7°C	20°C
Witamina C [g/m ³]	314	295	260	230	293	271	235	205
Polifenole ogółem [g/m ³]	2375	2248	2248	2156	2121	2064	2052	1925
Antocyjany [g/m ³]	466	160	264	59	328	130	225	37

4. Podsumowanie

Do odzysku substancji bioaktywnych z odpadów roślinnych można zastosować kilka metod: destylację (z parą wodną, pod zmniejszonym ciśnieniem), ekstrakcję (ultradźwiękami, w rozpuszczalnikach organicznych, w warunkach podwyższonego ciśnienia, w warunkach nadkrytycznych) oraz macerowanie. Każda z tych metod ma swoje wady i zalety. Zalety wynikają z prostoty tych procesów, wysokiej wydajności oraz dużej czystości otrzymanych produktów. Natomiast wady dotyczą głównie kosztów przeprowadzenia procesu (inwestycyjnych, zużycia energii, zachowania ścisłych reżimów technologicznych). Wybór uzależniony jest od rodzaju substancji, którą chce się wyselekcjonować, ilości jej odzysku oraz czystości uzyskanego produktu. Biorąc pod uwagę wymienione kryteria, można przypuszczać, że ekstrakcja w rozpuszczalnikach organicznych jest najbardziej efektywną metodą. Należy jednak podkreślić, że odzysk substancji bioaktywnych z odpadów roślinnych z zastosowaniem opisanych metod jest na etapie badań naukowych.

Literatura

1. Arvanitoyannis I.S., Tserkezou P.: Wheat, barley and oat waste: a comparative and critical presentation of methods and potential uses of treated waste, *International Journal of Food Science and Technology*, no 43(4), 2008, s. 694-725.

2. Cañizares P., Gracia I., Gómez L.A., Garcia A., de Argila C.M., Boixeda D., de Rafael L.: Thermal degradation on the inhibition of the vitro growth of *Helicobacter pylori*, *Biotechnology Progress*, no 20, 2004, s. 32-37.
3. Darlington R., Staikos T., Rahimitard S.: Analytical methods for wastes minimization in the convenience food industry, *Waste Management*, no 29, 2009, s. 1274-1276.
4. Federici F., Favo F., Kalogerakis N., Mantzavinos D.: Valorisation of agro-industrial by – products, effluents and wastes: concept, opportunities and the case of olive mill wastewaters, *Society of Chemical Industry*, no 84, 2009, s. 895-900.
5. Gasik A., Mitek M., Kalisz S.: Wpływ procesu maceracji oraz warunków przechowywania na aktywność przeciwutleniającą i zawartość wybranych składników w soku z owoców derenia (*Cornus Mas*), *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, nr 5(60), 2008, s. 161-167.
6. Ghosh S., Playford R.J.: Bioactive natural compounds for the treatment of gastrointestinal disorders, *Clinical Science*, no 104, 2003, s. 547-556.
7. Handa S.S., Khanuja S.P.S., Longo G., Rakesh D.D.: Extraction technologies for medicinal and aromatic plants, *International Centre for Science and High Technology*, 2008, s. 46-126.
8. Jalali-Heravi M., Parastar H., Ebrahimi-Najafabadi H.: Characterization of volatile components of Uranian saffron Rusing factorial-based response surfach modeling of ultrasonic extraction combined with gas chromatography-mass spektrometry analysis, *Journal of Chromatography A*, no 1216, 2009, s. 6088-6097.
9. Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D.: Ekstrakcja nadkrytyczna w przemyśle spożywczym, *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, nr 4(45), 2005, s. 5-16.
10. Kris-Etherton P.M., Lefevre M., Beecher G.R., Gross M.D., Keen C.L., Etherton T.D.: Bioactive copmounds in nutrition and health – research methodologies for establishing biological function: the antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis, *Annual Review of Nutrition*, no 24, 2004, s. 511-538.
11. Kroyer G.T.: Impact of food processing on the environment – an overview, *Institute of Food Chemistry and Technology, Technical University Vienna, Austria*, no 28, 1995, s. 547-551.
12. Lanzotti V.: The analysis of onion and garlic, *Journal of Chromatography A*, no 1112, 2006, s. 3, 5-6, 20.
13. Laufenberg G., Kunz B., Nystroem M.: Transformation of vegetable waste into value added products: (A)he upgrading concept; (B) practical implementations, *Bioresource Technology*, no 87, 2003, s. 167-170.
14. Li S., Zhu R., Hong M., Hang Y., Huang K., Zha X., Fu S.: Effects of ultrasonic-assistant extraction parameters on total flavones field of *Selaginella doederleinii* and its antioxidant activity, *Journual of Medicinal Plants Research*, no 4(17), 2010, s. 1743-1750.
15. Masango P.: Cleaner production of essentials ols by steam distillation, *Journal of Cleaner Production*, no 13, 2005, s. 833-839.
16. Prasad K.N., Yang E., Yi Ch., Zhao M., Jiang Y.: Effects of high pressure extraction on the extraction field, total phenolic content and antioxidant activity of longan fruit pericarp, *Innovative Ford Science and Emerging Technologies*, no 10, 2009, s. 155-159.

17. Więcek J., Grądziel A., Sadecki J., Mróz M., Morawski J.: Plan gospodarki odpadami, Tarnobrzeg 2004, s. 13.
18. Wojnowski J.: Wielka encyklopedia PWN, t. 7, Warszawa 2002, s. 114.
19. Wojnowski J.: Wielka encyklopedia PWN, t. 8, Warszawa 2002, s. 136.
20. Wojnowski J.: Wielka Encyklopedia PWN, t. 16, Warszawa 2002, s. 363.
21. Zhang L., Shan Y., Tang K., Putheti R.: Ultrasound-assisted extraction flavonoids from Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) leaf and evaluation of its anti-fatigue activity, *International Journal of Physical Science*, no 4(8), 2009, s. 418-422.
22. Zhao Z.P., Ma F.W., Liu W.F., Liu D.Z.: Concentration of ginseng extracts aqueous solution by vacuum membrane distillation. Part 1: Effects of operating conditions, *Science Direct*, no 234, 2008, s. 152-157.

RECOVERY METHODS OF BIOACTIVE SUBSTANCES FROM THE PLANT WASTES

Abstract

There are various methods to recovery of valuable bioactive compounds involve in plant wastes, including distillation, extraction and maceration. The selection of suitable method depends on quality and quantity of the compound as well as purity of the obtained product. Advantages and disadvantages of a particular method have been discussed. The possibility of further industrial application of obtained products has been suggested.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w kwietniu 2011 r.