

KAROLINA NOWOSAD, MONIKA SUJKA

WPLYW METODY SUSZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWIUTLENIAJĄCE ZIELA BAZYLIJ, MIĘTY ORAZ PIETRUSZKI

Streszczenie

Surowce zielarskie towarzyszą człowiekowi od zarania dziejów. W związku z gwałtownym rozwojem przemysłu chemicznego zioła straciły na znaczeniu jako leki. Obecnie powraca zainteresowanie ziołami w lecznictwie oraz w profilaktyce wielu chorób. Świeże surowce zielarskie są nietrwałe ze względu na dużą zawartość wody (80 ÷ 90 %). Najbardziej rozpowszechnioną metodą ich utrwalania jest suszenie. Stosowane są zarówno metody naturalne, jak i termiczne. Rzadziej stosowane jest suszenie dielektryczne oraz z użyciem promieniowania podczerwonego. Wpływ procesu suszenia na zawartość związków biologicznych nie jest jednoznaczny i zależy od surowca zielarskiego, dlatego ważny jest dobór odpowiedniej metody i parametrów pozwalających na wysoką retencję związków czynnych. W pracy dokonano oceny wpływu sposobu suszenia (liofilizacji, suszenia konwekcyjnego w temp. 50 °C, suszenia naturalnego) na właściwości przeciwutleniające łądyg z liśćmi: bazylii, mięty i pietruszki. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą wyznaczoną na podstawie zdolności do redukcji jonów żelaza (FRAP) wykazywały ekstrakty wodne mięty suszonej metodą sublimacyjną i wynosiła ona 3825 mM Fe²⁺/g s.m. W przypadku metody z rodnikiem DPPH[•] najwyższą aktywność antyrodnikową wykazywały ekstrakty wodne z liofilizowanej bazylii (72 %). Spośród świeżych ziół najniższą aktywnością przeciwutleniającą, oznaczoną zarówno metodą FRAP, jak i z rodnikiem DPPH[•], charakteryzowała się pietruszka (odpowiednio 135 mM Fe²⁺/g s.m. oraz 3 %).

Słowa kluczowe: rośliny zielarskie, suszenie, właściwości przeciwutleniające, bazylia, mięta, pietruszka

Wprowadzenie

Rośliny zielarskie cenione są za właściwości smakowo-zapachowe oraz lecznicze. W zależności od celu użycia dzieli się je na: lecznicze, przyprawowe, olejkodajne i barwierskie [27].

Świeża natka pietruszki (*Petroselinum crispum*) jest bogatym źródłem witaminy C. W medycynie naturalnej stosuje się ją jako środek regulujący pracę nerek. Ma dzia-

*Mgr inż. K. Nowosad, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywności Człowieka, dr hab. Monika Sujka, prof. UP, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin.
Kontakt: monika.sujka@up.lublin.pl*

łanie moczopędne, stosowana wewnętrznie działa oczyszczająco na skórę [20, 25]. Pietruszka należy do ziół niskokalorycznych (36 kcal/100 g). Jej liście nie zawierają cholesterolu i tłuszczów, ale są bogate w przeciwutleniacze, składniki odżywcze, składniki mineralne i błonnik pokarmowy. Pietruszka jest również bogatym źródłem olejków eterycznych, np. mirystycyny, limonenu, eugenolu i α -tujenu. Eugenol znajdujący się w tym ziele ma zastosowanie terapeutyczne w stomatologii jako środek znieczulający i antyseptyczny. Dodatkowo obniża on poziom cukru we krwi u diabetyków. Pietruszka bogata jest w przeciwutleniacze flawonoidowe składające się z apiiny, apigeniny, chrysoeriolu i luteoliny [3].

Mięta (*Mentha piperita* L.) od wieków używana jest jako środek pobudzający apetyt, chłodzący i kojący. Liście mięty pieprzowej pobudzają wydzielanie soków trawiennych, mają działanie przeciwwymiotne, przeciwkrwotoczne oraz żółciopędne i żółciotwórcze [22]. Do składników fenolowych liści mięty należą kwas rozmarynowy i kilka flawonoidów, przede wszystkim eriocytryna, luteolina i hesperydyna. Głównymi składnikami lotnymi olejku eterycznego są mentol i menton. *In vitro* mięta pieprzowa ma działanie przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe, silne działanie przeciwutleniające i przeciwnowotworowe oraz pewien potencjał antyalergiczny. Badania na modelach zwierzęcych wykazują działanie przeciwbólowe i znieczulające w ośrodkowym i obwodowym układzie nerwowym, działanie immunomodulujące i potencjał chemoprewencyjny. Prowadzone są również badania kliniczne nad wpływem olejku miętowego na objawy zespołu jelita drażliwego (IBS) [5].

Bazylija (*Ocimum basilicum*) to jedna z ważniejszych roślin uprawnych zawierająca olejki eteryczne, a także polifenole, w tym fenole, flawonoidy i kwasy fenolowe [1]. Jest ona stosowana w łagodnych zaburzeniach trawiennych, wzdęciach, zmniejszonej tolerancji na tłuszcze i białka oraz przy niedoborze soku żołądkowego [2]. Tradycyjnie stosowana jest również przy problemach z nerkami, jako środek hemostaticzny przy porodzie, bólach ucha, zaburzeniach miesiączkowania, artretyzmie, anoreksji, leczeniu przeziębienia i malarii. Bazylija wykazuje pozytywne działanie przeciwko infekcjom wirusowym, grzybiczym i bakteryjnym. Najważniejsze zastosowania farmakologiczne bazylii wykorzystują jej aktywność przeciwnowotworową i przeciwdrobnoustrojową, działanie przeciwzapalne, immunomodulujące, przeciwstresowe, przeciwcukrzycowe, przeciwgorączkowe, przeciwartretyczne i przeciwzapalne [1, 2].

Świeżo zebrane zioła i przyprawy charakteryzują się dużą wilgotnością oraz zawierają liczne mikroorganizmy, dlatego należy je niezwłocznie utrwalić, aby zapobiec obniżeniu ich jakości biologicznej [26, 17].

Najczęściej stosowaną metodą utrwalania jest suszenie. Ma ono na celu zmniejszenie zawartości wilgoci, a przez to aktywności wody. W konsekwencji następuje zahamowanie rozwoju drobnoustrojów oraz wydłużenie okresu przydatności do spożycia. Suszenie obniża również koszty procesu produkcyjnego poprzez zminimalizowa-

nie zapotrzebowania na opakowania oraz zmniejszenie masy przesyłki [14]. Najstarszą metodą utrwalania ziół jest suszenie naturalne, nazywane też powietrznym. Polega ono na wykorzystaniu naturalnego ruchu powietrza w panującej w danym momencie temperaturze otoczenia. W trakcie suszenia naturalnego przebieg procesu zależy od czynników zewnętrznych – zawartości pary wodnej w powietrzu i temperatury powietrza. Surowiec może być suszony w sposób naturalny na otwartej przestrzeni lub też w specjalnie do tego celu przeznaczonych pomieszczeniach [12].

Najczęściej stosowane jest suszenie konwekcyjne i kontaktowe. Do rzadziej używanych metod zalicza się suszenie sublimacyjne, suszenie za pomocą promieniowania podczerwonego czy prądu o wysokiej częstotliwości [24]. W suszeniu konwekcyjnym ciepło doprowadzane jest za pomocą czynnika suszącego, który odprowadza jednocześnie wilgoć na zewnątrz [18]. W suszeniu kontaktowym ciepło przekazywane jest do materiału suszonego przez bezpośrednie zetknięcie się tego typu materiału z powierzchnią wymiennika ciepła [19]. Z kolei suszenie sublimacyjne polega na odparowaniu wody z suszonego produktu bezpośrednio z fazy stałej z pominięciem fazy ciekłej [13]. Suszenie za pomocą promieniowania podczerwonego skraca czas procesu, dzięki przekazywaniu materiałowi znacznie większej ilości ciepła w jednostce czasu niż w przypadku metod konwencjonalnych. Ze względu na duże zużycie energii koszty tego typu suszenia są jednak stosunkowo wysokie [19]. Suszenie dielektryczne odbywa się za pomocą prądu o wysokiej częstotliwości. Metoda ta stosowana jest do surowców, które wykazują właściwości dielektryczne, czyli np. jabłka, pomarańcze czy chleb pszenny [19].

Celem pracy była ocena wpływu sposobu suszenia na właściwości przeciwutleniające wybranych ziół (pietruszki, mięty i bazylii).

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły świeże zioła doniczkowe zakupione w supermarkecie: pietruszka naciowa (*Petroselinum crispum*), mięta (*Mentha piperita* L.), bazylija (*Ocimum basilicum* L.). Wybór ziół został podyktowany częstym ich wykorzystywaniem przez konsumentów. Do czasu eksperymentu zioła były przechowywane w temp. 20 ± 2 °C, w miejscu ze stałym dostępem do promieniowania słonecznego, zgodnie z zaleceniami producenta. Bezpośrednio przed suszeniem zrywano zdrowe, jednorodne pod względem barwy łodygi (o długości $20 \div 25$ cm) wraz z liśćmi. Zioła były zrywane przed kwitnieniem. Proces suszenia przeprowadzano trzema metodami:

- łodygi z liśćmi układano na białych kartkach papieru w laboratoryjnej suszarce konwekcyjno-owiewowej (SUP-65W, WAMED, Warszawa, Polska) i suszono w temp. 50 °C przez 1 dobę,

- łądygi z liśćmi cięto na krótsze fragmenty, umieszczano w metalowych koszykach i suszono w liofilizatorze Labconco (Labconco Co., USA) w temp. $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ i przy ciśnieniu 133×10^{-3} mbar przez 3 doby,
- łądygi z liśćmi zawieszano swobodnie w miejscu z ograniczonym dostępem światła oraz łatwą wymianą powietrza i suszono w temp. $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ („suszenie naturalne”) przez 7 dób.

W każdym przypadku starano się tak dobierać czas suszenia, aby surowce uzyskiwały zbliżoną zawartość wody (ok. 10 %).

W próbkach oznaczano zawartości polifenoli ogółem oraz właściwości przeciwutleniające metodą FRAP i z rodnikiem DPPH[•].

Do oznaczania zawartości polifenoli ogółem i aktywności przeciwutleniającej przygotowywano wodne ekstrakty z roślin. W tym celu świeże zioła (próba kontrolna) miażdżono w moździerzu, natomiast suszone – mielono w młynku laboratoryjnym IKA A11 basic (IKA Poland Sp. z o.o., Polska). Do zlewki odważano 0,5 g (z dokładnością do 0,001 g) ziół i zalewano 50 cm^3 wody destylowanej o temp. $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zioła zaparzano przez 10 min, a następnie próbkę przelewano przez sącdek bibułowy wyłożony watą w celu uniknięcia dalszej ekstrakcji składników. Gotowe ekstrakty chłodzono do temp. $20 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ i przesączano przez sącdek bibułowy. Ekstrakty do oznaczeń wykonano w czterech powtórzeniach.

Oznaczanie zawartości suchej masy wykonywano za pomocą wagosuszarki (WPS, 50SX, RADWAG, Polska). Naważkę ziół o masie ok. 1 g rozprowadzano równomiernie na szalce wagosuszarki i suszono w temp. $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ do stałej masy w trybie procentowego wyznaczania suchej masy. Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Ogólną zawartość polifenoli w ekstraktach oznaczano metodą z odczynnikiem Folina-Ciocalteu’a, wynik odczytywano z krzywej wzorcowej sporządzonej na podstawie absorbancji roztworów kwasu galusowego o stężeniu w zakresie $10 \div 80\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^3$ i wyrażano w mg kwasu galusowego na 1 g s.m. ziół [16]. Oznaczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Do oznaczania aktywności przeciwutleniającej ekstraktów na podstawie zdolności do redukcji jonów żelaza zastosowano metodę FRAP, którą opisali Benzie i wsp. [7]. Aktywność przeciwutleniającą wyrażano jako ilość jonów żelaza(II) powstałych w wyniku redukcji jonów żelaza(III). Stężenia jonów żelaza w naparze wyrażano w mM Fe^{2+}/g s.m. ziół. Korzystano z krzywej wzorcowej przygotowanej dla wodnych roztworów zawierających jony Fe^{2+} w zakresie stężenia $100 \div 1000\text{ }\mu\text{M}/\text{dm}^3$. Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Oznaczanie aktywności przeciwutleniającej ekstraktów wykonywano także przy użyciu rodnika DPPH[•] (2,2-difenyl-1-pikrylohydrazyl) metodą, którą opisali Budryn i Nebesny [9]. Zmiany zawartości rodnika DPPH[•] rejestrowano spektrofotometrycznie

po 10-minutowej inkubacji z badanymi ekstraktami przy długości fali $\lambda = 517$ nm. Procent inhibicji rodnika DPPH^{*} świadczący o wydajności antyrodnikowej polifenoli zawartych w badanych roztworach obliczano z równania:

$$\%AA = 100 \times \left(\frac{A_0 - A_t}{A_0} \right)$$

gdzie: A_0 – absorbancja próbki kontrolnej (roztwór DPPH^{*}), A_t – absorbancja próbki badanej (mieszanka ekstraktu i DPPH^{*}).

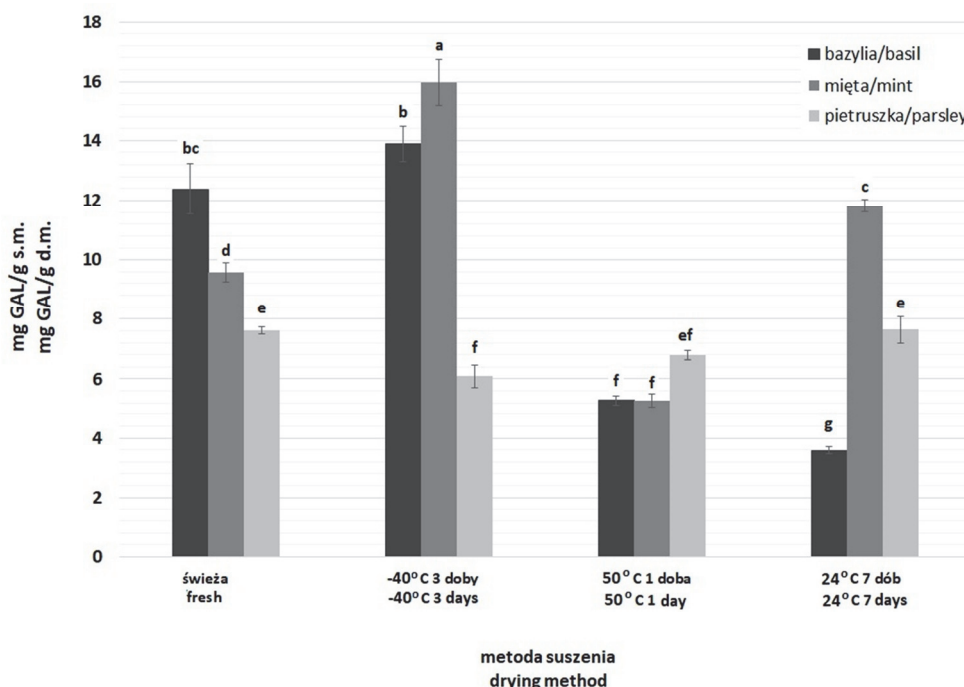
Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0 PL. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono zależność między sposobem suszenia a zawartością polifenoli ogółem w analizowanych ziołach w przeliczeniu na kwas galusowy [mg GAL/g s.m.]. W przypadku świeżych ziół największą zawartością polifenoli ogółem charakteryzowała się bazylia (13 mg GAL/g s.m.), natomiast najmniejszą – pietruszka (7 mg GAL/g s.m.). Najefektywniejszą metodą suszenia bazylii i mięty była liofilizacja. Ziele bazylii suszone tą metodą charakteryzowało się zawartością polifenoli porównywalną ze świeżą rośliną (blisko 14 mg GAL/g s.m.). W przypadku mięty stwierdzono wzrost zawartości omawianych związków z ok. 10 mg GAL/g s.m. do ok. 16 mg GAL/g s.m. Najmniej polifenoli ogółem zawierała bazylia suszona naturalnie (ok. 4 mg GAL/g s.m.) oraz mięta i bazylia suszone konwekcyjnie w temp. 50 °C (5 mg GAL/g s.m.). W przypadku pietruszki liofilizacja spowodowała niewielki ubytek polifenoli ogółem, a suszenie konwekcyjne i naturalne nie wpłynęły na ilość badanych związków w suszu. Suszenie sublimacyjne minimalizuje degradację związków wrażliwych na działanie wysokiej temperatury, takich jak polifenole, ponieważ odwodnienie materiału roślinnego odbywa się w niskiej temperaturze. Ponadto liofilizacja zwiększa zdolność ekstrakcji związków fenolowych z suszonych ziół, ponieważ kryształki lodu powstające w matrycy próbki mogą uszkadzać strukturę komórkową, co umożliwia uwolnienie składników komórkowych i zwiększenie ich dostępności dla rozpuszczalnika [23]. Wprawdzie Hossain i wsp. [15] wykazali, że więcej związków polifenolowych (45 mg GAL/g s.m.) zawierała bazylia suszona metodą konwekcyjną w temp. 24 °C niż suszona metodą sublimacyjną, ale Orphanides i wsp. [23] potwierdzili, że metoda sublimacyjna pozwala na uzyskanie suszu mięty o największej zawartości polifenoli i najwyższej aktywności przeciwutleniającej. Również susz otrzymany tradycyjną metodą suszenia w temp. 24 °C zawierał o 19 % więcej polifenoli ogółem niż świeże zioła. Podobnie Arslan i wsp. [4] odnotowali, że analogicznie zawartość polifenoli

ogółem w mięcie pieprzowej suszonej metodą sublimacyjną była większa o 16 % niż w mięcie świeżej. Autorzy tłumaczyli taką zależność uwolnieniem przeciwutleniaczy z matrycy, spowodowanym naruszeniem jej struktury w wyniku suszenia, co przyczyniło się do wzrostu oznaczanego poziomu polifenoli. Hossain i wsp. [15] wskazali dodatkowo na możliwość degradacji enzymatycznej polifenoli w świeżych próbkach, co doprowadza do zmniejszenia ich ilości w porównaniu z suszonymi ziołami. W przypadku pietruszki tendencję do zmniejszania zawartości polifenoli ogółem w czasie suszenia mikrofalowego i konwekcyjnego zauważyli Śledź i wsp. [29]. W doświadczeniu przeprowadzonym przez tych autorów ubytek polifenoli ogółem wyniósł 7 %.



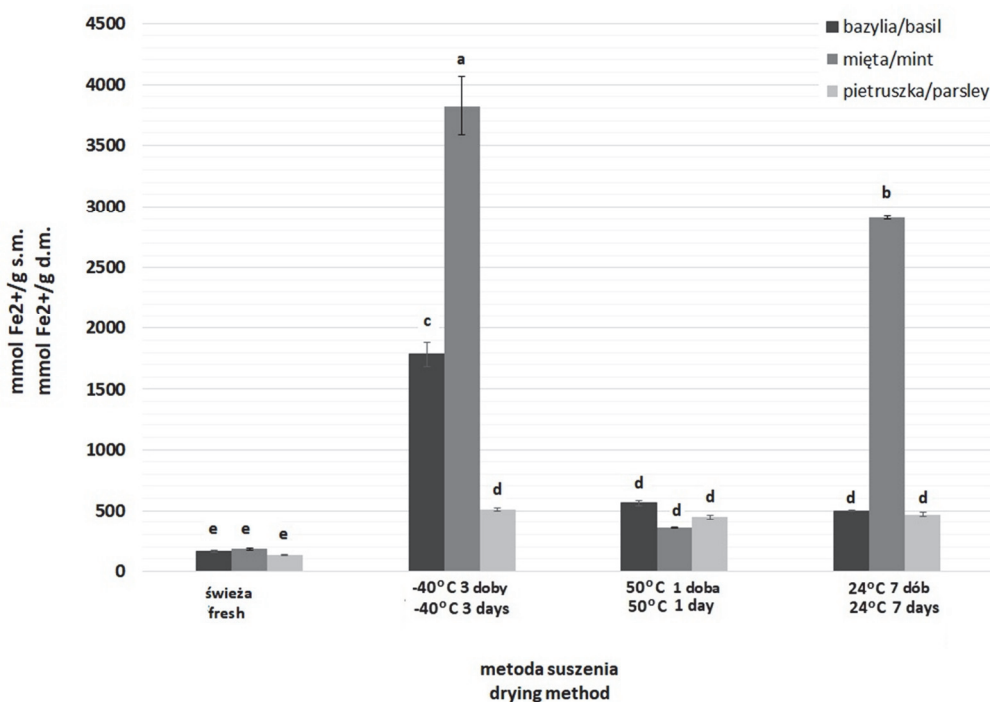
Objaśnienia / Explanatory notes:

Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments). a, b... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

Rys. 1. Zawartość polifenoli ogółem w przeliczeniu na kwas galusowy w świeżym i suszonym ziele mięty, bazylii i pietruszki

Fig. 1. Total content of polyphenols in fresh and dried herbs of mint, basil and parsley, and expressed as gallic acid equivalent

Aktywność przeciwutleniającą badanych ziół wyznaczoną na podstawie zdolności do redukowania jonów żelaza (FRAP) przedstawiono na rys. 2. Duża zawartość polifenoli ogółem w mięcie liofilizowanej może decydować o jej wysokiej aktywności przeciwutleniającej. Ziele mięty suszone tą metodą charakteryzowało się znacznie wyższą aktywnością przeciwutleniającą (3825 mM Fe²⁺/g s.m.) od ziół suszonych pozostałymi metodami oraz od świeżego surowca. Odnotowano również znaczny wzrost aktywności przeciwutleniającej mięty suszonej naturalnie w porównaniu ze świeżym materiałem, był on jednak niższy niż mięty liofilizowanej. Zaobserwowano ponad 10-krotnie mniejszą zdolność przeciwutleniającą mięty suszonej konwekcyjnie w temp. 50 °C (354 mM Fe²⁺/g s.m.) niż suszu sublimacyjnego tego zioła. Najniższą zdolnością przeciwutleniającą pietruszki charakteryzowało się świeże ziele (135 mM Fe²⁺/g s.m.). Niezależnie od zastosowanej metody suszenia uzyskano bardzo zbliżone wyniki aktywności przeciwutleniającej pietruszki – ok. 500 mM Fe²⁺/g s.m.

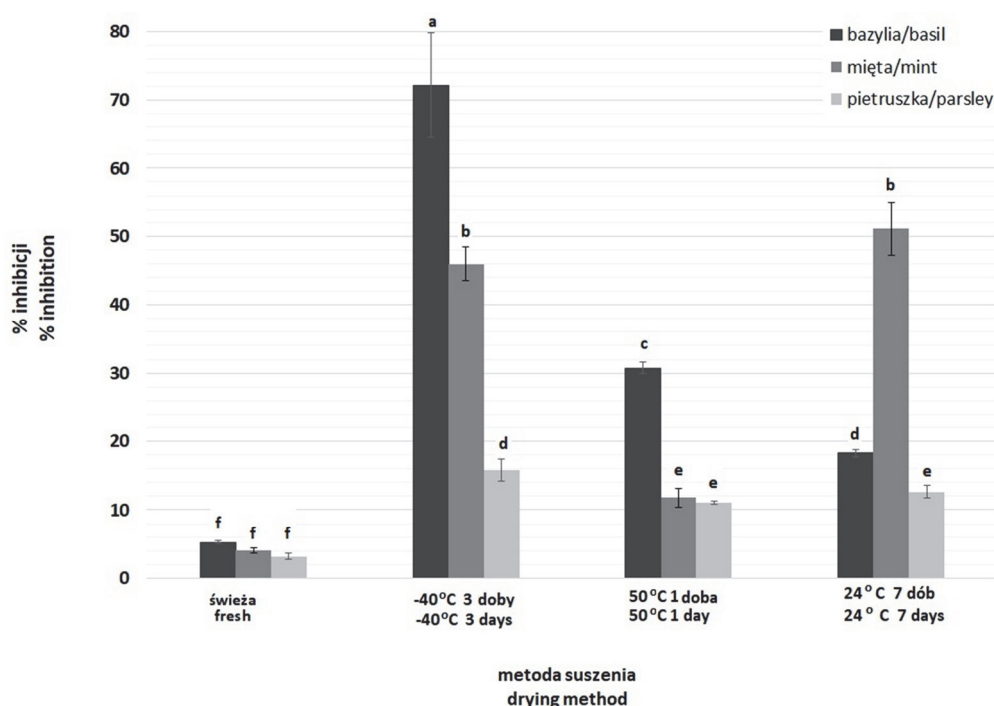


Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Aktywność przeciwutleniająca FRAP świeżego i suszonego ziele bazylii, mięty oraz pietruszki w zależności od sposobu suszenia

Fig. 2. Antioxidant activity (FRAP) of fresh and dried herbs of basil, mint and parsley depending on drying method

Właściwości przeciwutleniające świeżych i suszonych ziół oceniono również metodą z rodnikiem DPPH^{*} (rys. 3). Ekstrakty ze świeżych ziół nie różniły się między sobą istotnie stopniem inhibicji rodnika, który mieścił się w zakresie 3 ÷ 5 %. Najwyższą aktywnością przeciwrodnikową charakteryzował się susz sublimacyjny bazylii (72 %). Nie stwierdzono istotnych różnic między aktywnością przeciwrodnikową ziela mięty suszonej w liofilizatorze i metodą naturalną (odpowiednio: 46 i 51 %). W przypadku pietruszki najwyższy stopień inhibicji rodnika wykazywały ekstrakty z ziela suszonego sublimacyjnie (blisko 16 %).



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Aktywność przeciwutleniająca (DPPH^{*}) świeżego i suszonego ziela bazylii, mięty oraz pietruszki w zależności od sposobu suszenia

Fig. 3. Antioxidant activity (DPPH^{*}) of fresh and dried herbs of basil, mint, and parsley depending on drying method

Porównanie różnych metod suszenia prowadzi do wniosku, że zioła suszone w temp. 50 °C cechowała najniższa aktywność przeciwutleniająca. Na zmiany potencjału przeciwutleniającego spowodowane działaniem wysokiej temperatury mają wpływ znaczące straty witamin (zwłaszcza witaminy C) [11]. Zdolność do neutralizacji wolnych rodników jest związana z dużą zawartością związków polifenolowych

[11], co w badaniach własnych potwierdzono w przypadku mięty. Hossain i wsp. [15] wykazali, że bazylia suszona w temp. 24 °C charakteryzowała się wyższą aktywnością antyrodnikową (oznaczoną metodą FRAP) niż bazylia suszona metodą próżniową oraz bazylia liofilizowana. Najmniejszą zdolnością do chelatowania jonów żelaza odznaczała się bazylia świeża. Podobne tendencje w odniesieniu do mięty odnotowali wcześniej Orphanides i wsp. [23]. W badaniach tych autorów najwyższą aktywność przeciwutleniającą przejawiał susz sublimacyjny, niższą – rośliny suszone naturalnie, a najniższą – suszone w suszarce konwekcyjnej.

Rozbieżności w wynikach pomiaru aktywności przeciwutleniającej ziół otrzymanych obiema metodami mogą wynikać z różnic szybkości przebiegu reakcji w czasie trwania analiz. W metodzie FRAP reakcja przebiega szybciej ze względu na udział jonów żelaza, zaś w metodzie rodnikowej z DPPH^{*} – wolniej. Oznacza to, że otrzymany wynik odzwierciedla obecność tylko części reaktywnych składników przeciwutleniających obecnych w próbce. Stąd metoda FRAP uwzględnia najwięcej składników przeciwutleniających, zaś metoda z DPPH^{*} – tylko część najbardziej reaktywnych, dlatego wartości uzyskane tą metodą są niższe. Metoda FRAP i DPPH^{*} są metodami uzupełniającymi się [6]. Powodem uzyskania odmiennych wyników po zastosowaniu każdej z metod może być również rodzaj rozpuszczalnika użytego do przygotowania ekstraktów roślinnych. Jak wykazali Kuźma i wsp. [21], najefektywniejszym ekstraktem w metodzie chelatowania jonów żelaza z liści pietruszki jest woda, natomiast w metodzie z rodnikiem DPPH^{*} – metanol o stężeniu 80 %, dlatego użycie w tym przypadku wody jako rozpuszczalnika mogło spowodować uzyskanie niższych wartości.

Wzrost popytu konsumentów na produkty nisko przetworzone wymusza doskonalenie metod suszenia. Suszenie powinno być prowadzone ostrożnie, aby w maksymalnym stopniu zachować smak, zapach, barwę, wygląd, jak również wartość odżywczą poddanych temu procesowi surowców. Oprócz zagadnień jakościowych ważnym aspektem efektywności suszenia jest ocena wydajności procesu [17]. W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się innowacyjnym technikom suszenia materiału roślinnego, a także technikom wstępnej obróbki ziół przed suszeniem (np. z udziałem pulsacyjnego pola elektrycznego czy ultradźwięków) w celu zwiększenia efektywności procesu. Bada się również możliwości zastosowania łącznie dwóch lub więcej metod suszenia, czyli tzw. suszenie hybrydowe (np. z wykorzystaniem pompy ciepła, wspomaganie energią słoneczną, mikrofalowo-próżniowe, z wykorzystaniem fal radiowych czy podczerwieni) [30]. Na przykład Śledź i wsp. [28] zastosowali suszenie mikrofalowo-konwekcyjne bazylii, lubczyku, mięty, oregano, pietruszki i rukoli. W przypadku suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego zawartość polifenoli ogółem była większa niż w niniejszej pracy – w mięcie wyniosła 64,42 mg/g s.m, a w bazylii – 29,74 mg/g s.m. Z kolei pietruszka zawierała najmniej polifenoli – 23,88 mg/g s.m. Buśić i wsp. [10]

ocenili potencjał zastosowania CO₂ do suszenia bazylii jako alternatywy dla technik konwencjonalnych. Na podstawie uzyskanych wyników wymienieni autorzy uznali liofilizację za technikę suszenia najbardziej odpowiednią dla zachowania barwy, zawartości olejków eterycznych, związków bioaktywnych i zdolności przeciwutleniającej bazylii. Dłuższy czas suszenia z użyciem CO₂ (4 h) powodował zmniejszenie zawartości polifenoli i zdolności przeciwutleniającej bazylii. Badacze stwierdzili następnie, że zastosowanie krótszego czasu suszenia z CO₂ (2 lub 3 h) i ciśnienia 80 ÷ 100 bar w temp. 40 °C może być dobrą alternatywą dla liofilizacji bazylii.

Wnioski

1. Sposób suszenia miał wpływ na zawartość polifenoli ogółem i aktywność przeciwutleniającą ziół, jednak nie był on jednoznaczny i zależał od gatunku surowca zielarskiego.
2. Spośród badanych suszy ziołowych największą zawartością polifenoli ogółem oraz najwyższą aktywnością przeciwutleniającą (oznaczoną metodą FRAP) charakteryzowała się mięta liofilizowana. W przypadku tego zioła również suszenie naturalne (w temp. 24 °C) pozwoliło na uzyskanie suszu o dużej zawartości polifenoli ogółem i wysokiej aktywności przeciwutleniającej.
3. Temperatura 50 °C w suszeniu konwekcyjnym oraz długi czas suszenia (suszenie naturalne) powodowały większą degradację substancji czynnych, szczególnie w przypadku bazylii.

Literatura

- [1] Abramovic H., Abram V., Cuk A., Ceh B., Smole-Mozina S., Vidmar M., Ulrih N.: Antioxidative and antibacterial properties of organically grown thyme (*Thymus* sp.) and basil (*Ocimum basilicum* L.). *Turk. J. Agric. For.*, 2018, 42 (3), 185-194.
- [2] Ademiluyi A., Oyeleye S., Oboh G.: Biological activities, antioxidant properties and phytoconstituents of essential oil from sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Com. Clin. Path.*, 2016, 25 (1), 169-176.
- [3] Ajmera P., Kalani S., Sharma L.: Parsley-benefits and side effects on health. *Int. J. Physiol.*, 2019, 4 (1), 1236-1242.
- [4] Arslan D., Özcan M., Mengeş H.: Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Energy Convers. Manag.*, 2010, 51 (12), 2769-2775.
- [5] Baron E.P.: Medicinal properties of cannabinoids, terpenes, and flavonoids in cannabis, and benefits in migraine, headache, and pain: An update on current evidence and cannabis science. *Headache*, 2018, 58 (7), 1139-1186.
- [6] Bartoń H., Fołta M., Zachwieja Z.: Zastosowanie metody FRAP, ABTS i DPPH w badaniu aktywności antyoksydacyjnej produktów spożywczych. *Nowiny Lekarskie*, 2005, 74 (4), 510-513.
- [7] Benzie I., Strain J.: Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant

- power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol.*, 1999, 299, 15-27.
- [8] Bower A., Marquez S., de Mejia E.: The health benefits of selected culinary herbs and spices found in the traditional Mediterranean diet. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2016, 56 (16), 2728-2746.
- [9] Budryn G., Nebesny E.: Antioxidant properties of Arabica and Robusta coffee extracts prepared under different conditions. *Deutsch. Lebensmitt.-Rundsch.*, 2008, 104 (2), 69-78.
- [10] Bušić A., Vojvodić A., Komes D., Akkermans C., Belščak-Cvitanović A., Stolk M., Hofland G.: Comparative evaluation of CO₂ drying as an alternative drying technique of basil (*Ocimum basilicum* L.) – The effect on bioactive and sensory properties. *Food Res. Int.*, 2014, 64, 34-42.
- [11] Capecka E., Mareczek A., Leja M.: Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some *Lamiaceae* species. *Food Chem.*, 2005, 93 (2), 223-226.
- [12] Chua L., Chong C., Chua B., Figiel A.: Influence of drying methods on the antibacterial, antioxidant and essential oil volatile composition of herbs: A review. *Food Bioproc. Technol.*, 2019, 12 (3), 450-476.
- [13] Feshchenko H., Oleshchuk O., Lukanyuk M., Feshchenko B.: Investigation of phenolic compounds content in *Chamerion angustifolium* L. herb freeze-dried extract. *J. Pharm. Innov.*, 2017, 6 (3), 40-43.
- [14] Hamrouni-Sellami I., Rahali F., Rebey I., Bourgou S., Limam F., Marzouk B.: Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food Bioproc. Technol.*, 2013, 6 (3), 806-817.
- [15] Hossain M., Barry-Ryan C., Martin-Diana A., Brunton N.: Effect of drying method on the antioxidant capacity of six *Lamiaceae* herbs. *Food Chem.*, 2010, 123 (1), 85-91.
- [16] ISO 14502-1:2005. Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent.
- [17] Jin W., Mujumdar A., Zhang M., Shi W.: Novel drying techniques for spices and herbs: A review. *Food Eng. Rev.*, 2018, 10 (1), 34-45.
- [18] Karima N., Jasur S., Shaxnoza S.: Storage biologically active substances by convection drying food and medicinal plants. *J. Food Processing Technol*, 2016, 7 (7), #599.
- [19] Karwowska K., Przybył J.: *Suszarnictwo i przetwórstwo ziół*. Wyd. SGGW, Warszawa 2005.
- [20] Kudełka W., Kosowska A.: Składniki przypraw i ziół przyprawowych determinujące ich funkcjonalne właściwości oraz ich rola w żywieniu człowieka i zapobieganiu chorobom. *Zesz. Nauk. UEK*, 2018, 781, 83-111.
- [21] Kuźma P., Drużyńska B., Obiedziński M.: Optimization of extraction conditions of some polyphenolic compounds from parsley leaves (*Petroselinum crispum*). *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2014, 13 (2), 145-154.
- [22] Marakuza B.: *Przyprawy z całego świata*. Wyd. Zysk i S-ka, Poznań 2010.
- [23] Orphanides A., Goulas V., Gekas V.: Effect of drying method on the phenolic content and antioxidant capacity of spearmint. *Czech J. Food Sci.*, 2013, 31 (5), 509-513.
- [24] Orphanides A., Goulas V., Gekas V.: Drying technologies: Vehicle to high-quality herbs. *Food Eng. Rev.*, 2016, 8 (2), 164-180.
- [25] Papuc C., Predescu C., Nicorescu V., Stefan G., Nicorescu I.: Antioxidant properties of a parsley (*Petroselinum crispum*) juice rich in polyphenols and nitrites. *Curr. Res. Nutr. Food Sci.*, 2016, 4 (Special Issue), 114-118.
- [26] Przeor M., Flaczyk E.: Porównanie wartości przeciwutleniającej przypraw ziołowych stosowanych w kuchni polskiej i suszu liści morwy białej. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.*, 2014, 1, 56-60.
- [27] Shakya A.: Medicinal plants: Future source of new drugs. *Int. J. Herb. Med.*, 2016, 4 (4), 59-64.
- [28] Śledź M., Nowacka M., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D.: Selected chemical and physico-chemical properties of microwave-convective dried herbs. *Food Bioprod. Process.*, 2013, 91(4), 421-428.
- [29] Śledź M., Witrowa-Rajchert D.: Zmiany zawartości chlorofilu oraz polifenoli podczas przechowy-

- wania suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie liści pietruszki. Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol., 2012, 570, 97-106.
- [30] Jin W., Mujumdar A.S., Zhang M., Shi W.: Novel drying techniques for spices and herbs: A review. Food Eng. Rev., 2018, 10 (1), 34-45.

EFFECT OF DRYING METHOD ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF BASIL, MINT AND PARSLEY HERB

S u m m a r y

Herbal raw materials have accompanied humans since the dawn of time. Owing to the rapid development of chemical industry, herbs have lost their importance as medicines. Currently there is a renewed interest in herbs applied to treat and prevent many diseases. Fresh herbal raw materials are unstable because of the high water content (80 ÷ 90 %). The most common method of preservation is drying. There are applied both the natural and the thermal methods. Dielectric and infrared drying are used less frequently. The effect of drying process on the content of biological compounds is inconclusive and it depends on the herbal material, therefore it is important to choose an appropriate method and parameters to enable a high retention of active compounds. The objective of the research study was to assess the effect of drying method (freeze-drying, convection drying at 50 °C, natural drying) on antioxidant properties of stems and leaves of basil, mint and parsley. Determined on the basis of the ability to reduce iron ions (FRAP), the highest antioxidant activity was reported in the case of water extracts of the freeze-dried mint, and it was 3825 mM Fe²⁺/g d.m. As for the DPPH[•] free radical method, the highest anti-radical activity was reported in the case of water extracts of freeze-dried basil (72 %). Of the fresh herbs, parsley was reported to have the lowest antioxidant activity determined both by the FRAP method and the DPPH free radical assay (135 mM Fe²⁺/g d.m. and 3 %, respectively).

Key words: herbal plants, drying, antioxidant properties, basil, mint, parsley ☒