

JOANNA GIL

Uniwersytet Rolniczy
im. H. Kołłątaja w Krakowie
ORCID: 0000-0001-9801-7983

EWA GODOS

Uniwersytet Rolniczy
im. H. Kołłątaja w Krakowie
ORCID: 0009-0005-7861-9596

DOI: 10.4467/12311960MN.25.043.22730

Yerba mate i matcha – ziołowe napary jako trendy w zdrowym stylu życia: badania naukowe, tradycje kulturowe i praktyki kulinarne

Yerba mate and matcha – herbal infusions as trends in a healthy lifestyle: scientific research, cultural traditions and culinary practices

Summary

Yerba mate and matcha are herbal infusions with rich cultural traditions and confirmed health-promoting properties that are currently becoming trends in a healthy lifestyle. Yerba mate, valued for centuries by the Guarani Indians as a sacred herb and source of energy, is characterized by a complex chemical composition, including purine alkaloids, polyphenols, and saponins, which exhibit antioxidant, anti-inflammatory, and chemopreventive effects¹. Its cultural significance, expressed

¹ J. Florczak, A. Karmańska, A. Wędzisz, E. Brożek, *Skład chemiczny suszu różnego gatunku yerba mate*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2011, nr 4, s. 1105–1110; C.I. Heck, E.G. de Mejia, *Yerba Mate Tea (Ilex paraguariensis): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations*, „Journal of Food Science” 2007, t. 72, nr 9, november, s. R138–151; M.V. Ramirez-Mares, S. Chandra, E.G. de Mejia, *In vitro chemopreventive activity of Camellia sinensis, Ilex paraguariensis and Ardisia compressa tea extracts and selected polyphenols*, „Mutation Research” 2004, nr 554, s. 53–65.

through the cebar rituals and the social dimension of drinking, highlights yerba mate as a symbol of unity and hospitality². Matcha, powdered green tea, plays a key role in the Japanese tea ceremony Sado and is also valued for its high content of catechins, especially EGCG, which support cognitive functions, exhibit antioxidant and anti-inflammatory activities, and positively influence lipid and glucose metabolism³. In vitro studies also indicate matcha's potential in cancer prevention through modulation of apoptosis and angiogenesis⁴. This article integrates traditional, culinary, and scientific aspects, presenting yerba mate and matcha as valuable components of the modern functional diet.

Słowa kluczowe: ziołowe napary, zdrowy styl życia, tradycje kulturowe, właściwości prozdrowotne, antyoksydanty

Keywords: herbal infusions, healthy lifestyle, cultural traditions, health benefits, antioxidants

Taksonomia, nazewnictwo i morfologia

Yerba mate

Ilex paraguariensis A. St.-Hil., należący do rodziny ostrokrzewowatych (*Aquifoliaceae*), to gatunek wiecznie zielonego drzewa subtropikalnego, pochodzącego z Ameryki Południowej. Popularnie znany jest jako Yerba Mate, erva mate, herbata paragwajska, herbata misyjna, herbata jezuitów lub chimarrão, a jego liście (*mate folium*) są kluczowym surowcem do przygotowywania naparu cenionego za smak, aromat oraz właściwości pobudzające i prozdrowotne⁵.

Ilex paraguariensis jest zmiennym, jedno- lub dwupiennym krzewem lub drzewem osiągającym wysokość od 8 do 15 metrów. Liście mają długość około 8 cm, są twarde, wieloletnie, o oliwkowozielonej barwie, z jaśniejszą dolną powierzchnią. Ich kształt jest jajowaty, z klinowatą podstawą, karbowanym brzegiem i tępym czubkiem, a ży-

² R. Przybyłok, *Yerba mate w tygodnie*, Warszawa 2019.

³ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, *A short history of beverages and how our body treats them*, „Obesity Reviews” 2008, nr 9, s. 151–164; S. Farooq, A. Sehgal, *Antioxidant activity of different forms of green tea: loose leaf, bagged and matcha*, „Current Research in Nutrition and Food Science” 2018, nr 6, s. 35–40; A.A. Sohail, F. Ortiz, T. Varghese, S.P. Fabara, A.S. Bath, D.P. Sandesara, A. Sabir, M. Khurana, S. Datta, U.K. Patel, *The cognitive-enhancing outcomes of caffeine and L-theanine: a systematic review*, „Cureus” 2021, nr 13.

⁴ Y. Baba, S. Inagaki, S. Nakagawa, M. Kobayashi, T. Kaneko, T. Takihara, *Effects of daily matcha and caffeine intake on mild acute psychological stress-related cognitive function in middle-aged and older adults: a randomized placebo-controlled study*, „Nutrients” 2021, nr 13.

⁵ R. Przybyłok, op. cit.; A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, *Yerba Mate – A Long but Current History*, „Nutrients” 2021, nr 13(3706).

wotność wynosi do trzech lat. Stare liście zrzucane są stopniowo wraz z przyrostem młodych⁶.

Drzewo kwitnie od października do listopada. Kwiaty są małe, białe, jedwabiste, czteropłatkowe, zebrane w kwiatostany na końcach gałęzi. Owoce zebrane są w grona, dojrzewają od marca do czerwca i mają postać czerwonych lub czerwono-brązowych jagód o średnicy 5–8 mm, zawierających 4–5 twardych, żółtych nasion. Nasiona te są rozsiewane przez ptaki, a ich kiełkowanie może być opóźnione z powodu reszkowego zarodka⁷.

Matcha

Camellia sinensis (L.) O. Kuntze, znana jako herbaciany krzew chiński, należy do rodziny herbatowatych (*Theaceae*). Gatunek ten pochodzi z obszarów południowo-wschodniej Azji, obejmujących Chiny, Indie oraz okoliczne regiony tropikalne i subtropikalne. W stanie naturalnym osiąga formę drzewa, jednak na plantacjach występuje głównie jako krzew. Popularnie znana jest jako herbata chińska, *Thea sinensis* L., *Thea chinensis* Sims., lub *Camellia thea* Link. Liście tego gatunku (*theae folium*) stanowią surowiec o kluczowym znaczeniu dla przemysłu herbacianego. Wykorzystywane są do produkcji różnych rodzajów herbat, cenionych za bogaty aromat, smak oraz właściwości stymulujące i prozdrowotne⁸.

Camellia sinensis to wiecznie zielony krzew lub drzewo, osiągające w stanie naturalnym wysokość do 10 metrów, podczas gdy na plantacjach utrzymywany jest w formie krzewu dorastającego do 3 metrów. Gałązki są wzniesione, u dołu czerwono-brunatne, wyżej zielonkawe, z liśćmi ułożonymi naprzemianlegle. Liście mają długość 5–7 cm i szerokość 3,5–4 cm, są skórzaste, błyszczące, o owalno-lancetowatym lub podłużnie eliptycznym kształcie, z ostrymi piłkowanymi brzegami. Górna powierzchnia liści jest ciemnozielona, dolna jaśniejsza, a młode liście pokryte są srebrzystym puchem. Kwiaty herbacianego krzewu są wonne, wyrastają pojedynczo lub w grupach po 2–4 w kątach liści. Korona składa się z 5–9 białych, żółtaworóżowych lub różowych płatków. Owocem jest zdrewniała, spłaszczona torebka, która pęka po dojrzeniu, uwalniając 3 nasiona o wielkości orzecha laskowe-

⁶ R. Przybyłok, op. cit.; A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

⁷ A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

⁸ A. Ożarowski, A. Rumińska, K. Suchorska, Z. Węglarz, *Leksykon roślin leczniczych*, Warszawa 1990.

go. Krzew kwitnie od sierpnia do późnej jesieni, natomiast owocowanie przypada na okres od października do grudnia⁹.

Historia i tradycja

Yerba mate

Yerba mate, znana wśród Indian Guarani jako „ca-á” (oznacza- jące „roślina”, „trawa” lub „zioło”), była dla nich świętym ziołem, darem „Matki Ziemi”. Słowa „Yerba Mate” pochodzą z dwóch języ- ków (hiszpańskiego i keczuańskiego) i dosłownie oznaczają „zioła z tykwy”. Indianie Guarani zamieszkiwali obszary dorzecza rzeki Paragwaj, które obfitowały w dzikie stanowiska ostrokrzewu para- gwajskiego. Yerba mate była dla nich źródłem energii oraz środkiem zapobiegającym uczuciu głodu, co czyniło ją istotnym elementem ich codziennych wędrówek¹⁰.

Indiańscy myśliwi w czasie wypraw sobie zabierali ze sobą bar- dzo niewiele rzeczy przedmiotów, a ich ubiór był niezwykle skromny. Mimo to zawsze nosili przy pasku woreczek z liśćmi mate. Właści- wości napoju – pobudzenie i orzeźwienie dzięki kofeinie – umożli- wiały im odbywanie długich wypraw, zabiera lina które nie zabierali prowiantu¹¹. W XVI w. do Ameryki Południowej przybyli europejscy kolonizatorzy. Hiszpanie szybko przejęli tradycję picia yerba mate, a wynalezienie bombilli – rurki z filtrem do picia naparu – przypis- uje się właśnie im. Pierwsze bombille były wykonane z trzciny lub kości ptaków¹².

Yerba mate była napojem przyjaźni i symbolem jedności, spoży- wanym podczas rytuałów plemiennych zwanych cebar. Cebador, czyli mistrz ceremonii, przygotowywał napar w specjalnym naczyniu (ma- tero lub guampa) i jako pierwszy próbował, by pokazać, że napój jest bezpieczny. Następnie przekazywał naczynie kolejno uczestnikom zgodnie z ich hierarchią w plemienu. Picie z tej samej bombilli ce- mentowało więzi między członkami plemienia, a młodzi mężczyźni dopuszczeni do rytuału po raz pierwszy odczuwali dumę z uczestnic- twa w tym obrzędzie na równi ze starszyzną. Yerba mate była także symbolem gościnności. Gdy w wiosce pojawiał się obcy, wódz często-

⁹ Ibidem.

¹⁰ J. Florczak, A. Karmańska, A. Wędzisz, E. Brożek, op. cit.; P. Lutomski, M. Goździewska, M. Florek-Łuszczki, *Health Properties of Yerba Mate*, „Annals of Agricultural and Environmental Medicine” 2020, nr 27, s. 310–313.

¹¹ A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

¹² Ibidem.

wał go naparem w geście pokoju i zaufania. Obcy musiał przyjąć napój i wypić go z tej samej bombilli, odmowa mogła zostać odebrana jako obraza i doprowadzić do konfliktu¹³.

Około 1670 r. jezuici, którzy docenili zalety napoju, rozpoczęli profesjonalne uprawy ostrokrzewu paragwajskiego na plantacjach misyjnych. Napój stał się znany jako herbata jezuicka, misyjna lub paragwajska. Plantacje jezuitów rozwinęły handel yerba mate na dużą skalę, jednak po rozwiązaniu zakonu w 1775 r. większość tych upraw została opuszczona i zdziczała. Sztukę uprawy yerba mate odtworzono dopiero w połowie XIX w., a swój udział w tym mieli również Polacy¹⁴. Skuszeni perspektywą otrzymania na własność ziemi uprawnej, Polacy ruszyli za ocean wraz z wielką falą emigracji z Europy. Rzeczywistość okazała się jednak znacznie odbiegać od tych wyobrażeń, co zmuszało wielu rodaków do podejmowania różnorodnych zajęć, często wymagających adaptacji do nowych warunków. Przykładem przedsiębiorczości Polaków na emigracji jest Jan Szychowski, założyciel marki Amanda. Jako kowal, rolnik i innowator, samodzielnie skonstruował większość maszyn niezbędnych do produkcji yerba mate. W tym samym czasie podjęto pierwsze próby wprowadzenia yerba mate na rynek polski. W 1882 r. Teofil Rudzki, wysłany do Brazylii, rozpoczął działania mające na celu promocję tego produktu w zaborze rosyjskim. Yerba mate zyskała zainteresowanie zarówno konsumentów, jak i kupców, jednak nałożone przez władze rosyjskie wysokie cła, mające chronić interesy importerów herbaty z Chin, znacznie utrudniły jej dystrybucję. Pomimo tych przeszkód, yerba mate nie została zapomniana. W 1898 r. „Czasopismo Towarzystwa Aptekarskiego” donosiło, że dzięki inicjatywie Polskiego Towarzystwa Handlowo-Geograficznego we Lwowie produkt, określany wówczas jako „herva mate” znalazł swoje miejsce na lokalnym rynku¹⁵.

Matcha

Herbata matcha, sproszkowana forma zielonej herbaty odmiany Tencha, jest jednym z najstarszych i najważniejszych napojów w kulturze japońskiej. Jej początki sięgają okresu chińskiej dynastii Song (960–1279), kiedy popularne stały się tzw. „herbaciane ciasteczka”. Te unikalne bryły herbaty powstawały poprzez parowanie świeżo ze-

¹³ R. Przybyłok, op. cit.

¹⁴ C.I. Heck, E.G. de Mejia, op. cit.; A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

¹⁵ R. Przybyłok, op. cit.

branych liści, ich suszenie oraz mielenie na pastę. Z pasty formowano ciastka, które następnie suszono i pieczono, tworząc trwałe i łatwe w transporcie produkty. Do przygotowania naparu ciasteczka rozdrabniano, a proszek mieszano z gorącą wodą za pomocą trzepaczki¹⁶.

Mnisi Zen podróżujący po Chinach przynieśli herbaciane ciasteczka oraz nasiona drzewa herbacianego do Japonii, gdzie ich spożywanie nabrało głębszego, duchowego wymiaru. Za zapoczątkowanie uprawy herbaty w Japonii odpowiada mnich Eisai, który w XI w. rozpoczął uprawę sproszkowanej herbaty. Matcha stała się podstawą japońskiej ceremonii herbacianej, zwanej Sado, opracowanej przez mnichów Zen w XV w. i skoncentrowanej na harmonii, prostocie, ciszy i szacunku. W kulturze Japonii matcha zyskała wyjątkową pozycję, zarezerwowaną dla klasy wyższej, rodziny królewskiej i samurajów¹⁷.

Uprawa i przetwarzanie

Yerba mate

Naturalnym środowiskiem występowania tego gatunku jest subtropikalny region Ameryki Południowej, obejmujący północną Argentynę (prowincje Corrientes i Misiones), południową Brazylię (stany Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná i Mato Grosso do Sul), Paragwaj oraz Urugwaj, gdzie zajmuje powierzchnię około 540 000 km²¹⁸.

Warunki uprawy wymagają dużej wilgotności powietrza przez cały rok oraz minimalnych opadów na poziomie 1200 mm rocznie. Mimo, że *Ilex paraguariensis* jest stosunkowo odporny na wahania temperatur, wytrzymując spadki do -6°C, próby uprawy w regionach spoza naturalnego zasięgu, takich jak Ameryka Północna, Azja czy Afryka, zakończyły się niepowodzeniem. Do prawidłowego wzrostu roślina ta wymaga temperatury w granicach 20–23°C. W uprawie komercyjnej coraz większy udział mają plantacje kontrolowane w Ameryce Południowej, choć wciąż wykorzystuje się także dziko rosnące drzewa.

Uprawa ostrokrzewu paragwajskiego odbywa się zarówno w naturalnych siedliskach, jak i na plantacjach. Proces zbioru jest kluczowy dla uzyskania wysokiej jakości produktu i odbywa się zazwyczaj ręcznie lub mechanicznie, w zależności od regionu i technologii stosowa-

¹⁶ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.; S. Farooq, A. Sehgal, op. cit.

¹⁷ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.

¹⁸ E.L. Cardozo Junior, C. Morand, *Interest of Mate (Ilex Paraguariensis A. St.-Hil.) as a New Natural Functional Food to Preserve Human Cardiovascular Health – A Review*, „Journal of Functional Foods” 2016, nr 21, s. 440–454; P. Lutomski, M. Goździewska, M. Florek-Łuszczki, op. cit.; A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

nych przez producentów. Zbierane są młode, 6–12-miesięczne liście oraz łodygi, które natychmiast po zebraniu są pakowane i transportowane do zakładów przetwórczych. Kluczowym celem tego etapu jest dostarczenie surowca w możliwie najświeższym stanie, co ma znaczenie dla zachowania właściwości sensorycznych i zawartości związków bioaktywnych w produkcie końcowym¹⁹.

Przetwarzanie yerba mate obejmuje wieloetapowy proces, który odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu jej smaku, aromatu oraz zawartości składników aktywnych, takich jak metyloksantyny i polifenole. Etapy te są prowadzone z wykorzystaniem zarówno tradycyjnych, jak i nowoczesnych technologii. Pierwszym etapem jest blanszowanie (*sapeco*), wykonywane w ciągu 24 godzin po zbiorze. Proces ten polega na krótkotrwałym ogrzewaniu liści w temperaturze dochodzącej do 500°C. Celem jest inaktywacja enzymów oksydacyjnych, takich jak oksydaza polifenolowa, co zapobiega rozkładowi materiału roślinnego i pozwala na zachowanie jego właściwości sensorycznych. Tradycyjnie stosowano w tym celu otwarty ogień, jednak współczesne zakłady przetwórcze coraz częściej korzystają z automatycznych suszarek taśmowych, które zapewniają większą kontrolę nad parametrami procesu²⁰. W czasie tego działania niszczone są wszystkie znajdujące się na liściach mikroorganizmy patogeniczne. Unikalność tej metody polega na tym, że powierzchnia liści jest podgrzewana do temperatury przekraczającej 400°C, podczas gdy wewnętrzne tkanki pozostają w temperaturze nieprzekraczającej 65°C, dzięki czemu większość substancji odżywczych zostaje zachowana²¹. Następnie surowiec poddawany jest etapowi suszenia wstępnego (*secado*), którego celem jest redukcja wilgotności liści do poziomu 3–6%. W tradycyjnych metodach suszenie to odbywa się w rotacyjnych bębnach ogrzewanych przy użyciu drewna lub gazu, jednak w przypadku bardziej zaawansowanych zakładów stosuje się nowoczesne urządzenia grzewcze. Parametry takie jak czas suszenia oraz temperatura mogą być modyfikowane w zależności od preferencji pro-

¹⁹ M.D.V. Resende, J.A. Sturion, A.P. Carvalho, *Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones*, „Colombo: Embrapa-CNPQ” 2000, Circular Técnica, nr 43, s. 65.

²⁰ M.C. Esmelindro, G. Toniazzo, A. Waczuck, C. Dariva, *Caracterização físico-química da erva-maté: influência das etapas do processamento industrial*, „Ciência e Tecnologia de Alimentos” 2002, nr 22, s. 193–204; D.H.M. Bastos, D.M. De Oliveira, R.L.T. Matshumoto, P. De Oliveira Carvalho, M.L. Ribeiro, *Yerba maté: Pharmacological properties, research and biotechnology*, „Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology” 2007, nr 1, s. 37–46.

²¹ R. Przybyłok, op. cit.

ducenta i wpływają na jakość finalnego produktu. W trzecim etapie, po zakończeniu suszenia końcowego, liście są mielone i uzyskuje się produkt określany jako *canchada*. Ostateczne parametry tego procesu, w tym czas i temperatura, różnią się między zakładami przetwórczymi i wpływają na zmienność w składzie chemicznym oraz cechy sensoryczne yerba mate²². Po przetworzeniu susz yerba mate jest poddawany procesowi dojrzewania, który odbywa się w drewnianych komorach, najczęściej wykonanych z cedru. Proces ten trwa co najmniej 12 miesięcy i pozwala na rozwinięcie charakterystycznego smaku oraz aromatu produktu. Dojrzewanie przyczynia się także do wzrostu stężenia niektórych składników, takich jak metyloksantyny i polifenole, oraz poprawia właściwości antyoksydacyjne yerba mate. Po zakończeniu procesu dojrzewania susz jest sortowany. Liście są oddzielane od gałązek, a następnie ponownie mieszane w odpowiednich proporcjach w zależności od specyfikacji produktu. *Yerba Mate Despalada* teoretycznie nie zawiera gałązek (choć może mieć ich do 10%), podczas gdy *Yerba Mate Elaborada* zawiera ich około 35%. Gałązki, oprócz wpływu na końcowy smak, pełnią funkcję filtra, który zapobiega przedostawaniu się drobnych cząstek do bombilli podczas spożywania naparu. Gotowy produkt często jest mielony przed pakowaniem, a w razie potrzeby wzbogacany naturalnymi aromatami, takimi jak esencje owocowe (np. z pomelo czy cytrusów), a następnie pakowany²³.

Yerba mate jest produktem o dużym znaczeniu gospodarczym i społecznym w regionach, gdzie rośnie naturalnie. W 2005 r. globalnym liderem produkcji była Argentyna, z wynikiem 270 000 ton, za którą plasowała się Brazylia (238 869 ton). Większość produkcji trafia na lokalne rynki, gdzie spożywa się ją w tradycyjnych formach, takich jak chimarrão i matécocido, rośnie również zainteresowanie eksportem, zwłaszcza na rynki Europy i Ameryki Północnej²⁴.

Spożycie yerba mate w Ameryce Południowej osiąga imponujące poziomy. W Urugwaju mieszkańcy konsumują od 8 do 10 kg suszonych liści na osobę rocznie, co czyni ten kraj liderem spożycia na świecie. W Argentynie roczna konsumpcja wynosi około 5–6 kg na osobę, a w południowej Brazylii 3–5 kg. Średnie dzienne spożycie w krajach produkujących yerba mate wynosi 12–23 g suszu, co odpowiada około

²² M.C. Esmelindro, G. Toniazzo, A. Waczuck, C. Dariva, op. cit.; M.D.V. Resende, J.A. Sturion, A.P. Carvalho, op. cit., s. 65.

²³ D.H.M. Bastos, D.M. De Oliveira, R.L.T. Matshumoto, P. De Oliveira Carvalho, M.L. Ribeiro, op. cit.; A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

²⁴ A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

1 litrowi napoju. W skali globalnej popularność yerba mate rośnie, w tym także w Polsce, gdzie w latach 2012–2018 import tego produktu wzrósł aż ośmiokrotnie. W 2016 r. sprowadzono do Polski około 150 ton suszu, z czego 65% pochodziło z Argentyny²⁵.

Matcha

Kluczowym etapem w uprawie krzewów herbacianych przeznaczonych do produkcji matchy jest zacienianie ich na 3–4 tygodnie przed zbiorem. Proces ten polega na stosowaniu specjalnych mat bambusowych, które ograniczają dostęp światła słonecznego. Zabieg ten znacząco wpływa na skład chemiczny liści, sprzyjając produkcji większej ilości związków bioaktywnych.

Zacienienie powoduje wzrost zawartości chlorofilu, co nadaje liściom głęboki, intensywnie zielony kolor²⁶. Ponadto zwiększa się stężenie teaniny i kofeiny, które odpowiadają za charakterystyczny smak „umami” oraz działanie pobudzające. Jednocześnie zmniejsza się zawartość katechin, co redukuje goryczkę charakterystyczną dla herbat uprawianych w pełnym słońcu. W rezultacie liście matchy cechują się delikatniejszym, bardziej złożonym profilem smakowym w porównaniu do innych herbat, w których wysoka zawartość katechin przyczynia się do intensywnie gorzkiego posmaku²⁷. Dzięki tym właściwościom matcha jest uznawana za najbardziej aromatyczną i cenioną zieloną herbatę. Ograniczenie fotosyntezy podczas zacieniania osłabia jednak rośliny, które wymagają dłuższego okresu regeneracji przed kolejnymi zbiorami²⁸.

Zbiór liści na matchę jest procesem ręcznym i selektywnym. Zbierane są wyłącznie młode, najwyższej jakości liście. Natychmiast po zbiorze liście poddaje się krótkotrwałemu parowaniu, aby zatrzymać proces oksydacji, zachować ich świeżość oraz zielony kolor. Kolejnym krokiem jest usuwanie łodyg, żyłek i zanieczyszczeń. Oczyszczone liście są mielone na proszek w tradycyjnych ceramicznych młynach. Mielenie to proces powolny – uzyskanie 1 grama matchy może zająć nawet godzinę²⁹.

²⁵ Ibidem.

²⁶ S. Farooq, A. Sehgal, op. cit.

^A Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.

²⁷ S. Kaneko, K. Kumazawa, H. Masuda, A. Henze, T. Hofmann, *Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2006, nr 54, s. 2688–2694; S. Farooq, A. Sehgal, op. cit.

²⁸ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.

²⁹ S. Kaneko, Kumazawa K. Kumazawa, H. Masuda, A. Henze, T. Hofmann, op.cit.

Wartość eksportu zielonej herbaty z Japonii w 2021 r. wyniosła 20,4 miliarda jenów, z czego około 65% stanowiła matcha i inne sproszkowane herbaty. Średnia cena eksportowa za kilogram matchy wynosiła 4411 jenów, co pozwala oszacować, że Japonia wyeksportowała około 4,6 tysiąca ton matchy na rynki zagraniczne. Dla porównania, całkowita produkcja zielonej herbaty w Japonii w 2021 r. wynosiła 70–80 tysięcy ton, co wskazuje, że eksportowana matcha stanowiła znaczącą, choć mniejszościową część całkowitej produkcji. W ostatnich latach globalna popularność matchy znacząco wzrosła, szczególnie w Stanach Zjednoczonych, Europie i Azji, gdzie coraz większym zainteresowaniem cieszą się produkty na bazie herbat sproszkowanych. Według danych Ministerstwa Rolnictwa, Leśnictwa i Rybołówstwa wartość eksportu japońskiej zielonej herbaty w 2023 r. osiągnęła 29,2 miliarda jenów, co oznacza wzrost o 1,3 razy w porównaniu do 21,9 miliarda jenów w roku poprzednim. Matcha i inne sproszkowane herbaty stanowiły ponad 70% eksportu, podkreślając ich dominującą pozycję na rynkach międzynarodowych (Nippon.com, Virtue Market Research, Ministerstwo Rolnictwa, Leśnictwa i Rybołówstwa).

Przygotowanie napoju

Yerba mate

Yerba mate jest jednym z najpopularniejszych napojów na świecie, szczególnie w krajach Ameryki Południowej, takich jak Argentyna, Brazylia, Paragwaj i Urugwaj. Napój przygotowuje się zarówno w gorącej (mate, chimarrão), jak i zimnej wersji (tereré), wykorzystując charakterystyczne naczynia z tykwy, drewna lub porcelany (matero) oraz bombille. Tradycyjne przygotowanie napoju polega na zalewaniu suszu gorącą wodą o temperaturze 65–80°C. Napar można ponownie uzupełniać wodą wielokrotnie, zwykle do sześciu-siedmiu razy, aż utraci swój smak. Alternatywnie, w przypadku tereré, do suszu dodaje się zimną wodę, nierzadko wzbogaconą sokiem z cytryny lub innymi owocami cytrusowymi. Specyficzna metoda przygotowania zależy od lokalnych tradycji i preferencji kulturowych.

W procesie przygotowania napoju stosuje się różne proporcje suszu i wody. W tradycyjnych recepturach do matero wsypuje się susz w ilości odpowiadającej około 1/4 do 1/3 objętości naczynia, a następnie zalewa wodą. W przypadku chimarrão i tereré liście wcześniej zwilża się wodą, co pomaga w uzyskaniu odpowiedniej struktury naparu³⁰.

³⁰ A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

Matcha

W przeciwieństwie do innych herbat, gdzie spożywa się napar z liści, w przypadku matchy przyjmuje się cały liść w postaci sproszkowanej. Dzięki temu napój dostarcza pełne spektrum związków bioaktywnych, w tym polifenoli, flawonoidów, chlorofilu i teaniny³¹. Przygotowanie matchy jest procesem opartym na precyzyjnych rytuałach Sadō, które uwzględniają zarówno odpowiednie przechowywanie, jak i użycie specjalistycznych akcesoriów. Proszek matcha powinien być przechowywany w lodówce w szczelnym, pochłaniającym światło pojemniku, co zapewnia jego świeżość i chroni przed utlenieniem. Tradycyjnie wykorzystywana do tego celu jest puszka natsume. Do przygotowania matchy używa się ceramicznej czarki zwanej chawan, bambusowej trzepaczki chasen oraz miarki chashaku. Jeśli w proszku pojawią się grudki, można zastosować dodatkowo siteczko do ich rozbicia.

Pierwszym krokiem jest rozgrzanie czarki chawan poprzez nalanie do niej gorącej wody. Po kilku minutach woda ta jest wylewana, a wewnątrz czarki zostaje osuszone przy użyciu chakina lub specjalnej ściereczki. Następnie przy pomocy miarki chashaku odmierzana jest odpowiednia ilość matchy, zwykle jedna lub dwie miarki, które następnie wsypuje się do przygotowanej czarki. Proszek zalewa się gorącą, lecz nie wrzącą wodą – jej temperatura powinna wynosić około 70–80°C. Ilość wody zależy od pożądanej konsystencji napoju: od 40 ml dla gęstej herbaty (koicha) do około 85 ml dla rzadszej wersji (usucha)³².

Skład i działanie

Yerba mate

Yerba mate jest ceniona za niezwykle bogaty i zróżnicowany skład chemiczny, który obejmuje zarówno składniki odżywcze, jak i metabolity wtórne, nadające tej roślinie unikalne właściwości prozdrowotne. W jej składzie dominują węglowodany, które stanowią aż 80,71% suchej masy, co świadczy o jej roli jako źródła energii. Ponadto zawiera białka (4,09%) i tłuszcze (0,90%), a także niemal wszystkie kluczowe witaminy, takie jak witaminy z grupy B, witaminę C i E. Yerba mate jest również bogata w mikro- i makroelementy, w tym magnez, wapń, potas, żelazo, sód, mangan, cynk, siarkę i fos-

³¹ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.; H. Horie, K., Sumikawa O. Sumikawa, *Chemical components of matcha and powdered green tea*, „Journal of Cookery Science of Japan” 2017, nr 50, s. 182–188.

³² M. Snyder, L. Clum, A.V. Zulaica, *Matcha. Cudowna herbata*, Białystok 2018.

for, które wspierają funkcje metaboliczne organizmu i przyczyniają się do ogólnego zdrowia³³.

Metabolity wtórne yerba mate obejmują szeroką gamę związków bioaktywnych, które nadają jej unikalne właściwości farmakologiczne. Alkaloidy purynowe, takie jak kofeina (1–2% suchej masy), teobromina (0,6%) i teofilina (0,05%), odpowiadają za właściwości stymulujące układ nerwowy i pobudzające. Polifenole, w tym flawonoidy i pochodne kwasów fenolowych (np. kwas chlorogenowy w ilości 2,8% suchej masy oraz kwas kawoilochinowy), wykazują silne działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwbakteryjne. Dzięki zdolności do neutralizowania wolnych rodników i kompleksowania jonów metali, takich jak żelazo i miedź, yerba mate przyczynia się do ochrony przed stresem oksydacyjnym oraz procesami zapalnymi³⁴.

Saponiny, stanowiące około 1,5% suchej masy yerba mate, są kolejną istotną grupą związków bioaktywnych. Odpowiadają one za charakterystyczny gorzki smak naparu oraz pienienie podczas przygotowywania, a ich prozdrowotne działanie obejmuje właściwości przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, hemolityczne i hipocholesterolemiczne. Wykazano, że saponiny mogą obniżać poziom cholesterolu całkowitego, poprawiając jednocześnie stosunek frakcji LDL do HDL, co wspiera zdrowie układu sercowo-naczyniowego³⁵.

Działanie chemoprewencyjne yerba mate obejmuje hamowanie aktywności enzymów odpowiedzialnych za proliferację komórek nowotworowych oraz zmniejszanie stresu oksydacyjnego w komórkach. Ponadto, yerba mate wspomaga funkcje wątroby, stymuluje produkcję żółci, działa moczopędnie oraz wspiera metabolizm tłuszczów. Marco V. Ramirez-Mares i in.³⁶ wykazali, że ekstrakty z yerba mate hamują aktywność topoizomeryazy II oraz indukują cytotoksyczność w komórkach HepG2, co może przyczyniać się do ogólnej aktywności przeciwnowotworowej. W badaniach Soni Chandry i Elviry G. Mejii³⁷

³³ R. Przybyłok, op. cit.

³⁴ C.I. Heck, E.G. de Mejia, op. cit.; T.F.F. Da Silveira, A.D. Meinhart, T.C.L. De Souza, J. Teixeira Filho, H.T. Godoy, *Phenolic Compounds from Yerba Mate Based Beverages – A Multivariate Optimisation*, „Food Chemistry” 2016, nr 190, s. 1159–1167.

³⁵ S.G. Sparg, M.E. Light, J. van Staden, *Biological activities and distribution of plant saponins*, „Journal of Ethnopharmacology” 2004, nr 94, s. 219–243; D.H.M. Bastos, D.M. De Oliveira, R.L.T. Matshumoto, P. De Oliveira Carvalho, M.L. Ribeiro, op. cit.

³⁶ M.V. Ramirez-Mares, S. Chandra, E.G. de Mejia, op. cit.

³⁷ S. Chandra, E. Mejia, *Polyphenolic compounds, antioxidant capacity, and quinone reductase activity of an aqueous extract of Ardisia compressa in comparison to mate (Ilex paraguariensis) and green (Camellia sinensis) teas*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2004, nr 52, s. 3583–3589.

testowano wpływ mate na aktywność reduktazy chinonowej w komórkach Hepa1c1c7, ale nie stwierdzono indukcji tego enzymu w testowanych stężeniach. Dalsze badania Mindy Bixby i in.³⁸ potwierdziły ochronne działanie yerba mate przeciw cytotoksyczności indukowanej nadtlenoazotynem, co jest istotne w kontekście schorzeń takich jak udar, niedokrwienie mięśnia sercowego oraz cukrzyca. Ze względu na te właściwości yerba mate jest badana jako potencjalny składnik żywności funkcjonalnej i suplementów diety wspierających leczenie zespołu metabolicznego, redukcję masy ciała oraz prewencję chorób sercowo-naczyniowych i nowotworowych³⁹.

Yerba mate wykazuje szerokie właściwości antyoksydacyjne, które wynikają głównie z obecności polifenoli, alkaloidów i saponin. Badania potwierdziły, że napary i ekstrakty z yerba mate skutecznie neutralizują reaktywne formy tlenu (ROS), redukują peroksydację lipidów oraz chronią przed uszkodzeniami DNA. Przykładowo, Alejandro Gugliucci i A.J.C. Stahl⁴⁰ wykazali, że yerba mate hamuje utlenianie lipoprotein LDL, co jest istotne w zapobieganiu miażdżycy. Kolejne badania dowiodły, że przeciwutleniacze zawarte w naparze yerba mate są wchłaniane do krwiobiegu i wykazują aktywność ochronną w układach biologicznych⁴¹.

Yerba mate znajduje zastosowanie również w przemyśle kosmetycznym i spożywczym. Dodatkowo, innowacyjne technologie wykorzystują jej ekstrakty w biodegradowalnych opakowaniach, poprawiając ich właściwości mechaniczne i ekologiczne dzięki aktywności antyoksydacyjnej⁴². Wzrost zainteresowania yerba mate w badaniach naukowych i w przemyśle wskazuje na rosnący potencjał tej rośliny jako cennego składnika diety oraz surowca do tworzenia produktów o szerokim spektrum zastosowań zdrowotnych i ekologicznych.

³⁸ M. Bixby, L. Spieler, T. Menini, A. Gugliucci, *Ilex paraguariensis* extracts are potent inhibitors of nitrosative stress: a comparative study with green tea and wines using a protein nitration model and mammalian cell cytotoxicity, „Life Sciences” 2005, nr 77, s. 345–358.

³⁹ M.V. Ramirez-Mares, S. Chandra, E.G. de Mejia, op. cit.

⁴⁰ A. Gugliucci, A.J. Stahl, *Low-density lipoprotein oxidation is inhibited by extracts of Ilex paraguariensis*, „Biochemistry and Molecular Biology International” 1995, nr 35, s. 47–56.

⁴¹ A. Gugliucci, *Antioxidant effects of Ilex paraguariensis: induction of decreased oxidability of human LDL in vivo*, „Biochemical and Biophysical Research Communications” 1996, nr 2, s. 338–344; N. Bracesco, M. Dell, A. Rocha, S. Behtas, T. Menini, A. Gugliucci, E. Nunes, *Antioxidant activity of a botanical extract preparation of Ilex paraguariensis: prevention of DNA double-strand breaks in Saccharomyces cerevisiae and human low-density lipoprotein oxidation*, „The Journal of Alternative and Complementary Medicine” 2003, nr 9, s. 379–387.

⁴² A. Gawron-Gzella, J. Chanaj-Kaczmarek, J. Cielecka-Piontek, op. cit.

Matcha

Matcha, jako sproszkowana forma zielonej herbaty, wyróżnia się intensywnym zielonym kolorem i charakterystycznym smakiem umami. Dzięki temu znalazła szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym jako naturalny barwnik i aromat, a także w produkcji słodczych, napojów oraz suplementów diety⁴³. Jest produktem niskokalorycznym, wegetariańskim i wegańskim, co czyni ją atrakcyjną w kontekście współczesnych trendów żywieniowych⁴⁴.

Matcha zawiera różnorodne związki bioaktywne, w tym kofeinę, teaninę, witaminy (A, C, E) i minerały (żelazo, potas, wapń). Zawartość katechin jest wyższa niż w tradycyjnej liściastej zielonej herbacie, co wynika z faktu, że spożywamy w niej całe liście w sproszkowanej formie, a nie jedynie napar⁴⁵. Synergistyczne działanie kofeiny i teaniny poprawia funkcje poznawcze, zwiększa koncentrację i redukuje zmęczenie psychiczne. Metaanalizy wskazują, że to połączenie wspiera procesy uczenia się i pamięci, modulując aktywność układu dopaminergicznego⁴⁶.

Korzyści zdrowotne matchy wynikają z wysokiej zawartości polifenoli, które stanowią około 30% suchej masy liści, z czego główną grupę stanowią właśnie katechiny takie jak (-)-epigallokatechina-3-galusan (EGCG), (-)-epikatechina (EC), (-)-epikatechina-3-galusan (ECG) i (-)-epigallokatechina (EGC). Te związki biologicznie aktywne mają silne działanie przeciwutleniające, neutralizując wolne rodniki i zmniejszając stres oksydacyjny. Najbardziej aktywnym biologicznie składnikiem jest EGCG, który wykazuje także właściwości przeciwzapalne i przeciwwirusowe. Mechanizm działania obejmuje modulację szlaków sygnalizacyjnych związanych z odpowiedzią zapalną oraz redukcję markerów prozapalnych, takich jak TNF- α i IL-6⁴⁷.

Spożywanie zielonej herbaty, w tym matchy, przyczynia się do obniżenia ryzyka rozwoju chorób cywilizacyjnych, w tym chorób ser-

⁴³ H. Horie, K., Sumikawa O. Sumikawa, op. cit.

⁴⁴ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.

⁴⁵ K. Fujioka, T. Iwamoto, H. Shima, K. Tomaru, H. Saito, M. Ohtsuka, A. Yoshidome, Y. Kawamura, Y. Manome, *The Powdering Process with a Set of Ceramic Mills for Green Tea Promoted Catechin Extraction and the ROS Inhibition Effect*, „Molecules” 2016, nr 21, s. 474; J. Zhou, Y. Yu, L. Ding, P. Xu, Y. Wang, *Matcha green tea alleviates non-alcoholic fatty liver disease in high-fat diet-induced obese mice by regulating lipid metabolism and inflammatory responses*, „Nutrients” 2021, nr 13.

⁴⁶ A.A. Sohail, F. Ortiz, T. Varghese, S.P. Fabara, A.S. Batth, D.P. Sandesara, A. Sabir, M. Khurana, S. Datta, U.K. Patel, op. cit.

⁴⁷ S. Farooq, A. Sehgal, op. cit.; H. Tachibana, *Molecular basis for cancer chemoprevention by green tea polyphenol EGCG*, „Forum of Nutrition” 2009, nr 61, s. 156–169.

cowo-naczyniowych i niektórych nowotworów⁴⁸. Badania epidemiologiczne wskazują, że regularne spożycie katechin może zmniejszać ryzyko miażdżycy oraz poprawiać profil lipidowy poprzez obniżenie poziomu LDL i zwiększenie stężenia HDL⁴⁹.

Matcha korzystnie wpływa na metabolizm lipidów i glukozy. W badaniach na modelach zwierzęcych spożycie matchy w diecie wysokotłuszczowej prowadziło do zmniejszenia masy ciała, poprawy profilu lipidowego oraz obniżenia poziomu glukozy i cytokin zapalnych w surowicy⁵⁰. Katechiny, w szczególności EGCG, mogą obniżać poziom glukozy we krwi, chociaż brak jednoznacznych dowodów na istotny wpływ na poziomy insuliny czy HbA1c u ludzi⁵¹. Mechanizm ten wiąże się z hamowaniem enzymów trawiennych, takich jak α -amylaza i α -glukozydaza, co zmniejsza wchłanianie węglowodanów w jelitach.

Badania *in vitro* wskazują, że EGCG obecne w matchy może wpływać na procesy związane z proliferacją, żywotnością oraz cyklem komórkowym komórek nowotworowych, takich jak komórki raka piersi, wątroby czy jelita grubego. Mechanizm obejmuje indukcję apoptozy poprzez aktywację kaspaz oraz hamowanie angiogenezy poprzez obniżenie ekspresji VEGF⁵². Choć te wyniki są obiecujące, konieczne są dalsze badania na modelach zwierzęcych i w populacjach ludzkich, aby potwierdzić kliniczną skuteczność matchy w prewencji nowotworów.

Badania aktywności antyoksydacyjnej produktów dostępnych na rynku polskim

Na rynku yerba mate dostępne są produkty w formie klasycznego suszu w różnych wariantach, pochodzące z różnych krajów, takich jak Argentyna, Paragwaj czy Brazylia. Wśród dostępnych produktów dużym zainteresowaniem cieszą się Amanda Elaborada, Pajarito Elaborada oraz Mate Green, które w roku 2024 w Katedrze Ogrodnictwa

⁴⁸ H. Horie, K., Sumikawa O. Sumikawa, op. cit.; K. Kurleto, G. Kurowski, B. Laskowska, M. Malinowska, E. Sikora, O. Vogt, *Influence of brewing conditions on antioxidant content in different kinds of tea infusions*, „Wiadomości Chemiczne” 2013, nr 67, s. 11–12.

⁴⁹ J. Zhou, Y. Yu, L. Ding, P. Xu, Y. Wang, op. cit.

⁵⁰ X.-X. Zheng, Y.-L. Xu, S.-H. Li, R. Hui, Y.-J. Wu, X.-H. Huang, *Effects of green tea catechins with or without caffeine on glycemic control in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials*, „The American Journal of Clinical Nutrition” 2013, nr 97, s. 750–762.

⁵¹ P. Xu, L. Ying, G. Hong, Y. Wang, *The effects of the aqueous extract and residue of Matcha on the antioxidant status and lipid and glucose levels in mice fed a high-fat diet*, „Food & Function” 2016, nr 7, s. 294–300.

⁵² Y. Baba, S. Inagaki, S. Nakagawa, M. Kobayashi, T. Kaneko, T. Takihara, op. cit.

Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, zostały poddane analizie aktywności antyoksydacyjnej przy użyciu metod DPPH, FRAP i ABTS.

Amanda Elaborada to klasyczna yerba mate pochodząca z prowincji Misiones w Argentynie. Susz zawiera grubo cięte listki i patyczki, co nadaje naparowi łagodny, ale wyrazisty smak. Amanda to yerba o średniej mocy, idealna do codziennej konsumpcji, zarówno dla początkujących, jak i bardziej doświadczonych miłośników tego napoju. Pajarito Elaborada to jedna z najbardziej rozpoznawalnych i klasycznych yerba mate na świecie. Pochodzi z plantacji Lauro Raatza w Paragwaju i dzięki suszeniu nad ogniem charakteryzuje się intensywnym, lekko tytoniowym smakiem oraz aromatem. Z kolei susz Mate Green pochodzi z Brazylii i jest poddawany dodatkowym procesom sortowania oraz odpylania, co sprawia, że napar charakteryzuje się łagodniejszym smakiem w porównaniu do klasycznie pakowanych yerba mate (fot. 1).

Matcha, należąca głównie do kategorii herbat premium, jest dostępna w różnych wariantach jakościowych, od matchy kulinarnej po ceremonialną, oraz zróżnicowana pod względem pochodzenia. Najczęściej sprzedawana jest w formie proszku w niewielkich opakowaniach (np. 30–50 g), a także jako składnik słodczy, napojów czy kosmetyków. Dużą popularnością cieszy się Matcha Hisui Organic, pakowana w wygodne saszetki. Charakteryzuje się żywym, zielonym kolorem oraz świeżym, lekko morskim smakiem. Herbata ta nadaje się zarówno do tradycyjnego przygotowania w wodzie, jak i do przygotowywania matcha latte, koktajli oraz smoothie. Produkt ten został również wybrany do oceny aktywności antyoksydacyjnej (fot. 1).

Aktywność antyoksydacyjną oceniono trzema różnymi metodami, pozwalającymi na kompleksową analizę właściwości badanych próbek. W metodzie DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) opisanej przez Molyneux⁵³ mierzono zdolność substancji do neutralizacji wolnych rodników DPPH· (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl), które w reakcji z antyoksydantem tracą charakterystyczny fioletowy kolor, co można monitorować spektrofotometrycznie jako spadek absorpcji. Z kolei metoda ABTS (AzinoBis(3-EthylBenzThiazoline-6-Sulfonic acid) opiera się na redukcji kationorodnika ABTS⁺ (2,2'-azyno-bis (3-etylo-benzthiazolino-6-kwasu sulfonowego)) przez substancje antyoksydacyjne, co powoduje zmianę zabarwienia roztworu z zielonego na

⁵³ P. Molyneux, *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*, „Songklanakarin Journal of Science and Technology” 2004, nr 26(2), s. 211–219.



Fot. 1. Yerba mate i matcha zakupione na polskim rynku i poddane analizom aktywności antyoksydacyjnej metodami DPPH, ABTS i FRAP.

bezbarwny, a zmniejszenie intensywności koloru mierzy się spektrofotometrycznie⁵⁴. Trzecia metoda, FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), bada zdolność substancji do redukcji jonów żelaza Fe^{3+} do Fe^{2+} w kompleksie z TPTZ (2,4,6-tri(2-pirydylo)-1,3,5-triazyna). W wyniku tej reakcji powstaje niebieski kompleks, którego intensywność jest proporcjonalna do zdolności redukującej próbki i również jest oceniana spektrofotometrycznie⁵⁵ (Benzie i Strain, 1996). Zastosowanie tych metod umożliwiło ocenę różnych mechanizmów działania antyoksydacyjnego badanych substancji. Napary poszczególnych produktów przygotowano zgodnie z zaleceniami producenta. W przypadku yerba mate 5 g produktu zalano 250 ml wody o temperaturze 80°C, a czas parzenia wynosił 10 minut. Po tym czasie napar przesączono i rozcieńczono 25-krotnie. 1,5 g herbaty matcha zalano 100 ml wody o temperaturze 80°C, a następnie przeprowadzono analogiczne postępowanie jak dla yerba mate, obejmujące przesączanie i rozcieńczanie.

Wyniki oceny aktywności antyoksydacyjnej metodą DPPH wykazały, że matcha charakteryzowała się najwyższą zdolnością do eliminowania wolnych rodników, osiągając wartość 77,25% (17,84 eq. Troloq [mg/g s.m.]). Podobnie w metodzie ABTS uzyskała wartość 184,68 eq. Troloq [mg/g s.m.], co również było najlepszym wynikiem spośród badanych próbek. W metodzie FRAP matcha osiągnęła wynik 21°090,32 mM Fe^{2+} /g s.m., plasując ją na czołowej pozycji w porównaniu do innych naparów. Otrzymane wyniki potwierdzają, że matcha, dzięki

⁵⁴ S. Dudonné, X. Witrac, P. Coutière, M. Woillez, J.M. Mérillon, *Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2009, nr 57(5), s. 1768–1774.

⁵⁵ I.F. Benzie, J.J. Strain, *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of „Antioxidant Power”: the FRAP Assay*, „Analytical Biochemistry” 1996, nr 239(1), s. 70–76.

swojej sproszkowanej formie, wykazuje wyjątkową aktywność antyoksydacyjną. Jest to zgodne z literaturą, w której wskazuje się, że forma sproszkowana zielonej herbaty, zwłaszcza matcha, ma najwyższe właściwości antyoksydacyjne w porównaniu do innych rodzajów zielonej herbaty, wymagając jednocześnie najkrótszego czasu parzenia⁵⁶. Badania wskazują, że matcha zawiera wysokie stężenie polifenoli, flawonoidów, katechin oraz chlorofilu, które są odpowiedzialne za silne działanie antyoksydacyjne. Proces uprawy tej herbaty, polegający na osłanianiu roślin przed bezpośrednim światłem słonecznym, sprzyja zwiększonej produkcji związków bioaktywnych, w tym teaniny, które mają wpływ na silną aktywność antyoksydacyjną⁵⁷. Wyższa zawartość tych substancji w sproszkowanej matchy może wyjaśniać jej wybitne właściwości w eliminowaniu wolnych rodników i ochronie przed stresem oksydacyjnym.

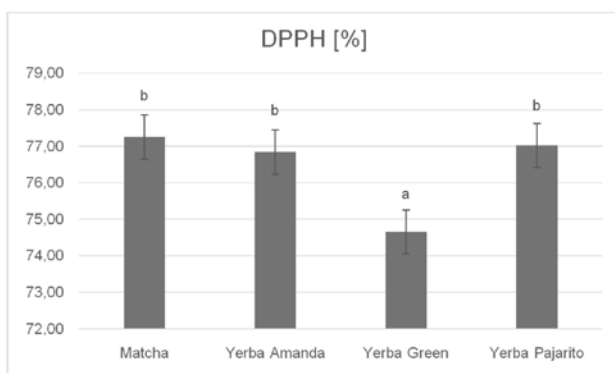
W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że aktywność antyoksydacyjna naparów yerba mate wyrażona jako procent zahamowania DPPH wahała się od 74,65% (12,92 mg TE/g suchej masy) dla yerba mate brazylijskiej do 77,03% (13,34 mg TE/g s.m.) dla yerba mate paragwajskiej. Yerba mate z Argentyny wykazała zbliżoną aktywność (76,85%; 13,31 mg TE/g s.m.), a różnice między yerba mate paragwajską i argentyńską nie były statystycznie istotne ($p < 0,05$). Wyniki te potwierdzają wysoką aktywność antyoksydacyjną naparów yerba mate, zbliżoną do wyników innych badań dotyczących tej rośliny.

W badaniach Katarzyny Jandy i in.⁵⁸ aktywność antyoksydacyjna yerba mate przygotowanej w różnych temperaturach mieściła się w szerokim zakresie od 40,2% do 86,5% w zależności od temperatury wody i liczby zaparzeń. Yerba mate z Brazylii wykazywała aktywność od 53,1% do 86,3%, a argentyńska od 58,1% do 86,5%, co jest zgodne z wynikami niniejszych badań dla pierwszych zaparzeń w wodzie o wyższej temperaturze. Wyższą aktywność odnotowano dla kolejnych zaparzeń, co wskazuje na stopniowe uwalnianie związków bioaktyw-

⁵⁶ D. Komes, D. Horžić, A. Belščak, K. Ganić, I. Vulić, *Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds*, "Food Research International" 2010, nr 43, s. 167–176; K. Fujioka, T. Iwamoto, H. Shima, K. Tomaru, H. Saito, M. Ohtsuka, A. Yoshidome, Y. Kawamura, Y. Manome, op. cit.

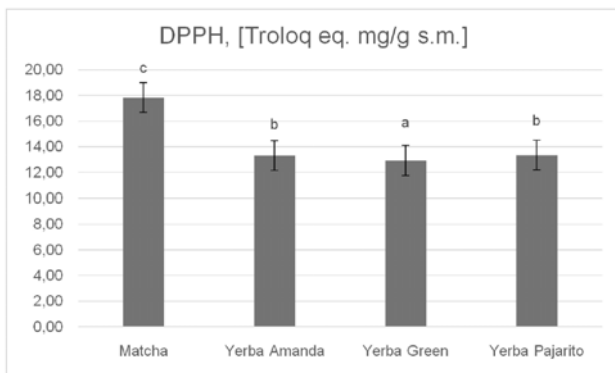
⁵⁷ F. Fujioka, T. Iwamoto, H. Shima, K. Tomaru, H. Saito, M. Ohtsuka, A. Yoshidome, Y. Kawamura, Y. Manome, op. cit.; S.M. Chacko, P.T. Thambi, R. Kuttan, I. Nishigaki, *Beneficial effects of green tea: a literature review*, „Chinese Medical Journal” 2010, nr 5, s. 13.

⁵⁸ K. Janda, K. Jakubczyk, A. Łukomska, *Effect of the Yerba mate (Ilex paraguayensis) brewing method on the content of selected elements and antioxidant potential of infusions*, „Polish Journal of Chemical Technology” 2020, nr 22, s. 54–60.



Ryc. 1. Aktywność antyoksydacyjna oznaczona metodą DPPH [%] naparów matcha i yerba mate

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$ (test Tukeya)



Ryc. 2. Aktywność antyoksydacyjna oznaczona metodą DPPH, [Troloq eq. mg/g s.m.]

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$ (test Tukeya)

nych w miarę eksploatacji materiału roślinnego. W badaniach Stéphanie Dudonné i współautorów⁵⁹ aktywność wodnych ekstraktów yerba mate wynosiła 71,75% zahamowania DPPH, co jest zbliżone do uzyskanych wyników dla naparów paragwajskich i argentyńskich. Ana Cláudia Colpo i współautorzy⁶⁰ stwierdzili, że aktywność antyoksydacyjna yerba mate z różnych krajów może wykazywać statystycznie

⁵⁹ S. Dudonné, X. Witrac, P. Coutière, M. Woillez, J.M. Mérillon, op. cit.

⁶⁰ A.C. Colpo, H. Ros, M.E. Lima, C.E.F. Pazzini, V.B. de Camargo, F.E.M. Bassante, R. Puntel, D.S. Ávila, A. Mendez, V. Folmer, *Yerba mate (Ilex paraguariensis St. Hill.) – based beverages: How successive extraction influences the extract composition and its capacity to chelate iron and scavenge free radicals*, „Food Chemistry” 2016, nr 209, s. 185–195.

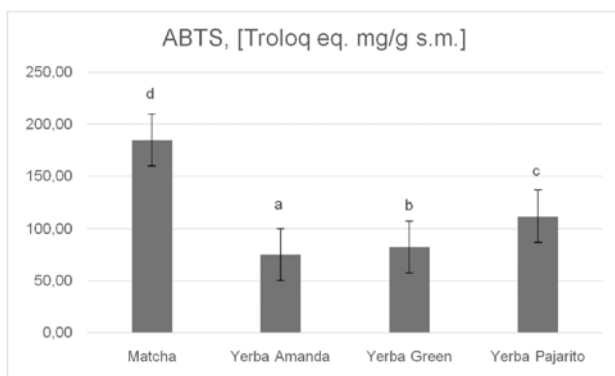
istotne różnice, jednak w naszych badaniach nie zaobserwowano takiego zjawiska między yerba mate argentyńską i paragwajską. Różnice te mogą wynikać z odmiennych metod obróbki liści i warunków przechowywania. Ważnym czynnikiem wpływającym na aktywność antyoksydacyjną yerba mate jest także wiek surowca. Badania Hélio Blum-Silvy i współautorów⁶¹ wykazały, że starsze liście mają niższą aktywność antyoksydacyjną, co może tłumaczyć zmienność wyników w zależności od producenta.

Metoda ABTS wykazała, że yerba mate z Paragwaju charakteryzowała się najwyższą aktywnością antyoksydacyjną, osiągając wartość 111,78 mg Troloq eq./g suchej masy. Yerba mate z Brazylii uzyskała wynik 82,30 mg Troloq eq./g suchej masy, natomiast yerba mate z Argentyny wykazała wartość 75,21 mg Troloq eq./g suchej masy. Wszystkie uzyskane wyniki różniły się statystycznie ($p < 0,05$), co wskazuje na istotny wpływ pochodzenia surowca na zdolność neutralizowania rodników ABTS^{•+}.

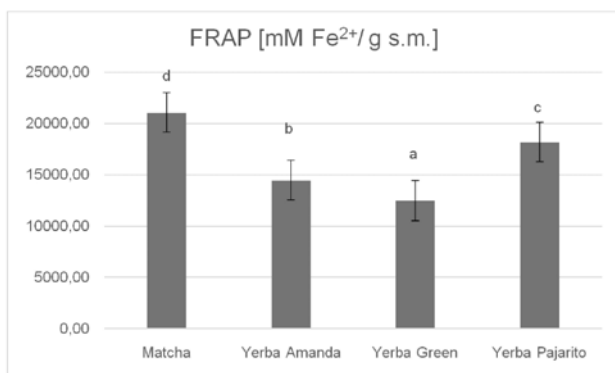
Przeprowadzona analiza zdolności do redukcji jonów żelaza metodą FRAP wykazała zróżnicowaną aktywność antyoksydacyjną w zależności od pochodzenia yerba mate, a wyniki te korelują z wynikami uzyskanymi metodą DPPH. W badaniach wykazano, że zdolność redukcyjna yerba mate brazylijskiej wynosiła 12 466,43 mM Fe²⁺/g suchej masy, yerba mate argentyńskiej osiągnęła wartość 14 447,98 mM Fe²⁺/g suchej masy, natomiast yerba mate paragwajska wykazała najwyższą aktywność na poziomie 18 172,86 mM Fe²⁺/g suchej masy. Wszystkie wartości różniły się statystycznie ($p < 0,05$), co potwierdza istotny wpływ pochodzenia surowca na zdolność antyoksydacyjną ocenianą za pomocą tej metody. Szczególnie wysoka zdolność redukcyjna yerba mate paragwajskiej może wynikać z różnic w przetwarzaniu lub dojrzewaniu surowca, co mogło wpłynąć na wyższą zawartość związków fenolowych i innych substancji bioaktywnych odpowiedzialnych za właściwości redukcyjne.

Chociaż wyniki uzyskane w analizach ABTS i FRAP wskazują na najwyższą aktywność w yerba mate paragwajskiej, zauważalna jest różnica w porównaniu do wyników dla yerba mate brazylijskiej i argentyńskiej. Dla metody ABTS yerba mate brazylijska wykazuje średnią aktywność, natomiast dla metody FRAP yerba mate brazylijska miała najniższą aktywność redukcyjną. Może to sugerować, że różne mechanizmy anty-

⁶¹ C.H. Blum-Silva, V.C. Chavesa, E.P. Schenkela, G.C. Coelho, F.H. Reginatto, *The influence of leaf age on methylxanthines, total phenolic content, and free radical scavenging capacity of Ilex paraguariensis aqueous extracts*, „Revista Brasileira de Farmacognosia” 2015, nr 45.



Ryc. 3. Aktywność antyoksydacyjna oznaczona metodą ABTS [Troloq eq. mg/g s.m.]
*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$ (test Tukeya)



Ryc. 4. Zdolność substancji do redukcji jonów żelaza Fe³⁺ do Fe²⁺ FRAP [mM Fe²⁺/g s.m.]
*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$ (test Tukeya)

oksydacyjne są zaangażowane w zdolność yerba mate do neutralizowania wolnych rodników i redukcji jonów żelaza. ABTS i FRAP oceniają różne aspekty aktywności antyoksydacyjnej, więc różnice w wynikach mogą wynikać z różnej zawartości i biodostępności składników bioaktywnych (takich jak polifenole, flawonoidy czy taniny), które angażują się w te procesy w odmienny sposób. Różnice te mogą również wynikać z metodologicznych aspektów obu testów: podczas gdy ABTS mierzy ogólną zdolność neutralizowania rodników, FRAP koncentruje się na zdolności do redukcji żelaza, co może być zależne od innych czynników chemicznych i właściwości surowca.

Podsumowanie

Podsumowując, wyniki przeprowadzonych analiz jednoznacznie potwierdzają, że zarówno matcha, jak i yerba mate odznaczają się wysoką aktywnością antyoksydacyjną, co czyni je cennymi elementami diety wspomagającej walkę z wolnymi rodnikami. Spośród badanych obiektów to właśnie matcha, dzięki sproszkowanej formie i specyficznemu procesowi uprawy, prezentowała najwyższą aktywność spośród badanych próbek. Przebieg uprawy powoduje zwiększoną syntezę chlorofilu i L-teaniny, związków o silnym potencjale biologicznym. Wysoka zawartość polifenoli, flawonoidów oraz innych bioaktywnych składników, takich jak wspomniana L-teanina czy chlorofil, przekłada się na silne właściwości ochronne matchy względem stresu oksydacyjnego. Związki te mogą wspierać organizm w profilaktyce oraz łagodzeniu przebiegu chorób związanych z nadmiarem wolnych rodników, takich jak nowotwory, choroby układu krążenia czy neurodegeneracyjne, m.in. choroba Alzheimera i Parkinsona⁶².

Również yerba mate, mimo odmiennego pochodzenia botanicznego oraz odmiennych tradycji spożycia, wykazuje znaczącą aktywność antyoksydacyjną. Jej działanie wynika przede wszystkim z obecności licznych związków fenolowych, takich jak kwas chlorogenowy, a także kofeiny, teobrominy i saponin, które przyczyniają się do wzmacniania naturalnych mechanizmów obronnych organizmu. Regularne spożywanie naparu z yerba mate może zatem wspierać ochronę komórek przed uszkodzeniami oksydacyjnymi i zredukować ryzyko wystąpienia schorzeń przewlekłych o podłożu zapalnym i wolnorodnikowym⁶³.

Ponadto warto zauważyć, że zarówno matcha, jak i yerba mate są głęboko zakorzenione w tradycjach kulturowych swoich regionów pochodzenia, co dodatkowo podkreśla ich unikalność. Matcha stanowiła przez wieki integralny element japońskiej ceremonii herbacianej, będąc napojem duchowej kontemplacji i harmonii, zarezerwowanym dla klas wyższych, samurajów i mnichów zen⁶⁴. Z kolei yerba mate, pierwotnie traktowana przez Indian Guarani jako święte ziele i źródło życiodajnej energii⁶⁵, stała się z czasem symbolem wspólnoty, przyjaź-

⁶² M.V. Ramirez-Mares, S. Chandra, E.G. de Mejia, op. cit.; K. Kurleto, G. Kurowski, B. Laskowska, M. Malinowska, E. Sikora, O. Vogt, op. cit.; H. Horie, K., Sumikawa O. Sumikawa, op. cit.

⁶³ M.V. Ramirez-Mares, S. Chandra, E.G. de Mejia, op. cit.

⁶⁴ A. Wolf, G.A. Bray, B.M. Popkin, op. cit.

⁶⁵ J. Florczak, A. Karmańska, A. Wędzisz, E. Brożek, op. cit.; P. Lutomski, M. Goździewska, M. Florek-Łuszczki, op. cit.

ni i gościnności, obecnym w codziennych i rytualnych aspektach życia społecznego Ameryki Południowej⁶⁶.

W świetle przedstawionych wyników oraz bogatej tradycji konsumpcji obu naparów, zarówno matcha, jak i yerba mate mogą być postrzegane nie tylko jako źródło przyjemności smakowej, ale również jako element profilaktyki zdrowotnej, w pełni wpisujący się w założenia dietyki funkcjonalnej i holistycznego podejścia do zdrowia.

Bibliografia

- Baba Y., Inagaki S., Nakagawa S., Kobayashi M., Kaneko T., Takiha-
ra T., *Effects of daily matcha and caffeine intake on mild acute
psychological stress-related cognitive function in middle-aged and
older adults: a randomized placebo-controlled study*, „Nutrients”
2021, nr 13, <https://doi.org/10.3390/nu13051700>.
- Bastos D.H.M., De Oliveira D.M., Matshumoto R.L.T., De Oliveira Ca-
rvalho P., Ribeiro M.L., *Yerba maté: Pharmacological properties,
research and biotechnology*, „Medicinal and Aromatic Plant Scien-
ce and Biotechnology” 2007, nr 1, s. 37–46.
- Benzie I.F., Strain J.J., *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP)
as a Measure of “Antioxidant Power”: the FRAP Assay*, „Analytical
Biochemistry” 1996, nr 239(1), s. 70–76.
- Bixby M., Spieler L., Menini T., Gugliucci A., *Ilex paraguariensis extracts
are potent inhibitors of nitrosative stress: a comparative study with
green tea and wines using a protein nitration model and mamma-
lian cell cytotoxicity*, „Life Sciences” 2005, nr 77, s. 345–358.
- Blum-Silva C.H., Chavesa V.C., Schenkela E.P., Coelhob G.C., Reginat-
toa F.H., *The influence of leaf age on methylxanthines, total phe-
nolic content, and free radical scavenging capacity of Ilex paragu-
ariensis aqueous extracts*, „Revista Brasileira de Farmacognosia”
2015, nr 45, <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.01.002>.
- Bracesco N., Dell M., Rocha A., Behtas S., Menini T., Gugliucci A.,
Nunes E., *Antioxidant activity of a botanical extract preparation
of Ilex paraguariensis: prevention of DNA double-strand breaks
in Saccharomyces cerevisiae and human low-density lipoprotein
oxidation*, „The Journal of Alternative and Complementary Medi-
cine” 2003, nr 9, s. 379–387.
- Cardozo Junior E.L., Morand C., *Interest of Mate (Ilex Paraguariensis
A. St.-Hil.) as a New Natural Functional Food to Preserve Human*

⁶⁶ R. Przybyłok, op. cit.

- Cardiovascular Health – A Review*, „Journal of Functional Foods” 2016, nr 21, s. 440–454, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.12.010>.
- Chacko S.M., Thambi P.T., Kuttan R., Nishigaki I., *Beneficial effects of green tea: a literature review*, „Chinese Medical Journal” 2010, nr 5, s. 13, <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-13>.
- Chandra S., Mejia E., *Polyphenolic compounds, antioxidant capacity, and quinone reductase activity of an aqueous extract of Ardisia compressa in comparison to mate (Ilex paraguariensis) and green (Camellia sinensis) teas*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2004, nr 52, s. 3583–3589.
- Colpo A.C., Ros H., Lima M.E., Pazzini C.E.F., de Camargo V.B., Basante F.E.M., Puntel R., Ávila D.S., Mendez A., Folmer V., *Yerba mate (Ilex paraguariensis St. Hill.) – based beverages: How successive extraction influences the extract composition and its capacity to chelate iron and scavenge free radicals*, „Food Chemistry” 2016, nr 209, s. 185–195.
- Da Silveira T.F.F., Meinhart A.D., De Souza T.C.L., Teixeira Filho J., Godoy H.T., *Phenolic Compounds from Yerba Mate Based Beverages – A Multivariate Optimisation*, „Food Chemistry” 2016, nr 190, s. 1159–1167, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.031>.
- Dudonné S., Witrac X., Coutière P., Woillez M., Mérillon J.M., *Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2009, nr 57(5), s. 1768–1774.
- Esmelindro M.C., Toniazzo G., Waczuck A., Dariva C., *Caracterização físico-química da erva-maté: influência das etapas do processamento industrial*, „Ciência e Tecnologia de Alimentos” 2002, nr 22, s. 193–204.
- Farooq S., Sehgal A., *Antioxidant activity of different forms of green tea: loose leaf, bagged and matcha*, „Current Research in Nutrition and Food Science” 2018, nr 6, s. 35–40, <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.1.04>.
- Florczak J., Karmańska A., Wędzisz A., Brożek E., *Skład chemiczny suszu różnego gatunku yerba mate*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2011, nr 4, s. 1105–1110.
- Fujioka K., Iwamoto T., Shima H., Tomaru K., Saito H., Ohtsuka M., Yoshidome A., Kawamura Y., Manome Y., *The Powdering Process with a Set of Ceramic Mills for Green Tea Promoted Catechin Extraction and the ROS Inhibition Effect*, „Molecules” 2016, nr 21, s. 474.

- Gawron-Gzella A., Chanaj-Kaczmarek J., Cielecka-Piontek J., *Yerba Mate – A Long but Current History*, „Nutrients” 2021, nr 13(3706), <https://doi.org/10.3390/nu13113706>.
- Gugliucci A., Stahl A.J., *Low-density lipoprotein oxidation is inhibited by extracts of Ilex paraguariensis*, „Biochemistry and Molecular Biology International” 1995, nr 35, s. 47–56.
- Gugliucci A., *Antioxidant effects of Ilex paraguariensis: induction of decreased oxidability of human LDL in vivo*, „Biochemical and Biophysical Research Communications” 1996, nr 2, s. 338–344.
- Heck C.I., de Mejia E.G., *Yerba Mate Tea (Ilex paraguariensis): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations*, „Journal of Food Science” 2007, nr 72(9), november, s. R138–151.
- Horie H., Ema K., Sumikawa O., *Chemical components of matcha and powdered green tea*, „Journal of Cookery Science of Japan” 2017, nr 50, s. 182–188, <https://doi.org/10.11402/cookeryscience.50.182>.
- Janda K., Jakubczyk K., Łukomska A., *Effect of the Yerba mate (Ilex paraguariensis) brewing method on the content of selected elements and antioxidant potential of infusions*, „Polish Journal of Chemical Technology” 2020, nr 22, s. 54–60, <https://doi.org/10.2478/pjct-2020-0008>.
- Kaneko S., Kumazawa K., Masuda H., Henze A., Hofmann T., *Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry” 2006, nr 54, s. 2688–2694, <https://doi.org/10.1021/jf0525232>.
- Komes D., Horžić D., Belščak A., Ganić K., Vulić I., *Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds*, „Food Research International” 2010, nr 43, s. 167–176, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.022>.
- Kurleto K., Kurowski G., Laskowska B., Malinowska M., Sikora E., Vogt O., *Influence of brewing conditions on antioxidant content in different kinds of tea infusions*, „Wiadomości Chemiczne” 2013, nr 67, s. 11–12, <https://www.researchgate.net/publication/275953114>.
- Lutomski P., Goździewska M., Florek-Łuszczki M., *Health Properties of Yerba Mate*, „Annals of Agricultural and Environmental Medicine” 2020, nr 27, s. 310–313, <https://doi.org/10.26444/aaem/119994>.
- Molyneux P., *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*, „Songklanakarin Journal of Science and Technology” 2004, nr 26(2), s. 211–219.

- Ożarowski A., Rumińska A., Suchorska K., Węglarz Z., *Leksykon roślin leczniczych*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1990.
- Przybyłok R., *Yerba mate w tydzień*, Nasza Księgarnia, Warszawa, 2019.
- Ramirez-Mares M.V., Chandra S., de Mejia E.G., *In vitro chemopreventive activity of Camellia sinensis, Ilex paraguariensis and Ardisia compressa tea extracts and selected polyphenols*, „Mutation Research” 2004, nr 554, s. 53–65.
- Resende M.D.V., Sturion J.A., Carvalho A.P., *Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones*, „Colombo: Embrapa-CNPQ” 2000, Circular Técnica, nr 43, s. 65.
- Snyder M., Clum L., Zulaica A.V., *Matcha. Cudowna herbata*, Wydawnictwo Vital, Białystok 2018.
- Sohail A.A., Ortiz F., Varghese T., Fabara S.P., Batth A.S., Sandesara D.P., Sabir A., Khurana M., Datta S., Patel U.K., *The cognitive-enhancing outcomes of caffeine and L-theanine: a systematic review*, „Cureus” 2021, nr 13, <https://doi.org/10.7759/cureus.20828>.
- Sparg S.G., Lighat M.E., van Staden J., *Biological activities and distribution of plant saponins*, „Journal of Ethnopharmacology” 2004, nr 94, s. 219–243.
- Tachibana H., *Molecular basis for cancer chemoprevention by green tea polyphenol EGCG*. „Forum of Nutrition” 2009, nr 61, s. 156–169, <https://doi.org/10.1159/000212748>.
- Wolf A., Bray G.A., Popkin B.M., *A short history of beverages and how our body treats them*, „Obesity Reviews” 2008, nr 9, s. 151–164. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00389.x>.
- Xu P., Ying L., Hong G., Wang Y., *The effects of the aqueous extract and residue of Matcha on the antioxidant status and lipid and glucose levels in mice fed a high-fat diet*, „Food & Function” 2016, nr 7, s. 294–300, <https://doi.org/10.1039/c5fo00828j>.
- Zheng X.-X., Xu Y.-L., Li S.-H., Hui R., Wu Y.-J., Huang X.-H., *Effects of green tea catechins with or without caffeine on glycemic control in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials*, „The American Journal of Clinical Nutrition” 2013, nr 97, s. 750–762, <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.032573>.
- Zhou J., Yu Y., Ding L., Xu P., Wang Y., *Matcha green tea alleviates non-alcoholic fatty liver disease in high-fat diet-induced obese mice by regulating lipid metabolism and inflammatory responses*, „Nutrients” 2021, nr 13, <https://doi.org/10.3390/nu13061950>.