

LESŁAW JUSZCZAK, AGNIESZKA CABAJ

## PROPOLIS JAKO FUNKCJONALNY SKŁADNIK ŻYWNOSCI

### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Propolisem określa się żywiczną substancję zbieraną przez pszczoły miodne (*Apis mellifera*) z różnych źródeł roślinnych. Powszechnie jest on nazywany kitem pszczelim i wykorzystywany jest przez pszczoły do ochrony ula. Ponieważ propolis zawiera liczne wtórne metabolity roślinne, jego rodzaj jest ściśle powiązany z gatunkiem rośliny z której pochodzi. W propolisie zidentyfikowano kilkaset substancji chemicznych, wśród których należy wymienić: substancje żywiczne i balsamiczne, woski, olejki eteryczne, pyłek kwiatowy oraz garbniki. Propolis najczęściej jest wykorzystywany do leczenia i dezynfekcji skóry, leczenia schorzeń uszu, jamy ustnej, gardła, zatok, jako środek przeciwgrzybiczy, przeciwzapalny i przeciwbólowy. Pobudza układ odpornościowy, łagodzi stany zapalne górnych dróg oddechowych. Wykazuje właściwości przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe. Propolis przeciwdziała hemoroidom, ułatwia regenerację błony śluzowej, przyspiesza gojenie ran i owrzodzeń, działa także przeciwzapalnie, znieczulająco i regenerująco. Ze względu na skład chemiczny i właściwości propolis może być również cennym surowcem dla przemysłu spożywczego. Celem niniejszej pracy było dokonanie przeglądu literatury na temat możliwości wykorzystania propolisu jako składnika żywności oraz ocena jego roli w środkach spożywczych.

**Wyniki i wnioski.** Propolis wykazuje silne działanie przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe, czyniąc go atrakcyjnym produktem naturalnym, który może być włączany do żywności jako składnik funkcjonalny. Wzbogacanie produktów spożywczych propolisem w celu poprawy wartości odżywczej, jakości i funkcjonalności żywności jest przedmiotem licznych badań, ze względu na jego naturalne pochodzenie i wielokierunkowe oddziaływanie. Wyniki publikowanych badań wykazały, że propolis może znaleźć zastosowanie w różnych środkach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje, w celu wydłużenia ich okresu przydatności do spożycia, zapobiegania utlenianiu lipidów i zapewnienia korzyści zdrowotnych konsumentów. Jednak liczne związki propolisu mają silny charakterystyczny smak i aromat, co powoduje zmiany właściwości sensorycznych żywności wzbogaconej w propolis.

**Słowa kluczowe:** propolis, składniki bioaktywne, aktywność przeciwutleniająca, składnik żywności

### Pochodzenie i działanie propolisu

Nazwa propolis pochodzi z połączenia grecki określeń: *pro* – przed, przy wejściu do, oraz *polis* – wspólnota lub miasto. Propolisem określa się żywiczną substancję zbieraną przez pszczoły miodne (*Apis mellifera*) z różnych źródeł roślinnych. Powszechnie jest on nazywany kitem pszczelim i wykorzystywany jest przez pszczoły do ochrony ula [6, 11]. Bariera zbudowana z propolisu chroni ul przed zakażeniem drobnoustrojami. Ponadto pszczoły wykorzystują propolis do pokrywania komórek plastra, w którym matka ma złożyć jaja oraz uśmiercone jadem szkodniki, które wdarły się do ula [6].

Surowcem do otrzymywania propolisu są substancje żywiczne, które pszczoły zbierają z liści, pąków kwiatowych i łodyg oraz z pęknięć w korze wielu gatunków drzew. Zebrany materiał po przeniesieniu do ula jest wzbogacany o enzymy ślinowe pszczół i przetwarzany, a następnie mieszany z woskiem pszczelim [43]. W temperaturze otoczenia, propolis jest materiałem o twardej, łamliwej i kruchej strukturze, a po podgrzaniu jest miękki, elastyczny i lepki [11, 29]. Surowy propolis (ryc. 1) jest mieszaniną wosku, kitu pszczelego, pierzgi, pyłku, wydzielin gruczołowych i zanieczyszczeń mechanicznych.



Rycina 1. Propolis surowy [fotografia własna]

Figure 1. Raw propolis [own photography]

Propolis wykazuje silny aromatyczny zapach i zróżnicowane zabarwienie: od zielonkawej poprzez czerwoną i brązową do nawet czarnej [54]. Skład chemiczny i właściwości organoleptyczne propolisu zależą od wielu czynników, w tym od botanicznego pochodzenia surowca, pory roku oraz warunków klimatycznych, a także samego gatunku pszczół [29, 43, 44]. Ponieważ propolis zawiera liczne wtórne metabolity roślinne, jego rodzaj jest ściśle powiązany z gatunkiem rośliny, z której pochodzi [43]. Do najbardziej znanych typów należą propolis z topoli (*Populus* spp.) typowy dla ob-

szarów Europy i Ameryki Północnej, z brzozy (*Betula verrucosa* Ehrh.) występujący na obszarach Rosji, propolis zielony (*Baccharis* spp.) i czerwony (*Dalbergia* spp.) charakterystyczne dla krajów Ameryki Południowej, propolis śródziemnomorski z roślin cyprysowatych (*Cupressaceae*) oraz typ Pacyfik (*Macaranga tonarius*) występujący w krajach Region Pacyfiku. W strefie umiarkowanej do roślin propolisodajnych zalicza się różne gatunki topoli (*Populus nigra*, *Populus tremula*, *Populus nigra* var. *pyramidalis*) i brzozy (*Betula pendula*, *Betula pubescens*), a także olchę czarną (*Alnus glutinosa*), kasztanowiec (*Aesculus* L.), buk (*Fagus silvatica*), wiąz (*Ulmus* sp.), sosnę (*Pinus* sp.) oraz winorośl [43].

Podstawowym problemem w produkcji handlowych preparatów na bazie propolisu jest zmienność i różnorodność składu co powoduje znaczne trudności w standaryzacji. Ponieważ surowy propolis zawiera w swym składzie liczne zanieczyszczenia, w tym wosk, fragmenty drewna, martwe owady i in., w pierwszej kolejności musi być on oczyszczony. Na tym etapie należy usunąć zanieczyszczenia przy zachowaniu frakcji polifenolowej [43]. Propolis dobrze rozpuszcza się w etanolu [15, 43] więc do ekstrakcji najczęściej stosuje się ten rozpuszczalnik z dodatkiem wody, która dodatkowo rozpuszcza niewielką część składników. Ekstrakty propolisu, można otrzymywać na drodze maceracji lub ekstrakcji metodą Soxhleta [15]. Proces ekstrakcji można wspomagać również ultradźwiękami [8, 51]. Jednak najbardziej nowatorskim sposobem jest ekstrakcja propolisu dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym [8, 15].



Rycina 2. Oczyszczony i zagęszczony etanolowy ekstrakt propolisu [fotografia własna]

Figure 2. Purified and concentrated ethanolic propolis extract [own photography]

Oczyszczony propolis (ryc. 2) jest wykorzystywany w różnych formach. Może on być składnikiem gotowych preparatów farmaceutycznych lub półproduktem do produkcji leków, kosmetyków lub produktów spożywczych [42]. Propolis najczęściej jest wykorzystywany w postaci roztworów alkoholowych lub bezalkoholowe np. do leczenia i dezynfekcji skóry, leczenia schorzeń uszu, chorób tęczówki i twardówki, w scho-

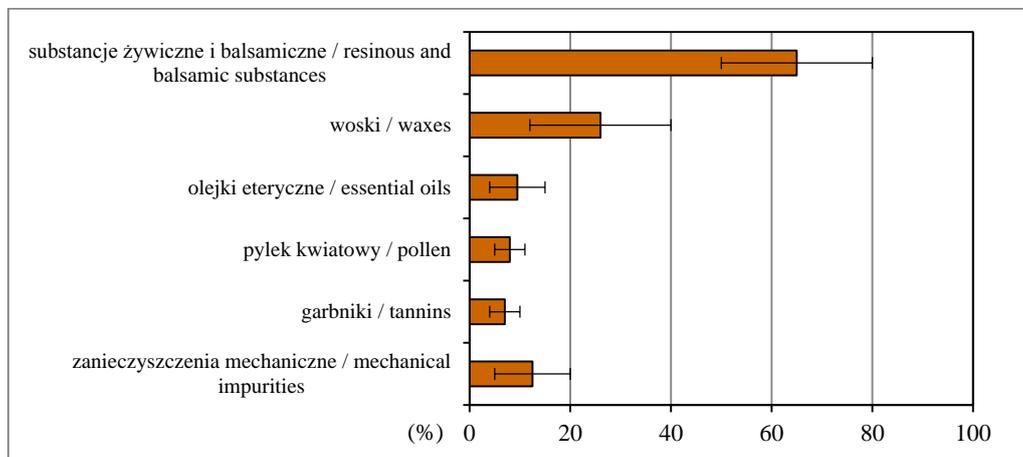
rzeniach jamy ustnej, gardła, zatok szczękowych, jako środek przeciwwirusowy, przeciwbólowy, przeciwbakteryjny i jest stosowany przy zakażeniu dróg oddechowych, wspomaga leczenie zapalenia gardła, krtani, migdałków [6, 16]. Propolis w postaci tabletek pobudza układ odpornościowy, łagodzi stany zapalne górnych dróg oddechowych. Z kolei w formie aerozolu, wykazuje właściwości przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe i jest stosowany przy zakażeniu dróg oddechowych, wspomaga leczenie zapalenia gardła, krtani, migdałków [6, 16]. Propolis w postaci maści polecany jest do pielęgnacji ran z brakiem naskórka oraz przy trudno gojących się ranach i oparzeniach. Propolis w postaci pudru stosowany jest na otarcia skóry, rany oparzeniowe, ropne zapalenia skóry i grzybice, owrzodzenia odleżynowe lub żylakowate oraz jako środek do utrzymania higieny stóp. Propolis w formie czopków przeciwdziała hemoroidom, ułatwia regenerację błony śluzowej, przyspiesza gojenie ran i owrzodzeń, działa także przeciwbakteryjnie, znieczulająco i regenerująco [16].

### Skład chemiczny propolisu

Skład chemiczny propolisu jest zmienny, a różnice mogą występować nawet pomiędzy produktem zebrany z sąsiednich pasiek [32]. Ze względu na to, że propolis pochodzi z różnych miejsc geograficznych, obserwuje się również między nimi istotne różnice w składzie chemicznym [27, 43]. Propolis pochodzący z Europy i Chin odznacza się zróżnicowanym profilem flawonoidów oraz estrów kwasów fenolowych, natomiast propolis pochodzący z Brazylii charakteryzuje się znaczną zawartością terpenoidów i prenylowanych pochodnych kwasów kumarowych, z kolei propolis śródziemnomorski wykazuje dużą zawartość diterpenoidów pochodzących z roślin *Cupressus* oraz *Pinus*. Dostępne wyniki badań naukowych wskazują, że w propolisie zidentyfikowano kilkaset substancji chemicznych [27, 29, 32]. Główne grupy składników surowego propolisu obejmują (ryc. 3): substancje żywiczne i balsamiczne 50 ÷ 80 %, woski 12 ÷ 40 %, olejki eteryczne 4 ÷ 15 %, pyłek kwiatowy 5 ÷ 11 %, garbniki 4 ÷ 10 % oraz zanieczyszczenia mechaniczne 5 ÷ 20 % [29, 32, 33].

W skład substancji żywicznych wchodzi m.in. kwasy organiczne, natomiast balsamy obejmują terpenoidy i aldehydy aromatyczne [33]. Dzięki olejkom eterycznym (m.in.  $\beta$ -cymen, limonen,  $\alpha$ -pinen eucaliptol) propolis posiada charakterystyczny aromat oraz mocno piekący i gorzkawy smak [7]. Substancje woskowe charakteryzują się jasną barwą i często miękką teksturą, a w ich składzie występują estry, kwasy tłuszczowe i wolne węglowodory. Propolis zawiera w swym składzie niewielkie ilości substancji azotowych pochodzących głównie z pyłku kwiatowego, który jest również źródłem niektórych witamin oraz makro- i mikroelementów, z których najważniejszymi są potas, magnez, glin, miedź, mangan, krzem, kobalt i cynk [29, 32, 33].

Najważniejszymi składnikami propolisu są związki fenolowe (tab. 1), zawierające w swojej strukturze pierścień aromatyczny oraz co najmniej jedną grupę hydroksylową [27, 32, 44]. Ważną grupą związków fenolowych są flawonoidy. Wykazują one silne



Rycina 3. Główne grupy składników propolisu surowego [29, 32, 33]

Figure 3. Main groups of raw propolis ingredients [29, 32, 33]

działanie przeciwutleniające, dezaktywują wolne rodniki oraz chelatują jony żelaza i miedzi, które indukują proces utleniania. Ponadto działają przeciwnowotworowo, a niektóre zwiększają skuteczność leków stosowanych w chemioterapii [15]. Wykazują aktywność przeciwzapalną i przeciwalergiczną, m.in. hamują syntezę mediatorów zapalnych i uniemożliwiają uwalnianie histaminy, łagodzą objawy menopauzy, wykazują działanie przeciwmiażdżycowe, obniżają ciśnienie krwi, wzmacniają i uelastyczniają ściany naczyń krwionośnych, wspomagając leczenie żylaków i hemoroidów, wykazują działanie przeciwcukrzycowe, działają przeciwwirusowo, moczopędnie oraz hepatoprotekcyjnie, mają zastosowanie w profilaktyce chorób neurodegeneracyjnych [15, 44, 45].

Zawartość związków fenolowych uważana jest za kryterium oceny jakości propolisu pochodzącego z klimatu umiarkowanego. Szczególne dużą aktywność biologiczną przypisuje się estrom aromatycznym (np. ester benzyłowy kwasu p-kumarowego, ester pentenyłowy i fenetyłowy kwasu kawowego) oraz terpenom [15, 44]. Lotne związki propolisu należą do drugorzędnych metabolitów roślinnych i zwierzęcych i można je podzielić na cztery kategorie: terpeny, pochodne aminokwasów, pochodne kwasów tłuszczowych i związki fenylopropanoidowe lub benzenoidowe. Najważniejsze i najwcześniej zidentyfikowane lotne związki propolisu to: alkohol benzyłowy, kwas benzoowy, wanilina i eugenol [7].

Tabela 1. Główne związki fenolowe propolisu [15, 29, 32, 33, 44]

Table 1. Main phenolic compounds of propolis [15, 29, 32, 33, 44]

fenole proste		hydroksybenzen
kwasy fenolowe	p-hydroksykwas	p-hydroksybenzoesowy, prokatechowy, galusowy wanilinowy, syryngowy
	o-hydroksykwas	salicylowy, o-pirokatechowy, gentyzynowy
kwasy fenylooctowe		fenylooctowy, 4-(hydroksymetylo) fenylooctowy
kwasy hydroksycynamonowe		p-kumarowy, ferulowy, kawowy i synapinowy
kumaryny, izokumaryny o szkielecie węglowym C6-C3		kumaryna, hydroksykumaryna
flawonoidy o szkielecie węglowym C6-C3-C6	flawony	luteolina, apigenina, chryzyna, apigenina
	izoflawony	genisteina, glicyteina
	flawanony	hesperydyna, naringenina, naryngina, pinocembryna, pinostro-bina
	flawonole	kwercetyna, kampferol, mircetyna, galangina, kemferyd
	flawanonole	pinobanksyna
	flawanole	katechyna, epikatechyna, epigallokatechyna, tefalwina
	antocyjanidyny	cyjanidyna, delfinidyna, malwidyna, pelargonidyna, peonidyna, petunidyna
	chalkony i auryony	trihydroksychalkon izolikwirytygina

## Właściwości i zastosowanie propolisu

### *Działanie przeciwdrobnoustrojowe*

Przeciwdrobnoustrojowe działanie propolisu obejmuje aktywność przeciwbakteryjną, przeciwwirusową, przeciwgrzybiczą i przeciwpierwotniakową [1, 11, 16, 50, 52]. Propolis wykazuje dużą aktywność przeciwbakteryjną wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, tlenowych i beztlenowych. W pierwszym etapie oddziaływania uszkadza on strukturę błony cytoplazmatycznej i ściany bakteryjnej, a w kolejnym atakuje materiał genetyczny komórek, co w efekcie prowadzi do dezintegracji i fragmentacji DNA. Efektywność takiego działania zależy od pochodzenia i stężenia propolisu, rodzaju szczepu bakteryjnego i czasu ekspozycji [16, 19]. Aktywność przeciwbakteryjna propolisu jest silnie związana z dużą zawartością polifenoli, a szczególne właściwości wykazują estry etylowe kwasu kawowego oraz cynamonowego i estry fenylometylowe kwasu benzoowego [1, 50, 52]. Udokumentowano również, że propolis powoduje wzrost wrażliwości szczepów bakteryjnych na różne antybiotyki [16, 19].

Aktywność przeciwwirusowa propolisu związana jest z możliwością niszczenia otoczki lipidowej wirusa, powodując uszkodzenia DNA oraz jego autolizę. Propolis wykazuje dużą aktywność wobec wirusów opryszczki oraz grypy. Stwierdzono również wyraźne zahamowanie rozprzestrzeniania się wirusów upośledzenia odporności (HIV), polio oraz ospy [16]. Propolis wspomaga również łagodzenie skutków procesów infekcji SARS-CoV-2 i choroby COVID-19. W tych przypadkach może być sto-

sowany, jako nutraceutyk lub składnik żywności funkcjonalnej. Oprócz działania przeciwwirusowego, propolis sprzyja immunoregulacji cytokin prozapalnych, zmniejszając ryzyko wystąpienia hipercytokinemii, która jest groźnym elementem zaawansowanego Covid-19. Ponadto wykazano, że takie składniki propolisu jak chryzyna i kempferol hamują replikację wirusów DNA i RNA, w tym koronawirusa. Z kolei ester fenetylowy kwasu kawowego (CAPE), jest naturalnym blokerem enzymu PAK1 (aktywowana kinaza 1P21), przez co może korzystnie redukować skutki zakażenia Covid-19, takie jak zwłóknienie płuc [30].

Propolis wykazuje również aktywność przeciwgrzybiczną w stosunku do grzybów patogennych dla człowieka. W takich przypadkach propolis stosowany jest głównie miejscowo w zakażeniach skóry i błon śluzowych [16, 36]. Stwierdzono, że etanolowy ekstrakt propolisowy wykazywał wysoką aktywność przeciwgrzybiczą wobec *C. albicans*, *C. krusei* i *C. glabrata* oraz hamował wzrost *Candida* oraz innych grzybów skórnych [16]. Natomiast aktywność przeciwpiętowatniakowa związana jest z jego wpływem na pierwotniaki powodujące choroby u ludzi i zwierząt, jak np. toksoplazmoza, choroba Chagasa, lamblioza i leiszmanioza [30, 36].

#### *Działanie przeciwutleniające*

Wiele jednostek chorobowych jest związanych ze wzrostem zawartości wolnych rodników w organizmie człowieka. Są to między innymi choroby neurologiczne, sercowo-naczyniowe, osteoporoza, cukrzyca, nowotwory i inne [31]. Skutecznym środkiem zapobiegającym i zwalczającym tego typu schorzenia są substancje bogate w związki polifenolowe. Ponieważ propolis w swoim składzie zawiera około 50 bioflawonoidów, można go zakwalifikować do grupy naturalnych produktów o działaniu przeciwutleniającym [11, 15, 37].

Związki fenolowe, w tym flawonoidy, są składnikami odpowiedzialnymi za aktywność przeciwutleniającą propolisu. Wychwytyją one wolne rodniki i dzięki temu chronią tłuszcze oraz inne związki, np. witaminę C, przed utlenieniem lub zniszczeniem przez stres oksydacyjny. Właściwości przeciwutleniające propolisu wynikają również z jego aktywności przeciwrodnikowej i hamującego działania na jon miedzi, który odpowiada za inicjację utleniania lipoprotein o małej gęstości. Siła działania polifenoli zależy od położenia i liczby podstawników w cząsteczce. Im więcej grup hydroksylowych posiada cząsteczka, tym silniejsza zdolność przeciwutleniająca polifenoli. Propolis oprócz flawonoidów zawiera również kwasy fenolowe, aminokwasy, terpeny, steroidy, aldehydy i ketony [27, 42].

#### *Działanie przeciwzapalne i immunostymulujące*

Stany zapalne mogą być wywoływane przez różne czynniki, do których można zaliczyć: zakażenia, reakcje immunologiczne, urazy mechaniczne czy zmiany zwyrodnieniowe.

nieniowe w układzie kostno-stawowym. Działanie przeciwzapalne propolisu związane jest głównie z hamowaniem wytwarzania prostaglandyn w procesie zapalnym oraz blokowaniem aktywności innych mediatorów stanu zapalnego np. cytokiny, wolnych rodników lub enzymów proteolitycznych [16].

Układ immunologiczny zapewnia integralność tkanek organizmu, kontroluje homeostazę i chroni organizm przed zakażeniami. Dysfunkcje układu immunologicznego, szczególnie o charakterze polekowym skutkują nawracającymi i przewlekłymi infekcjami, skłonnością do alergii i występowania chorób autoagresywnych. Aktywność immunostymulująca propolisu polega na zwiększeniu syntezy przeciwciał, stymulacji produkcji i aktywności makrofagów, wzroście aktywności przeciwwirusowej interferonu oraz aktywacji grasicy. W konsekwencji działanie propolisu, zwiększa ogólną odporność organizmu na czynniki chorobotwórcze [16, 63].

#### *Działanie przeciwnowotworowe*

Obecnie nowotwory są główną przyczyną zgonów na świecie. Nowotwór może mieć przyczyny endogenne, np. odziedziczone hormony, mutacje i stany odpornościowe i są one nieuniknione, ale posiada również przyczyny egzogenne, jak np. stosowana dieta, używki, skażenie środowiska, promieniowanie. Propolis charakteryzuje się działaniem przeciwnowotworową, zarówno w testach *in vitro* jak i *in vivo* [16, 22]. Dużą rolę odgrywa tutaj pochodzenie propolisu, a więc jego skład chemiczny. Wykazano, że za zahamowanie wzrostu komórek nowotworowych odpowiadają przede wszystkim ester fenetylowy kwasu kawowego (CAPE) oraz artepilina C (kwas 3,5-diprenylo-4-hydroksy-cynamonowy) [33]. Mechanizmy ich działania polega na hamowaniu ekspresji białek biorących udział w procesie nowotworzenia, jak np. cykliny D1 i  $\beta$ -kateniny. Jednak warunkiem działania tych substancji jest synergizm wszystkich składników propolisu o charakterze przeciwnowotworowym [16].

Stwierdzono, że propolis może wywołać apoptozę, czyli proces fizjologiczny konieczny do właściwego działania organizmów wielokomórkowych, polegający na eliminacji komórek starych, uszkodzonych oraz zmienionych nowotworowo, a CAPE indukuje apoptozę, w której pośredniczą mitochondria. Propolis indukując apoptozę komórek nowotworowych może nie tylko redukować postęp nowotworu, ale i wzrost stopnia jego złośliwości [16, 22]. Artepilina C wykazuje działanie przeciwnowotworowe *in vitro* i *in vivo* i cytotoksyczne powodując zahamowanie wzrostu komórek nowotworowych. Znacznie uszkadza ona *in vitro* komórki białaczkowe i guza litego oraz silnie oddziałuje na czerniaka złośliwego. Stwierdzono również, że inne związki zawarte w propolisie, między innymi galangina, mają właściwości przeciwnowotworowe. Wykazano, że galangina może indukować apoptozę komórek czerniaka dzięki aktywacji kinazy białkowej oraz hamować *in vivo* wzrost guza i przerzutów w organizmie. Z tych względów propolis może być stosowany w terapii uzupełniającej w takich

chorobach jak: rak trzustki, czerniak złośliwy, guzy mózgu, szpiczak mnogi, rak piersi, rak prostaty, rak okrężnicy czy rak szyjki macicy [16].

### Zastosowanie propolisu

Propolis był wykorzystywany w medycynie ludowej już w czasach starożytnych jako środek przeciwgorączkowy i antybiotyk, w leczeniu dolegliwości skórnych, do dezynfekcji jamy ustnej, miejscowego leczenia błon śluzowych i ran skórnych oraz jako środek antyseptyczny. Ponadto redukuje on obrzęki, łagodzi stwardnienia, ból ścięgien i leczy rany. Od wieków propolis uznawany był za środek przeciwzapalny i immunomodulacyjny. Już w XII wieku propolis stosowano jako środek zaradczy przy infekcji jamy ustnej, gardła oraz próchnicy zębów [20, 31]. Poza głównym wykorzystaniem w celach medycznych, propolis był np. stosowany przez Stradivari jako składnik lakieru do pokrywania skrzypiec.

Propolis wykazuje właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, immunomodulujące i przeciwnowotworowe. Właściwości te są wykorzystywane w prewencji i leczeniu wielu schorzeń. Stwierdzono korzystny wpływ propolisu w chorobie wrzodowej żołądka i dwunastnic, chronicznym zapaleniu okrężnicy, stanach zapalnych żołądka i jelit, pęcherzyka żółciowego i dróg żółciowych. Jest to możliwe dzięki działaniu propolisu przeciwko *Helicobacter pylori* oraz Gram(-) pałeczkom odpowiadającym za przewlekły stan zapalny śluzówki i owrzodzenie dwunastnicy [16]. Ekstrakt propolisu może wzmocnić funkcję bariery jelitowej dzięki aktywacji kinazy białkowej aktywowanej monofosforanem adenozyliny i sygnalizacji kinazy regulowanej sygnałem pozakomórkowym, co ma potencjalne zastosowanie w ochronie zdrowia ludzkich jelit [14, 29].

Propolis znajduje zastosowanie jako środek przeciwko cukrzycy, w której patogenie kluczową rolę może odegrać stres oksydacyjny, który można ograniczyć dzięki zdolności przeciwutleniającej propolisu [16]. Wykazano, że podawanie ekstraktu propolisu poprawia profil lipidowy i reguluje poziom glukozy we krwi. Działanie to może opóźnić wystąpienie nefropatii cukrzycowej w organizmie [63]. Wiele wyników badań naukowych potwierdza pozytywny wpływ propolisu w chorobie Alzheimera, depresji i demencji. Dzięki pinocembrynie, kwercetynie i CAPE propolis może zapobiegać, powstrzymywać lub znacznie łagodzić skutki chorób Alzheimera oraz Parkinsona. Wykazano, że propolis chroni neurony hydroksylazy tyrozynowej w mózgu i zmniejsza czynniki neurotroficzne w chorobie Parkinsona [14, 29].

Ze względu na swoje zróżnicowane działanie propolis znajduje zastosowanie w prewencji i leczeniu chorób układu pokarmowego powiązanych z hiperfunkcją wydzielniczą żołądka oraz zmianami anatomicznymi błony śluzowej i jej stanem zapalnym. Korzystny wpływ propolisu stwierdzono w leczeniu wrzodów żołądka, dwunastnicy, w stanach zapalnych żołądka i jelit, chronicznym zapaleniu okrężnicy, w stanach

zapalnych pęcherzyka żółciowego oraz dróg żółciowych [16, 30]. Propolis ze względu na swoje działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe i przeciwbakteryjne jest stosowany do regulacji czynności przewodu pokarmowego i eliminacji *Helicobacter pylori*. W badaniach nad hepatoprotekcyjnym działaniem propolisu stwierdzono, że wykazuje on wyważony wpływ ochronny na komórki wątrobowe w warunkach intoksykacji lekami hepatoksycznymi, toksynami i procesami zwyrodnieniowymi, czego obrazem jest normalizacja enzymów wskaźnikowych uszkodzenia mięszu wątroby. Propolis stanowi również znakomite uzupełnienie leczenia stanów zapalnych dróg żółciowych ułatwiając transport oraz eliminację bilirubiny z równoczesnym efektem hipolipidemicznym i hipocholesterolem [16].

Propolis znalazł zastosowanie również w profilaktyce oraz leczeniu chorób układu żylnego. Wykazuje on działanie ochronne wobec kolagenu naczyń żylnych, zabezpiecza je przed szkodliwym wpływem ciepła, czynników chemicznych, toksycznych i mechanicznych, co pozwala na utrzymanie elastyczności naczyń krwionośnych. Ponadto ma zdolność do hamowania lipooksygenazy czyli enzymu biorącego udział w utlenianiu frakcji LDL, która po tym procesie bierze udział w tworzeniu płytek miażdżycowych. Propolis zwalcza także odczyn zapalny w obrębie żył, hamując uwalnianie mediatorów zapalenia, głównie wolnych rodników tlenowych i prostaglandyn. Dlatego wykazuje korzystny wpływ i normalizuje przepuszczalność włóściczek i wzmacnia ich oporność. Propolis działa silnie uszczelniająco i wzmacniająco na ściany drobnych naczyń krwionośnych, dzięki czemu ma zastosowanie jako środek zapobiegający krwotokom, wybroczynom i żyłakom [16, 40].

W dermatologii propolis jest szeroko stosowany w postaci maści i kremów. Jego zastosowanie w pielęgnacji skóry opiera się na właściwościach przeciwzapalnych, przeciwdrobnoustrojowych i promowaniu syntezy kolagenu [16]. Udowodniono, że propolis znacznie zmniejsza aktywność wolnych rodników w łożysku rany, co wspomaga proces naprawy. Ekstrakt propolisowy wykazuje skuteczność w leczeniu trądzika pospolitego. Wpływa również pozytywnie na metabolizm kolagenu w ranie w trakcie procesu gojenia, dzięki zwiększeniu ilości kolagenu w tkankach [16, 63]. Maść propolisowa wykazuje dużą przydatność w leczeniu ropnych chorób skóry, najczęściej wywołanych przez *Staphylococcus aureus*. Propolis znalazł również zastosowanie w leczeniu oparzeń i odmrożeń, a także innych schorzeń dermatologicznych w tym bakteryjnych grzybiczych i wirusowych zakażeń skóry, różnego rodzaju wyprysków skórnych oraz łuszczycy [61]. W schorzeniach laryngologicznych propolis wykorzystywany jest przy leczeniu nieżytu ostrego i chronicznego nosa, zapalenia krtani i zatok przynosowych [16]. W stomatologii istotne są właściwości przeciwbakteryjne i przeciwzapalne propolisu, dzięki czemu może być stosowany jako środek przeciw próchnicy zębów, zapaleniu dziąseł, owrzodzeniom, a także do płukania jamy ustnej chroniąc przed *S. mutans*. Ekstrakt propolisowy przyczynia się również do leczenia

halitozy, stanu odpowiedzialnego za nieprzyjemny oddech. Propolis znalazł również zastosowanie w leczeniu schorzeń ginekologicznych. Wymienić tu należy zapalenie pochwy (bakteryjne, grzybicze, rzęsistkowe), stany zapalne i nadżerki szyjki macicy, stany po zabiegach ginekologicznych oraz rany poporodowe [16].

### **Propolis jako składnik żywności**

Pomimo różnic w składzie chemicznym propolisu pochodzącego z różnych obszarów geograficznych, wykazuje on silne działanie przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe, czyniąc go atrakcyjnym surowcem naturalnym który może być włączany do żywności jako składnik funkcjonalny [28, 48]. Wzbogacanie produktów spożywczych propolisem w celu poprawy wartości odżywczej, jakości i funkcjonalności żywności jest przedmiotem licznych badań, ze względu na jego naturalne pochodzenie i wielokierunkowe oddziaływanie [28, 48]. Wyniki publikowanych badań wykazały, że propolis może znaleźć zastosowanie w różnych środowiskach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje i owoce morza, w celu wydłużenia okresu przydatności do spożycia, zapobiegania utlenianiu lipidów i zapewnienia korzyści zdrowotnych konsumentom. Jednak kwasy fenolowe i lotne związki propolisu mają silny charakterystyczny smak i zapach, co powoduje zmiany właściwości sensorycznych żywności, dlatego zastosowanie propolisu w produktach spożywczych jest nadal ograniczone. Przeciwdrobnoustrojowe właściwości propolisu oraz jego działanie przeciwutleniające wykorzystywano do poprawy jakości mikrobiologicznej burgerów i filetów rybnych, kielbas zwykłych i fermentowanych, pasztetów wołowych, mleka i napojów mlecznych, lodów, jogurtów, soków i oliwy z oliwek [28, 41, 48].

Najbardziej naturalnym sposobem włączenia propolisu do diety człowieka jest jego dodatek do miodu [25, 58, 59]. Stwierdzono, że dodatek ekstraktu propolisu do miodu przyczynił się do istotnego wzrostu zawartości związków polifenolowych, w tym flawonoidów i kwasów fenolowych, wśród których w największych ilościach występowały chryzyna i pinocembryna oraz kwas p-kumarowy i ferulowy. Wynikiem zwiększającego się dodatku ekstraktu propolisu i wzrostu zawartości związków polifenolowych był obserwowany wzrost aktywności przeciwutleniającej, przeciwrodnikowej i redukcyjnej [25, 58, 59]. Wzbogacenie miodu ekstraktem propolisu przyczyniło się jednak do pogorszenia właściwości sensorycznych. Nastąpiła zmiana barwy, zapachu, konsystencji oraz smakowitości. W przypadku barwy, zaobserwowano spadek jasności, klarowności i jednorodności natomiast wzrost mętności. W charakterystyce smaku stwierdzono wzrost odczucia zapachu woskowego, melasowego i obcego. W ocenie tekstury zaobserwowano spadek gładkości i rozplýwalności w ustach, przy niewielkim wzroście lepkości i adhezji. Natomiast ocena smaku wykazała wyraźny wzrost odczucia ostrości, kwaskowatości, gorzkości i uporczywości posmaku [25]. Dodatek propolisu do miodu nie miał dużego wpływu na zawartość cukrów,

HMF oraz przewodność właściwą. Zaobserwowano jednak istotny wzrost kwasowości wolnej oraz zawartości substancji nierozpuszczalnych w wodzie [25].

Badania wykazały, że propolis może być stosowany w różnych produktach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje i owoce morza, aby wydłużyć ich okres przydatności do spożycia, zapobiec utlenianiu lipidów i zapewnić konsumentom korzyści zdrowotne [3, 14, 46, 60, 64]. Vargas-Sanchez i wsp. [64] wykazali, że ekstrakty propolisu można stosować w celu ochrony lipidów przed utlenianiem oraz hamowania rozwoju drobnoustrojów w mięsie wołowym podczas przechowywania chłodniczego. Dodatek ekstraktu propolisu (2 % w/w) powodował wzrost całkowitej zawartości polifenoli, aktywności w wychwytywaniu wolnych rodników i ograniczenie utleniania lipidów. Wykazano także, że ilość bakterii *Micrococcaceae*, drożdży i pleśni na powierzchni kielbas fermentowanych można zredukować poprzez zastosowanie propolisu bez niekorzystnego wpływu na ich właściwości sensoryczne [47]. Z kolei Han i Park [26] stwierdzili, że produkty mięsne z dodatkiem propolisu mogą odznaczać się wydłużoną trwałością w porównaniu do produktów z powszechnie stosowanym sorbinianem potasu. Również Gutiérrez-Cortés i Suarez Mahecha [24] analizowali działanie przeciwdrobnoustrojowe etanolowego ekstraktu propolisowego na niektóre bakterie chorobotwórcze. Stwierdzili, że zastosowanie takiego ekstraktu w stężeniu 0,8 % wykazuje działanie antybakteryjne wobec niektórych mikroorganizmów chorobotwórczych i nie wpływa negatywnie na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne produktu. Cytowani autorzy stwierdzili również, że propolis może być stosowany w produktach mięsnych jako alternatywa dla azotanów(III). Spinelli i wsp. [60], aby zminimalizować niekorzystny wpływ propolisu na cechy sensoryczne gotowego produktu, wykorzystali mikrokapsułkowany etanolowy ekstrakt propolisu do poprawy właściwości przeciwutleniających burgerów rybnych. Podobnie Bernardi i wsp. [10] stwierdzili, że włoskie salami można wytwarzać z wykorzystaniem kapsułkowanego propolisu jako zamiennika erytrobinianu sodu. Możliwość przedłużenia trwałości gotowanej szynki z 0,06-procentowym dodatkiem ekstraktu propolisowego stwierdzili w swoich badaniach Kročko i wsp. [38]. Z kolei Spinelli i wsp. [60] stosując 5-procentowy dodatek suszonego rozpyłowo propolisu do burgerów rybnych stwierdzili istotny wzrost aktywności przeciwutleniającej i poprawę jakości sensorycznej gotowego produktu. Natomiast 0,8-procentowy dodatek propolisu do farszu wieprzowo-wołowego do produkcji kielbas pozwalał na uzyskanie wskaźnika TBA na podobnym poziomie jak dla produktów z azotanem(III) sodu, nie wpływając jednocześnie na konsumencką akceptowalność gotowego wyrobu [24]. Z kolei dodatek propolisu w ilościach 0,8 lub 1,2 % efektywnie hamował wzrost bakterii z rodzaju *Clostridium* sp., *Salmonella*, *Escherichia coli* oraz *Staphylococcus aureus* w przechowywanych filetach rybnych [57]. W innych badaniach, Kunrath i wsp. [39] wykazali, że ekstrakt propolisowy w dawce 0,05 % działa ochronnie i przeciwutleniająco we włoskim salami wie-

przewym, podobnie jak BHT. Dodatek propolisu w ilości 1 % do kiełbasek rybnych korzystnie wpływał na wartości wskaźnika TBA w trakcie przechowywania i działał przeciwbakteryjnie w stosunku do bakterii *Escherichia coli* i *Salmonelli*, jednak w pewnym stopniu pogarszał również charakterystykę sensoryczną gotowego produktu [17]. Podobnie Reis i wsp. [53] zaobserwował pogorszenie smakowitości burgerów wołowych na skutek dodatku propolisu w ilości 0,1 g/kg. Z drugiej jednak strony wartości wskaźnika TBA dla produktu zawierającego propolis były na zbliżonym poziomie jak dla próby kontrolnej zawierającej erytorbinian sodu.

W literaturze przedmiotu istnieje również wiele wyników badań dotyczących zastosowania propolisu w produktach mlecznych. Cottica i wsp. [14] stwierdzili, że dodatek etanolowo-wodnych ekstraktów propolisu do napojów mlecznych powodował znaczny wzrost aktywności przeciwutleniającej, która utrzymywała się w trakcie przechowywania. Ponadto, wykazano, że można otrzymywać jogurt z dodatkiem propolisu bez istotnych zmian w jego jakości, z wyjątkiem niewielkiego pogorszenia charakterystyki sensorycznej. Stwierdzono jednak, że propolis w pewnych dawkach istotnie hamuje wzrost bakterii *Streptococcus salivarius* sub. *thermophilus* i dlatego może to mieć negatywny wpływ na jakość produkowanego jogurtu. Z drugiej strony, etanolowe ekstrakty propolisu ograniczały w lodach rozwój opornych na metycylinę bakterii *Staphylococcus aureus* [18]. Wyniki badań wskazują również, że etanolowy ekstrakt propolisu wykazywał działanie hamujące w stosunku do bakterii *Listeria monocytogenes* [62]. Z kolei Santos i wsp. [55] otrzymali jogurt z 0,05-procentowym dodatkiem czerwonego propolisu i stwierdzili, brak negatywnego wpływu takiej modyfikacji na przeżywalność bakterii kwasu mlekowego przy jednocześnie istotnie większej aktywności przeciwutleniającej. W dalszych badaniach Santos i wsp. [56] stwierdzili, że 0,05-procentowym dodatkiem propolisu do jogurtu istotnie hamuje rozwój *Salmonella* sp. i *E. coli*, jednocześnie zwiększając spójność gotowego wyrobu. Jogurt i kefir z 0,5-procentowym dodatkiem propolisu o dobrej charakterystyce sensorycznej otrzymali Chon i wsp. [13].

Znaczne straty ekonomiczne powoduje przechowywanie owoców i warzyw. Przyczyną ich jest rozwój grzybów i bakterii, któremu można zapobiec stosując propolis. Alvarez i wsp. [4, 5] oraz Feas i wsp. [21] wykazali, że gotowe do spożycia warzywa, takie jak sałata, por i seler, można odkażać ekstraktami propolisu. Propolis ma również działanie hamujące na niektóre gatunki grzybów pleśniowych z rodzaju *Penicillium* występujące na owocach. Ponadto zaobserwowano, że zastosowanie propolisu w niektórych sokach, takich jak jabłkowe, winogronowe, pomarańczowe i mandarynkowe, jest tak samo skuteczne wobec pleśni i drożdży jak benzoesan sodu i sorbinian potasu [36, 65].

Ekstrakty propolisowe zastosowano również do poprawy stabilności olejów podczas przechowywania. Ozcan [46] wykazał, że propolis ma lepszą aktywność przeci-

wutleniającą w oliwie z oliwek w porównaniu z BHT i BHA. Ponadto powlekanie jaj przepiórczych propolisem skutecznie chroniło ich wewnętrzne i spowolniało spadek ich jakości podczas przechowywania [2].

Jak wskazuje przedstawiony przegląd literatury propolis ze względu głównie na właściwości przeciwdrobnoustrojowe i przeciwutleniające może być cennym składnikiem żywności przedłużając jej trwałość i poprawiając aktywność biologiczną. Jednak przy projektowaniu środków spożywczych wzbogacanych propolisem pod uwagę należy brać jego wpływ na charakterystykę sensoryczną oraz potencjalną alergenicność [9].

### **Propolis jako bioaktywny składnik filmów i powłok**

Ze względu na swoje działanie przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwutleniające interesującym składnikiem folii opakowaniowych i jadalnych powłok na bazie biopolimerów wykorzystywanych w przemyśle spożywczym może być właśnie propolis jako naturalny komponent bioaktywny [23, 49, 66]. Ekstrakty propolisowe mogą więc być mieszane z biopolimerami, plastyfikatorami, emulgatorami i środkami wspomagającymi tworzenie aktywnych folii opakowaniowych i jadalnych powłok. Funkcjonalność tego typu rozwiązań jest ściśle związana z rodzajem surowca, metodą i warunkami ekstrakcji, zawartości i profilu związków polifenolowych w ekstrakcie, oraz obecność innych substancji bioaktywnych [35, 66]. Aktywne folie opakowaniowe i jadalne powłoki z udziałem ekstraktu z propolisu mogą wpływać na właściwości fizyczne, chemiczne i sensoryczne żywności podczas jej przechowywania. Włączenie bioaktywnego ekstraktu z propolisu do matrycy biopolimerowej zapewnia nowe możliwości w opracowywaniu aktywnych folii opakowaniowych, które są bardziej bezpieczne i przyjazne dla środowiska w porównaniu z materiałami tradycyjnymi. W zależności od rodzaju matrycy polimerowej, aktywności i stężenia ekstraktu z propolisu oraz obecności innych składników, dodatek propolisu może modyfikować rozpuszczalność filmu w wodzie, intensywność żółtego zabarwienia oraz właściwości mechaniczne. Obecność ekstraktu z propolisu w matrycy biopolimerowej zwiększa barierowość światła widzialnego i promieniowania UV oraz aktywność przeciwdrobnoustrojową [23]. Kolejnym nowatorskim obszarem zastosowania ekstraktów propolisu są jadalne powłoki. Przy ich tworzeniu należy odpowiednio zoptymalizować skład recepturowy aby zagwarantować odpowiednie pożądane właściwości fizyczne i funkcjonalne. Kluczowy jest tutaj odpowiedni dobór biopolimeru stanowiący bazę roztworu do powlekania [66]. Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że zawartość ekstraktu propolisu w powłokach do powlekania musi być ściśle kontrolowana, aby uniknąć negatywnego wpływu jego aromatu na właściwości sensoryczne żywności. Iżację ekstraktu propolisu, a w szczególności maskowanie jego smaku i zapachu [42, 60]. W celu ochrony produktów spożywczych przy wykorzystaniu powłok jadalnych można wykorzystać takie techniki jak: zanurzanie, nacieranie, metody natrysko-

we, impregnację próżniową, powlekanie warstwa po warstwie lub metody przetwarzania w złożu fluidalnym. Jadalne powłoki zawierające ekstrakt z propolisu były stosowane w celu przedłużenia przydatności do spożycia owoców, warzyw, mięsa i ryb [66].

### Literatura

- [1] Almuhayawi M.S.: Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2020, 27, 11, 3079-3086.
- [2] Akpinar G.C., Canogullari S., Baylan M., Alasahan S., Aygun A.: The use of propolis extract for the storage of quail eggs. *J. Appl. Poultry Res.*, 2015, 24(4), 427-435.
- [3] Ali F.H., Kassem G.M., Atta-Alla O.A.: Propolis as a natural decontaminant and antioxidant in fresh oriental sausage. *Vet. Ital.*, 2010, 46(2), 167-172.
- [4] Alvarez M.V., Ponce A.G., Goyeneche R., Moreira M.R.: Physical Treatments and Propolis Extract to Enhance Quality Attributes of Fresh-Cut Mixed Vegetables. *J. Food Process. Pres.*, 2017, 41(5), #13127.
- [5] Alvarez M.V., Ponce A.G., Moreira M.R.: Combined Effect of Bioactive Compounds and Storage Temperature on Sensory Quality and Safety of Minimally Processed Celery, Leek and Butternut Squash. *J. Food Safety*, 2015, 35(4), 560-574.
- [6] Anjum S.I., Ullah A., Khan K.A., Attaullah M., Khan H., Ali H., Bashir M.A., Tahir M., Ansari M.J., Ghramh H.A., Adgaba N., Dash C.K. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019, 26, 7, 1695-1703.
- [7] Bankova V., Popova M., Trusheva B.: Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. *Chem. Centr. J.*, 2014, 8(28), 1-8.
- [8] Bankova V., Trusheva B., Popova M.: Propolis extraction methods: a review. *J. Apicult. Res.*, 2021, 60, 5, 734-743
- [9] Basista-Sołtys K., Filipek B.: Potencjał alergogenny propolisu – przegląd danych literaturowych. *Alergia-Astma-Immunologia*, 2013, 18, 1.
- [10] Bernardi S., Favaro-Trindade C.S., Trindade M.A., Balieiro J.C.C., Cavenaghi A.D., Contreras-Castilo C.J.: Italian-Type Salami with Propolis as Antioxidant. *Ital. J. Food Sci.*, 2013, 25(4): 433-440.
- [11] Bogdanov S.: Propolis: composition, health, medicine: a review. *Bee Prod. Sci.*, 2017, 1-44.
- [12] Chavda V.P., Vuppu S., Balar P.C., Mishra T., Bezbaruah R., Teli D., Sharma N., Alom S.: Propolis in the management of cardiovascular disease. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 266, #131219.
- [13] Chon J.W., Seo K.H., Oh H., Jeong D., Song K.Y.: Chemical and Organoleptic Properties of Some Dairy Products Supplemented with Various Concentration of Propolis: A Preliminary Study. *J. Dairy Sci. Biotechnol.*, 2020, 38, 59-69.
- [14] Cottica S.M., Sabik H., Belanger D., Giroux H.J., Visentainer J.V., Britten M.: Use of propolis extracts as antioxidant in dairy beverages enriched with conjugated linoleic acid. *Eur. Food Res. Technol.*, 2015, 241, 4, 543-551.
- [15] Cui J., Duan X., Ke L., Pan X., Liu J., Song X., Ma W., Zhang W., Liu Y., Fan Y. Extraction, purification, structural character and biological properties of propolis flavonoids: a review. *Fitoterapia*, 2022, 157, #105106.
- [16] Czarniecki R. Propolis w Apiterapii. *Apiterapia Forum*, 2015, 3-2.
- [17] Çoban Ö.E., Fadıoğlu E.E.; Çoban, M.Z. Investigation of some quality characteristics of smoked common carp (*Cyprinus carpio*) sausages supplemented with propolis extract. *Procedia Comput. Sci.*, 2018, 13, 196–203.

- [18] El-Bassiony T., Saad N.M., El-Zamkan M.A.: Study on the antimicrobial activity of Ethanol Extract of Propolis against enterotoxigenic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in lab prepared Ice-cream. *Vet. World*, 2012, 5(3), 155-159.
- [19] Falcão S.I., Vale N., Cos P.: In vitro evaluation of Portuguese propolis and floral sources for antiprotozoal, antibacterial and antifungal activity. *Phytother. Res.*, 2014, 28(3), 437-443.
- [20] Farooqui T., Farooqui A.A.: Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases. *Front. Biosci.*, 2012, E4, 779-793.
- [21] Feas X., Pacheco L., Iglesias A., Estevinho L.M.: Use of Propolis in the Sanitization of Lettuce. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, 15(7), 12243-12257.
- [22] Forma E., Bryś M.: Anticancer activity of propolis and its compounds. *Nutrients*, 2021, 13(8), #2594;
- [23] Gniewosz M., Pobiega K., Kraśniewska K., Synowiec A., Chaberek M., Galus S. Characterization and antifungal activity of pullulan edible films enriched with propolis extract for active packaging. *Foods*, 2022, 11, #2319.
- [24] Gutiérrez-Cortés C., Suarez Mahecha H.: Antimicrobial Activity Of Propolis And Its Effect On The Physicochemical And Sensoral Characteristics in Sausages. *Vitae*, 2014, 21(2), 90-96.
- [25] Habryka C., Socha R., Juszczak L. The effect of enriching honey with propolis on the antioxidant activity, sensory characteristics and quality parameters. *Molecules*, 2020, 25, #1176.
- [26] Han S.K., Park H.K.: Accumulation of thiobarbituric acid-reactive substances in cured pork sausages treated with propolis extracts. *J. Sci. Food Agr.*, 2002, 82(13), 1487-1489.
- [27] Huang S., Zhang C., Wang K., Li G., Hu F.: Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 2014, 19, 19610-19632.
- [28] Irigoiti Y., Navarro A., Yamul D., Libonatti C., Tabera A., Basualdo M.: The use of propolis as a functional food ingredient: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2021, 115, 297-306
- [29] Isidorow W.A.: *Alchemia pszczół – Pszczoły i produkty pszczele oczami chemika*. Wydawnictwo Sądecki Bartnik, Stróże, 2013.
- [30] Kalia A., Morya S., Neumann A.: Health from the hive: therapeutic potential of propolis – a review. *J. Food Bioactiv.*, 2022, 18, 77-84.
- [31] Kapare H.S., Sathiyarayanan L.: Nutritional and therapeutic potential of propolis: a review. *Res. J. Pharma. Technol.*, 2020, 13, #735453549.
- [32] Kędzia B.: Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. I. Początkowy okres badań. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 39-44.
- [33] Kędzia B.: Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. II. Nowe badania. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 122-128.
- [34] Kędzia B.: Działanie przeciwnowotworowe ekstraktów propolisowych. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 41-47.
- [35] Khachatryan G., Khachatryan K., Krystyan M., Krzemińska-Fiedorowicz L., Lenart-Boroń A., Białecka A., Krupka M., Krzan M., Blaszyńska K., Hanula M., Juszczak L.: Synthesis and Investigation of Physicochemical and Biological Properties of Films Containing Encapsulated Propolis in Hyaluronic Matrix. *Polymers*, 2023, 15, #1271.
- [36] Koc A.N., Silici S., Mutlu-Sariguzel F., Sagdic O.: Antifungal activity of propolis in four different fruit juices. *Food Technol. Biotech.*, 2007, 45(1), 57-61.
- [37] Kumazawa S., Hamasaka T., Nakayama T.: Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chem.*, 84, 2004, 329-339.
- [38] Kročko M., Bobko M., Bučko O., Čanigová M., Ducková V.: Sensory quality, colour and oxidative stability of cured cooked ham with propolis extract. *Potravin. Slovak J. Food. Sci.*, 2014, 8, 102-106.

- [39] Kunrath C.A., Savoldi D.C., Mileski J.P.F., Novello C.R., Da Trindade Alfaro A., Marchi J.F., Tonial I.B.: Application and evaluation of propolis, the natural antioxidant in Italian-type salami. *Braz. J. Food Technol.*, 2017, 20, 1–10.
- [40] Kurek-Górecka A., Keskin Ş., Bobis O., Felitti R., Górecki M., Otręba M., Stojko J., Olczyk P., Kolayli S., Rzepecka-Stojko A.: Comparison of the Antioxidant Activity of Propolis Samples from Different Geographical Regions. *Plants*, 2022, 11, #1203.
- [41] Makarewicz M., Drożdż I., Sobczak D., Satora P.: stabilność mikrobiologiczna niepasteryzowanych soków owocowych z dodatkiem produktów pszczelich. W: Słupski J., Tarko T., Drożdż I. (Red.). *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków*, s. 238-252.
- [42] Maroof K, Lee R.F.S., Siow L.F., Gan S.H.: Microencapsulation of propolis by spray drying: a review. *Dry. Technol.*, 2022, 40, 61083-1102.
- [43] Mountford-McAuley R., Prior J., McCormick A.C.: Factors affecting propolis production. *J. Apicult. Res.*, 2021, 62(1), 162-170.
- [44] Osés S.M., Marcos P., Azofra, P., de Pablo A., Fernández-Muiño M.Á., Sancho M.T. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: needs for analytical harmonization. *Antioxidants*, 2020, 9, #75.
- [45] Oršolić N.: Allergic Inflammation: Effect of Propolis and Its Flavonoids. *Molecules* 2022, 27(19), #6694.
- [46] Ozcan M.: Use of propolis extract as a natural antioxidant for plant oils. *Grasas Y Aceites*, 2000, 51, 4, 251-253.
- [47] Ozturk I.: Antifungal Activity of Propolis, Thyme Essential Oil and Hydrosol on Natural Mycobiota of Sucuk, a Turkish Fermented Sausage: Monitoring of Their Effects on Microbiological, Color and Aroma Properties. *J. Food Process. Pres.*, 2015, 39(6), 1148-1158.
- [48] Özer E.D.: Propolis and potential use in food products. *Turkish Journal of Agriculture - Food Sci. Technol.*, 2020, 8(5), 1139-1144.
- [49] Pająk P., Gałkowska D., Juszcak L., Khachatryan G.: Octenyl succinylated potato starch-based film reinforced by honey-bee products: Structural and functional properties. *Food Pack. Shelf Life*, 2022, 34, #100995.
- [50] Pobiega K., Gniewosz M., Kraśniewska K.: Antimicrobial and antiviral properties of different types of propolis. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2017, 589, 69-79.
- [51] Pobiega K., Kraśniewska K., Derewiaka D., Gniewosz M.: Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 56, 5386-5395.
- [52] Przybyłek I., Karpiński T.M.: Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 2019, 24, #2047
- [53] Reis A., Diedrich C., de Moura C., Pereira D., Almeida J.F., da Silva L.D., Plata-Oviedo M.S.V., Tavares R.A.W., Carpes S.T.: Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at -15°C. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2017, 76, 306-313.
- [54] Santana Andrade J.K., Denadai M., Santos de Oliveira C., Nunes M. L. Narain N.: Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. *Food Res. Int.*, 2017, 101, 129-138.
- [55] Santos M.S., Estevinho L.M., Carvalho C.A.L., Morais J.S., Conceição A.L.S., Paula V.B., Magalhães-Guedes K., Almeida R.C.C.: Probiotic yogurt with brazilian red propolis: Physicochemical and bioactive properties, stability, and shelf life. *J. Food Sci.* 2019, 84, 3429-3436.
- [56] Santos M.S., Estevinho L.M., de Carvalho C.A.L., da Silva Conceição A.L., de Castro Almeida R.C.: Rheological and sensorial evaluation of yogurt incorporated with red propolis. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 57, 1080-1089.

- [57] Suarez M.H., Jiménez T.Á., Díaz M.C.: Determination of microbiological and sensory parameters of fish fillets with propolis preserved under refrigeration. *Rev. MVZ Cordoba*, 2014, 19, 4214-4225.
- [58] Socha R., Gałkowska D., Bugaj M., Juszcza L. Phenolic composition and antioxidant activity of propolis from various regions of Poland. *Natural Product Research*, 2015, 29, 5, 416-422.
- [59] Socha R., Habryka C., Juszcza L. Wpływ dodatku propolisu na zawartość wybranych związków polifenolowych oraz aktywność przeciwutleniającą miodu. *Żywność.Nauka.Technologia.Jakość*, 2016, 5(108), 127-139.
- [60] Spinelli S., Conte A., Lecce L., Incoronato A.L., Del Nobile M.A.: Microencapsulated Propolis to Enhance the Antioxidant Properties of Fresh Fish Burgers. *J. Food Process Eng.*, 2015, 38(6), 527-535.
- [61] Tavares L., Smaoui S., Lima P.S., Marques de Oliveira M., Santos L. Propolis: encapsulation and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends Food Sci. Technol.*, 2022, 127, 169-180.
- [62] Thamnopoulos I.A.I., Michailidis G.F., Fletouris D.J., Badeka A., Kontominas M.G., Angelidis A.S.: Inhibitory activity of propolis against *Listeria monocytogenes* in milk stored under refrigeration. *Food Microbiol.*, 73: 168-176.
- [63] Wagh V. D. Propolis: A Wonder Bees Product and Its Pharmacological Potentials. *Adv. Pharmacol. Scie.*, 2018, 2013, #308249.
- [64] Vargas-Sanchez R.D., Torrescano-Urrutia G.R., Acedo-Felix E., Carvajal-Millan E., Gonzalez-Cordova A.F., Vallejo-Galland B., Torres-Llanez M.J., Sanchez-Escalante A.: Antioxidant and Antimicrobial Activity of Commercial Propolis Extract in Beef Patties. *J. Food Sci.*, 2014, 79(8), 1499-1504.
- [65] Yang W.C., Wu Z.H., Huang Z.Y., Miao X.Q.: Preservation of orange juice using propolis. *J. Food Sci. Tech. Mys.*, 2017, 54(11): 3375-3383.
- [66] Yong H., Liu J.: Active packaging films and edible coatings based on polyphenol-rich propolis extract: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2021, 20, 2106-2145.

## PROPOLIS AS A FUNCTIONAL FOOD INGREDIENT

### S u m m a r y

**Background.** Propolis is a resinous substance collected by honey bees (*Apis mellifera*) from various plant sources. It is commonly called bee glue and is used by bees to protect the hive. Because propolis contains numerous secondary plant metabolites, its type is closely related to the species of the plant from which it comes. Several hundred chemical substances have been identified in propolis, including: resinous and balsamic substances, waxes, essential oils, pollen and tannins. Propolis is most often used to treat and disinfect the skin, treat diseases of the ears, mouth, throat, maxillary sinuses, as an antifungal, anti-inflammatory and analgesic. Propolis stimulates the immune system, relieves inflammation and weakness of the upper respiratory tract. It has antifungal, antibacterial and antiviral properties. Propolis prevents hemorrhoids, facilitates the regeneration of the mucous membrane, accelerates the healing of wounds and ulcers, and also has anti-inflammatory, anesthetic and regenerating properties. Due to its chemical composition and properties, propolis can also be a valuable raw material for the food industry. The aim of this work was to review the literature on the possibility of using propolis as a food ingredient and to assess its role in foodstuffs.

**Results and conclusions.** Propolis has strong antioxidant and antimicrobial effects, making it an attractive natural product that can be incorporated into foods as a functional ingredient. Enriching food

products with propolis to improve the nutritional value, quality and functionality of food is the subject of numerous studies due to its natural origin and multidirectional impact. The results of published research have shown that propolis can be used in various foods, such as meat, dairy, juices, fruits, oils and seafood, to extend shelf life, prevent lipid oxidation and provide health benefits to consumers. However, numerous propolis compounds have a strong, characteristic taste and aroma, which causes changes in the sensory properties of food.

**Key words:** propolis, bioactive ingredients, antioxidant activity, food ingredient ☒