

Małgorzata Dżugan^{1,*}, Anita Maguda², Monika Tomczyk¹

WYKORZYSTANIE EKSTRAKTÓW OWOCOWYCH I PROPOLISU W PRODUKCJI SŁODYCZY FUNKCJONALNYCH

Streszczenie: Celem pracy było opracowanie receptury żelków na bazie ekstraktów z owoców pigwowca, miodu i propolisu oraz ocena ich właściwości antyoksydacyjnych i tekstury. Ekstrakty z owoców pigwowca uzyskano metodą klasycznej ekstrakcji wodno-etanolowej wspomaganą ultradźwiękami oraz maceracji w miodzie i cukrze. Stwierdzono, że najkorzystniejsze właściwości przeciwutleniające oraz najwyższą zawartość związków fenolowych wykazywał macerat owoców w miodzie. Opracowano recepturę żelków na bazie żelatyny, miodu i ekstraktów, w tym barwionych naturalnymi barwnikami spożywczymi (łącznie 7 wariantów i 2 próby kontrolne). Żelki na bazie maceratu miodowego cechowały się najkorzystniejszymi parametrami tekstury, chociaż wykazywały niższą aktywność antyoksydacyjną niż żelki z dodatkiem zagęszczonego ekstraktu z pigwowca. Barwienie żelków naturalnymi barwnikami zwiększyło atrakcyjność konsumencką słodyczy. Z uwagi na wyższą stabilność mikrobiologiczną żelków z dodatkiem propolisu można przypuszczać, że te słodycze będą wykazywać działanie przeciwdrobnoustrojowe w jamie ustnej, wymaga to jednak dalszej weryfikacji badawczej.

Wprowadzenie

W ostatnich latach zarówno w Polsce, jak i na świecie można zaobserwować rosnące zainteresowanie konsumentów żywnością funkcjonalną oraz stosowaniem suplementów diety. Poszukuje się wygodnych i nowoczesnych rozwiązań, które ułatwią bądź też wspomogą tzw. zdrowy tryb życia związany z rosnącą świadomością konsumentów odnośnie zagrożeń zdrowia wynikających z niedbałości dotyczącej sposobu żywienia oraz niedoborów składników odżywczych [Olejniczak 2016].

Jedno z podstawowych zaleceń żywieniowych dotyczy ograniczenia spożycia cukru białego, w tym głównie słodyczy. Ich wysokie spożycie może prowadzić do wielu chorób, takich jak cukrzyca, otyłość, hiperglikemia czy też próchnica zębów [Teixeira-Lemos i in. 2021]. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, producenci stają przed wyzwaniem opracowywania receptur słodyczy o obniżonej zawartości cukru, w których stosuje się tzw. zamienniki sacharozy, co z kolei budzi

¹ Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-959 Rzeszów.

² Studentka kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Żelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.

* mdzugan@ur.edu.pl

obawy odnośnie negatywnego wpływu syntetycznych słodzików na zdrowie [Staniewska i in. 2016]. Lepszą alternatywę dla sacharozy stanowi naturalny miód, który posiada niższą kaloryczność i większą słodkość, a równocześnie wykazuje szereg cennych właściwości prozdrowotnych [Kudelfka i Jachna 2009].

Żelki owocowe to rodzaj słodczy cieszący się popularnością głównie wśród najmłodszych konsumentów. Produkty te wytwarza się głównie z soków owocowych, cukru lub syropu glukozowo-fruktozowego, substancji żelujących, syntetycznych barwników i aromatów oraz innych E-dodatków. Żelowa tekstura uzyskiwana jest dzięki zastosowaniu substancji żelujących (hydrokoloidów), głównie żelatyny – białka otrzymywanego z kości, chrząstek i skór świńskich lub bydłych [Pilarska i Gawalek 2016]. W związku z popularyzacją wegetarianizmu na rynku wyrobów cukierniczych pojawiły się także żelki na bazie roślinnych hydrokoloidów, takich jak pektyna, agar-agar, guma guar, mączka chleba świętojańskiego [www1]. W ich recepturze stosuje się ekstrakty z owoców stanowiące skoncentrowane źródło składników bioaktywnych, w tym naturalnych barwników i aromatów. Jednak proces technologiczny ich wytwarzania jest związany ze stosowaniem podwyższonych temperatur, co prowadzić może do degradacji składników bioaktywnych [Teixeira-Lemos i in. 2021].

Producenci kształtują prozdrowotne właściwości żelków głównie przez wprowadzanie do receptury ekstraktów z kwaśnych cytrusów. W tym aspekcie dobrą alternatywą wydają się być owoce pigwowca japońskiego określanego mianem „cytryny północy”, które są stosowane w tradycyjnej medycynie chińskiej ze względu na działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwcukrzycowe, przeciwhiperlipidemiczne oraz immunostymulujące [Byczkiewicz i in. 2019]. Podobnie propolis, naturalny środek do leczenia grzybiczych zapaleń jamy ustnej, aft, próchnicy, nadwrażliwości oraz stanów zapalnych dziąseł i przyzębia [Szeleszczuk i in. 2013], wydaje się być dobrym składnikiem wzbogacającym żelki. Wykorzystanie synergizmu produktów pochodzenia pszczelego i roślin leczniczych stanowi podstawę apifitoterapii, niekonwencjonalnej metody profilaktyki chorób cywilizacyjnych, która w naszym kraju powoli zdobywa popularność [Dżugan i in. 2020].

Wpisując się w aktualne trendy poszukiwania zdrowej alternatywy dla popularnych słodczy, w niniejszej pracy podjęto próbę opracowania receptury funkcjonalnych żelków na bazie naturalnych składników, wpisujących się w trend „czystej etykiety” i wykazujących działanie prozdrowotne.

Materiał i metody badań

Do opracowania receptury żelków wykorzystano następujące surowce: owoce pigwowca japońskiego (*Chaenomeles japonica*) pozyskane z prywatnej uprawy, żelatynę spożywczą (Gellwe), miód wielokwiatowy (z własnej pasieki), sacharozę (cukier „Królewski”), ekstrakt propolisowy 10% w 70% etanolu (Miody Polskie Sp. z o.o.) oraz barwniki naturalne „Lemon” i „Strawberry” (Food Colours Perczak Sp. j. Piotrków Trybunalski).

Przygotowanie ekstraktów z owoców pigwowca

Owoce pigwowca dokładnie umyto, usunięto gniazda nasienne i rozdrobniono za pomocą blendera kuchennego. Ekstrakt etanolowy uzyskano na drodze ekstrakcji wspomaganej ultradźwiękami (40 g surowca w 100 cm³ 50% etanolu, łaźnia ultradźwiękowa SONIC-10, Polsonic, Warszawa, 20 minut). Odsączono ekstrakt surowy (objętość dla dwóch powtórzeń wyniosła średnio 68 cm³) i poddano go zagęszczeniu poprzez odparowanie etanolu w koncentratorze próżniowym (RVC 2–18 CDPlus, Martin Christ, Osterode am Harz, Niemcy). Stopień zagęszczenia ekstraktu (Pz) wyniósł średnio 50%. Maceraty owoców pigwowca w miodzie (Pm) i cukrze (Pc) przygotowano przez wymieszanie 100 g drobno pokrojonych owoców pigwowca z substancją słodzącą w stosunku 1:1. Próbkę pozostawiono na 7 dni do maceracji w zamkniętym naczyniu, po tym czasie odsączono owoce. Proces ekstrakcji prowadzono w dwóch powtórzeniach.

Wytwarzanie żelków na bazie ekstraktów pigwowca

Żelki wytworzono według własnej receptury z wykorzystaniem przygotowanych ekstraktów pigwowca w 7 różnych wariantach, których skład podano w tabeli 1. Każdorazowo żelki przygotowano w ten sam sposób: żelatynę zalano wodą (lub ekstraktem) i pozostawiono na 5 min, następnie mieszaninę delikatnie podgrzano do temperatury 40°C na kuchence elektrycznej i mieszano aż do rozpuszczenia. Do ciepłego (ok. 35°C) roztworu wprowadzono pozostałe składniki: miód, propolis oraz opcjonalnie barwnik. Intensywnie mieszano za pomocą szklanej bagietki do połączenia się składników. Masę przeniesiono do silikonowej formy za pomocą plastikowej pipetki i odstawiono do zastygnięcia (60 min w temperaturze ok. 20°C). Po tym czasie formę wstawiono do lodówki, a po 24 godz. wyjęto żelki (rysunek 1), które przechowywano w warunkach chłodniczych w zamkniętym pudełku. Każdy wariant żelków wykonano w dwóch powtórzeniach.

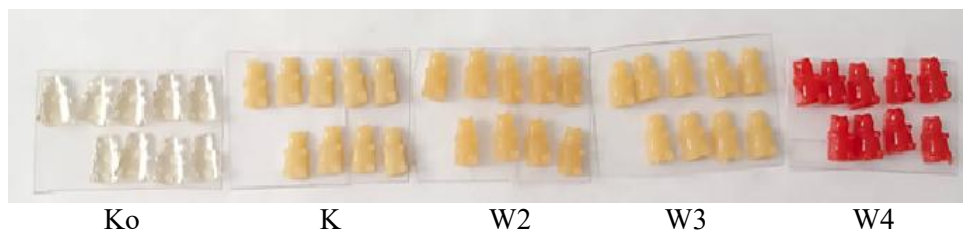
Tabela 1. Skład recepturowy żelków wytworzonych w warunkach laboratoryjnych

Wariant żelków	Żelatyna [g]	Woda [ml]	Ekstrakt owocowy [ml]	Ekstrakt propolisu [ml]	Miód rzepakowy [g]	Barwnik naturalny [g]
1	2	3	4	5	6	7
Ko	2	10	–	–	3 g	–
K	2	9,2	–	0,8	3 g	–
W1	2	–	9,2 Pz	0,8	3 g	–
W2	2	3	9,2 Pm	0,8	–	–
W3	2	3	9,2 Pm	0,8	–	0,075 „Lemon”
W4	2	3	9,21 Pm	0,8	–	0,075 „Strawberry”

1	2	3	4	5	6	7
W5	2	3	9,2 Pc	0,8	–	–
W6	2	3	9,2 Pc	0,8	–	0,075 „Lemon”
W7	2	3	9,2 Pc	0,8	–	0,075 „Strawberry”

Oznaczenia: Ko – żelki kontrolne; K – żelki kontrolne z propolisem; W1 – żelki z propolisem i ekstraktem etanolemowym, W2–W4 – żelki z propolisem i maceratem w miodzie niebarwione i barwione (żółte i czerwone); W5–W7 – żelki z propolisem i maceratem w cukrze niebarwione i barwione (żółte i czerwone)

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 1. Żelki bezpośrednio po wyjęciu z formy

Źródło: opracowanie własne

Analiza aktywności antyoksydacyjnej i zawartości związków fenolowych

Aktywność antyoksydacyjną ekstraktów owocowych (odpowiednio rozcieńczonych), ekstraktu propolisu oraz ekstraktów żelków (1 g rozpuszczono w 10 ml wody) analizowano, wykorzystując standardowe metody: FRAP, DPPH oraz TPC. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Oznaczenie siły redukującej w metodzie FRAP wykonano ściśle według metodyki podanej w pracy Dżugan i in. [2018], mierząc absorbancję w czytniku mikroplątek EPOCH2 (Biotek, Winooski, VT, USA) przy długości fali 593 nm. Wyniki obliczono z równania krzywej kalibracyjnej ($y = 0,152 \cdot x$; $r^2 = 0,999$) wykonanej dla roztworów wzorcowych troloksu i wyrażono w mg troloksu na 1 ml ekstraktu lub 1 g żelków.

Zdolność próbki do neutralizacji rodnika DPPH badano według procedury podanej w pracy Dżugan i in. [2018] na podstawie pomiaru absorbancji przy długości fali 517 nm. Aktywność antyoksydacyjną przeliczono na równoważniki troloksu, stosując krzywą wzorcową ($y = 15,555 \cdot x$; $r^2 = 0,997$) i wyrażono je na 1 ml ekstraktu lub 1 g żelków.

Do wyznaczenia całkowitej zawartości związków fenolowych wykorzystano metodę Folina-Ciocalteu według Dżugan i in. [2018]. Wyniki pomiarów absorbancji przy długości fali 760 nm przeliczono na równoważniki kwasu galusowego (mg GAE) i wyrażono na 1 ml ekstraktu lub 1 g żelków na podstawie krzywej kalibracyjnej ($y = 0,336x$; $r^2 = 0,991$).

Analiza tekstury żelków

Analizę tekstury wytworzonych żelków przeprowadzono z użyciem aparatu MultiTest 2,5-i (Mecmesin, Slinfold, Wielka Brytania). Zastosowano test podwójnego ściskania przy zakresie pomiarowym czujnika 500 N i sile kontaktu 0,1N. Średnica głowicy wynosiła 30 mm. Poziom odkształcenia wyniósł 70% w stosunku do wartości początkowej. Wyznaczono następujące cechy: sprężystość, twardość, adhezyjność, kohezyjność oraz gumistość.

Analiza statystyczna

Wyniki przedstawiono jako średnie $\pm$ odchylenie standardowe (SD). Do wyznaczenia różnic pomiędzy próbkami zastosowano metodę analizy wariancji jednoczynnikowej z testem post-hoc Tukeya. Wyznaczono współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy analizowanymi parametrami. Wszystkie obliczenia wykonano w programie Statistica 13.3 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów z owoców pigwowca i propolisu

Do wytworzenia żelków zastosowano ekstrakt z owoców pigwowca o kwaśnym smaku charakteryzujących się wysoką zawartością składników odżywczych i bioaktywnych, w tym witaminy C (52–92 mg/100 g) [Marosz 2016]. Owoce te są trudne do przetwarzania, charakteryzują się zbitym, twardym, mięszmem oraz wysoką zawartością kwasów organicznych i nie nadają się do bezpośredniego spożycia. Do izolacji z nich składników bioaktywnych zastosowano ekstrakcję wodnym roztworem etanolu wspomaganą ultradźwiękami oraz macerację w ciepłym miodzie i cukrze. Aktywność antyoksydacyjną wytworzonych ekstraktów analizowano z użyciem standardowych testów kolorymetrycznych FRAP i DPPH, oznaczono także całkowitą zawartość związków polifenolowych (TPC). W zależności od sposobu ekstrakcji uzyskano ekstrakty owocowe o odmiennych właściwościach przeciwutleniających i zróżnicowanej zawartości związków polifenolowych (tabela 2).

Tabela 2. Aktywność antyoksydacyjna mierzona metodą FRAP i DPPH oraz całkowita zawartość związków fenolowych w ekstraktach z owoców pigwowca i farmaceutycznym ekstrakcie z propolisu (średnia $\pm$ SD)

EKSTRAKT	Zdolność redukująca FRAP [mg troloksu/ml]	Aktywność przeciw- rodnikowa DPPH [mg troloksu/ml]	Zawartość TPC [mg GAE/ml]
1	2	3	4
Pz	4,290 $\pm$ 0,282 ^a	1,828 $\pm$ 0,830 ^a	0,990 $\pm$ 0,163 ^a
Pm	9,043 $\pm$ 0,287 ^c	5,979 $\pm$ 1,493 ^b	2,356 $\pm$ 0,082 ^c

1	2	3	4
Pc	7,982 ± 0,181 ^b	3,981 ± 0,720 ^b	1,825 ± 0,120 ^b
10% propolisowy	27,237 ± 0,634 ^d	15,607 ± 0,476 ^c	9,658 ± 0,411 ^d

Pz – ekstrakt etanolowy pigwowca, Pm – macerat pigwowca w miodzie, Pc – macerat pigwowca w cukrze,

a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie kolumny

Źródło: opracowanie własne

Najwyższe wyniki, niezależnie od metody ekstrakcji, uzyskano dla maceratu owoców w miodzie, kolejno w cukrze, podczas gdy skoncentrowany ekstrakt etanolowy wykazywał kilkukrotnie niższe wartości wszystkich wyznaczonych parametrów. Proces zagęszczania polega na usunięciu większej części rozpuszczalnika organicznego z ekstraktu, co w efekcie powinno prowadzić do wyższej koncentracji związków neutralizujących wolne rodniki [Naczki i Shahidi 2004]. Niska aktywność zagęszczonego etanolowego ekstraktu z pigwowca może wskazywać na słabą wydajność ekstrakcji etanolowej i/lub straty związków lotnych podczas odparowywania etanolu. Słabą wydajność ekstrakcji wodnej i alkoholowej surowców roślinnych opisywali już Tal-Figiel i Figiel [2010], którzy rekomendowali stosowanie rozpuszczalników organicznych i ich mieszanin.

W porównaniu do ekstraktów z owoców ekstrakt propolisowy charakteryzował się istotnie wyższą aktywnością antyoksydacyjną i zawartością związków fenolowych (tabela 2). Zastosowanie kombinacji ekstraktów z pigwowca z ekstraktem propolisu może więc istotnie wzmocnić właściwości prozdrowotne żelków. Jednak ze względu na specyficzny zapach propolisu i jego wpływ na cechy organoleptyczne produktu udział tego dodatku nie może być wysoki. Stosowanie ekstraktu z propolisu jako funkcjonalnego dodatku do żywności, m.in. do soków, mięsa, nabiału i olejów, opisali Juszcak i Cabaj [2023]. Autorzy wskazywali, że propolis nie tylko wzbogaca produkt o liczne składniki bioaktywne, głównie fenolowe, ale także zwiększa jego stabilność mikrobiologiczną [Juszcak i Cabaj 2023].

Aktywność antyoksydacyjna wytworzonych żelków

W ramach przeprowadzonych badań wytworzono 7 wariantów żelków owocowo-propolisowych według tej samej receptury na bazie ekstraktów owocowych i propolisu z wykorzystaniem żelatyny wieprzowej jako składnika żelującego oraz miodu jako substancji słodzącej. Głównym zmiennym składnikiem receptury był rodzaj użytego ekstraktu z owoców pigwowca. Testowano również możliwość nadania produktowi barwy z wykorzystaniem naturalnych barwników. Jako kontrolę zastosowano żelki propolisowe wytworzone bez dodatku ekstraktu owocowego (K) oraz bez ekstraktu propolisu (Ko). Aktywność antyoksydacyjną 10-krotnie rozcieńczonych ekstraktów uzyskanych przez rozpuszczenie żelków

w ciepłej wodzie analizowano z użyciem standardowych testów kolorymetrycznych FRAP i DPPH, wyznaczono także całkowitą zawartość związków polifenolowych (tabela 3).

Tabela 3. Aktywność antyoksydacyjna oraz całkowita zawartość związków fenolowych dla wytworzonych żelków owocowo-propolisowych (średnia $\pm$ SD); skład określony w tabeli 1

Wariant żelków	Zdolność redukująca FRAP [mg troloksu/ml]	Aktywność przeciwo- rodnikowa DPPH* [mg troloksu/ml]	Zawartość TPC [mg GAE/ml]
Ko	0,001 $\pm$ 0,000 ^a	6,296 $\pm$ 1,630 ^a	0,378 $\pm$ 0,011 ^a
K	2,015 $\pm$ 0,082 ^b	7,461 $\pm$ 0,656 ^a	1,017 $\pm$ 0,011 ^b
W1	9,526 $\pm$ 0,234 ^d	19,483 $\pm$ 0,523 ^c	2,678 $\pm$ 0,156 ^c
W2	6,969 $\pm$ 0,259 ^c	10,044 $\pm$ 0,619 ^b	2,458 $\pm$ 0,042 ^c
W3	8,041 $\pm$ 0,422 ^c	9,317 $\pm$ 0,321 ^b	3,064 $\pm$ 0,051 ^d
W4	7,773 $\pm$ 0,169 ^c	8,762 $\pm$ 1,826 ^{ab}	3,075 $\pm$ 0,029 ^d
W5	10,928 $\pm$ 0,193 ^d	7,602 $\pm$ 1,836 ^{ab}	1,979 $\pm$ 0,038 ^c
W6	9,566 $\pm$ 0,132 ^d	7,413 $\pm$ 0,472 ^a	2,089 $\pm$ 0,034 ^c
W7	10,721 $\pm$ 0,973 ^d	7,105 $\pm$ 0,882 ^a	2,144 $\pm$ 0,019 ^c

Oznaczenia: Ko – żelki kontrolne; K – żelki kontrolne z propolisem; W1 – żelki z propolisem i ekstraktem etanolowym, W2–W4 – żelki z propolisem i maceratem w miodzie niebarwione i barwione (żółte i czerwone); W5–W7 – żelki z propolisem i maceratem w cukrze niebarwione i barwione (żółte i czerwone)

a, b, c – średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie kolumny

* Wyniki zawyżone z powodu zmętnienia wywołanego denaturacją żelatyny w metanolowym roztworze DPPH

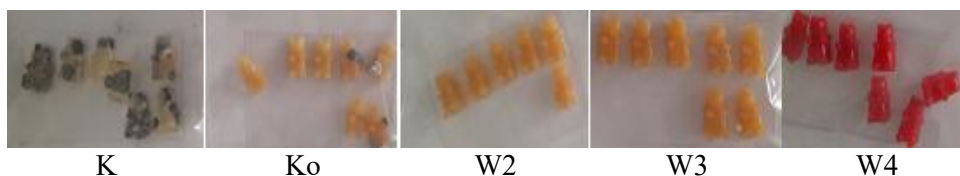
Źródło: opracowanie własne

Analiza siły redukującej odczynnik FRAP (tabela 3) potwierdziła, że dodatek ekstraktów pigwowca istotnie podwyższał wartość analizowanego wskaźnika w stosunku do próby kontrolnej K ($p < 0,05$). Udział ekstraktów pigwowca w zwiększaniu siły redukującej był większy niż ekstraktu propolisowego (porównanie prób Ko i K). Najlepsze właściwości stwierdzono dla żelków z dodatkiem maceratu w cukrze (W5), kolejno z zagęszczonym ekstraktem etanolowym (W1) i maceratem miodowym (W2). Odminną tendencję zaobserwowano dla wyników uzyskanych w analizie DPPH (tabela 3), gdzie najwyższą aktywność przeciworodnikową stwierdzono dla żelków na bazie koncentratu etanolowego (W1), a istotnie niższą ($p < 0,05$) dla żelków z maceratem miodowym (o 49%)

i cukrowym (o 61%). Udział ekstraktów owocowych w kształtowaniu tego parametru był istotny w przypadku wariantów W1 i W3, ale nie dla W5.

Dodatek ekstraktów owocowych istotnie zwiększał zawartość związków fenolowych w żelkach w porównaniu do kontroli K ($p < 0,05$), przy czym udział polifenoli pochodzących z propolisu był w tym przypadku bardziej wyraźny (porównanie K i Ko) (tabela 3). Największą zawartość związków fenolowych wykazano dla żelków z dodatkiem koncentratu ekstraktu etanolowego, niższą dla żelków z maceratem owoców w miodzie (o 9%) i cukrze (o 27%). Zawartość związków polifenolowych była dodatnio skorelowana z pomiarami potencjału antyoksydacyjnego, a wyznaczone współczynniki korelacji Pearsona wynosiły odpowiednio: TPC-DPPH $r = 0,851$, TPC-FRAP 0,257 oraz FRAP-DPPH 0,366. Wskazuje to na istotny udział polifenoli w kształtowaniu zdolności do zmiatania rodnika DPPH, co wykazano wielokrotnie zarówno dla miodów odmianowych, jak i ekstraktów roślinnych [Dżugan i in. 2020]. Niski współczynnik korelacji wyników uzyskanych metodą FRAP i DPPH może wynikać z różnic w mechanizmach działania obu testów (FRAP – redukcja jonów żelaza, DPPH – wyłapywanie syntetycznego rodnika) oraz składu chemicznego badanych próbek (rodzaje antyoksydantów, składniki interferujące) [Jakobek 2015, Shahidi i Zhong 2015]. Niektóre antyoksydanty, w tym polifenolowe, mogą być bardziej efektywne w danym teście ze względu na budowę chemiczną i specyficzne interakcje z reagentami, np. lipofilowe w teście DPPH [Zych i Krzepiło 2010]. W przypadku próbek żywności należy również uwzględnić efekt złożonej matrycy, w której oznaczane są antyoksydanty, np. obecność w badanych ekstraktach cukrów redukujących oraz żelatyny może wpływać na wynik testów redukujących [Jakobek 2015]. Wiadomo, że owoce są bogatym źródłem licznych substancji przeciwutleniających, w tym przede wszystkim polifenoli, jednak skład ilościowy oraz jakościowy związków odpowiedzialnych za działanie antyoksydacyjne różni się w zależności od gatunku owoców [Szajdek i Borkowska 2004] oraz stopnia przetworzenia produktu [Gheribi 2011].

Badania wykazały, że zastosowanie naturalnych barwników w ilości 0,5% pozwoliło uzyskać żelki o barwie pomarańczowożółtej i intensywnie czerwonej. Dodatek barwników generalnie nie wpływał na wartość analizowanych parametrów aktywności antyoksydacyjnej ($p > 0,05$), chociaż wyniki uzyskane dla żelków barwionych były nieco wyższe. Ich barwa nie ulegała zmianie podczas długotrwałego (75 dni) przechowywania w warunkach chłodniczych, chociaż utraciły one połysk i stały się bardziej matowe, co może wskazywać na zmiany w strukturze żelu podczas przechowywania w niskiej temperaturze. Zaobserwowano natomiast pojawienie się pleśni na powierzchni żelków kontrolnych Ko (rysunek 2). Dodatek propolisu zwiększył stabilność mikrobiologiczną produktu K, ale nie hamował całkowicie rozwoju pleśni. Dla pozostałych wariantów, zawierających w swojej masie zarówno 10-procentowy ekstrakt propolisowy jak i ekstrakt z pigwowca, nie stwierdzono oznak pleśnienia (rysunek 2).



Rysunek 2. Stan mikrobiologiczny żelków przechowywanych w temperaturze chłodniczej przez 75 dni

Źródło: opracowanie własne

Instrumentalna ocena tekstury żelków

Kluczowym elementem decydującym o atrakcyjności konsumenckiej żelków, oprócz smaku i barwy, jest ich tekstura. Powinny być one miękkie i sprężyste oraz łatwe do żucia. Analiza tekstury wytworzonych żelków owocowych (tabela 4) wykazała, że największą twardością charakteryzował się wariant W1 zawierający zatężony ekstrakt z pigwowca, z kolei najmniejszą twardością cechowały się żelki na bazie maceratu miodowego, zwłaszcza z dodatkiem barwników. Adhezyjność dla wszystkich wariantów była porównywalna, chociaż niewielki spadek ($p > 0,05$) wartości stwierdzono dla żelków W1, W5, W6 i W7. Ponadto ustalono, że warianty żelków wykazujące wysoką twardość mają również najwyższe wyniki gumiaistości. Należy podkreślić, że instrumentalny test TPA jest doskonałym uzupełnieniem testów sensorycznych, pozwala uzyskać miarodajne informacje o teksturze produktów niezależnie od indywidualnych preferencji oceniających. Zastosowany w prezentowanych badaniach test pozwolił na obiektywne porównanie jakości uzyskanych żelków i wykazanie, że korzystniejsze parametry tekstury posiadały żelki na bazie maceratu w miodzie.

Tabela 4. Analiza tekstury żelków w teście podwójnego ściskania (średnia $\pm$ SD)

WARIANT	Twardość 1 [N]	Twardość 2 [N]	Adhezyjność [N.mm]	Kohezyjność [Ratio]	Sprężystość [mm]	Gumiaistość [N]
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Ko	29,87 $\pm$ 4,81 ^a	28,33 $\pm$ 4,07 ^a	0,12 $\pm$ 0,03 ^a	0,84 $\pm$ 0,03 ^a	4,24 $\pm$ 0,26 ^a	24,95 $\pm$ 3,31 ^a
K	26,64 $\pm$ 1,51 ^a	24,66 $\pm$ 1,41 ^a	0,13 $\pm$ 0,01 ^b	0,81 $\pm$ 0,01 ^a	4,34 $\pm$ 0,46 ^a	21,61 $\pm$ 1,31 ^a
W1	39,20 $\pm$ 2,80 ^a	36,02 $\pm$ 2,50 ^b	0,11 $\pm$ 0,00 ^a	0,81 $\pm$ 0,03 ^a	3,89 $\pm$ 0,12 ^a	31,66 $\pm$ 1,23 ^b
W2	30,70 $\pm$ 2,80 ^a	20,59 $\pm$ 14,29 ^b	0,21 $\pm$ 0,12 ^a	0,84 $\pm$ 0,04 ^a	4,16 $\pm$ 1,82 ^a	18,16 $\pm$ 1,26 ^b
W3	20,14 $\pm$ 14,98 ^a	19,00 $\pm$ 13,83 ^a	0,21 $\pm$ 0,13 ^a	0,86 $\pm$ 0,08 ^a	4,21 $\pm$ 0,95 ^a	18,56 $\pm$ 11,97 ^a

1	2	3	4	5	6	7
W4	31,75 ± 2,62 ^a	29,57 ± 2,32 ^a	0,12 ± 0,02 ^a	0,80 ± 0,04 ^a	4,40 ± 0,29 ^a	25,42 ± 2,37 ^a
W5	27,84 ± 1,04 ^b	26,10 ± 1,27 ^b	0,12 ± 0,01 ^a	0,77 ± 0,02 ^a	4,11 ± 0,05 ^a	21,53 ± 1,40 ^b
W6	26,10 ± 3,45 ^b	23,92 ± 2,94 ^b	0,10 ± 0,01 ^a	0,76 ± 0,02 ^a	4,25 ± 0,16 ^a	19,98 ± 3,11 ^b
W7	33,99 ± 4,39 ^b	31,46 ± 3,75 ^b	0,09 ± 0,02 ^a	0,79 ± 0,01 ^a	4,48 ± 0,09 ^a	26,76 ± 3,70 ^b

a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie kolumn

Źródło: opracowanie własne

Wnioski

Żelki na bazie ekstraktu owoców pigwowca, propolisu i miodu charakteryzują się wzmocnioną aktywnością antyoksydacyjną i zawartością związków polifenolowych zależną od rodzaju użytego ekstraktu owocowego. Najlepszą wydajność ekstrakcji składników bioaktywnych z owoców uzyskano z zastosowaniem płynnego miodu. Żelki z dodatkiem maceratu owoców pigwowca w miodzie wykazywały także najkorzystniejsze cechy tekstury. Żelki można zabarwić, używając naturalnych barwników, co zwiększa atrakcyjność konsumencką produktu, a dodatkowo może dodatnio wpływać na jego właściwości antyoksydacyjne. Dodatek propolisu i ekstraktów owocowych powodował również wzrost stabilności mikrobiologicznej żelków.

Funkcjonalne słodyczne wytworzone na bazie składników o uznanym działaniu leczniczym, takich jak propolis i miód (api-) oraz ekstrakty z owoców o udowodnionym działaniu przeciwzapalnym (-fito-), stanowią produkt o potencjalnym działaniu apifitoterapeutycznym. Sposób spożywania żelków, dłuższe przeżuwanie w jamie ustnej, pozwala na uwolnienie wszystkich składników bioaktywnych i zwiększa miejscowe działanie antybakteryjne. Oczekiwane korzyści wynikające ze spożycia żelków wzbogaconych wymagają jednak potwierdzenia w kolejnych badaniach.

Bibliografia

- Byczkiewicz S., Kobus-Cisowska J., Szulc P., Telichowska A., Szczepaniak O., Dziedzinski M. (2019). Pigwowiec japoński (*Chaenomeles japonica* L.) jako surowiec o właściwościach prozdrowotnych – aktualny stan wiedzy. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, (5), 22–25.
- Dżugan M., Miłek M., Sidor E., Grabek-Lejko D. (2020) Apifitoterapia: synergistyczne działanie miodu i roślin leczniczych. *Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego*, 7–254.

- Dżugan M., Tomczyk M., Sowa P., Grabek-Lejko D. (2018). Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules*, 23(8), 2069.
- Gheribi E. (2011). Związki polifenolowe w owocach i warzywach. *Medycyna Rodzinna*, 4(60), 111–115.
- Jakobek L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chem.*, 175, 556–567.
- Juszczak L., Cabaj A. (2023) Propolis jako funkcjonalny składnik żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (135), 144–162.
- Kudelka W., Jachna D. (2009). Charakterystyka żywności o obniżonej wartości energetycznej. *Zeszyty Naukowe/Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*, 834, 69–96.
- Marosz A. (2016). *Pigwowiec. Szkółkarstwo*, 3, 6–17.
- Naczek M., Shahidi F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1–2), 95–111.
- Olejniczak M. (2016). Model zakupu produktów żywnościowych opatrzonych oświadczeniami żywieniowymi i zdrowotnymi. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, (114), 69–80.
- Pilarska A.A., Gawałek J. (2016). Hydrokoloidy – substancje stabilizujące żywność. Cz. I. Funkcje, modyfikacje i uwarunkowania prawne. *Przemysł Spożywczy*, 70(3), 36–39.
- Shahidi F., Zhong Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, Part B, 757–781.
- Staniewska K., Jakubowska D., Radzyńska M. (2016). Wybrane socjodemograficzne determinanty postaw konsumentów wobec żywności o obniżonej zawartości cukru. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, (113), 145–157.
- Szajdek A., Borowska J. (2004). Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 11(4 spec), 5–27.
- Szeleszczuk Ł., Zielińska-Pisklak M., Goś P. (2013). Propolis – panaceum prosto z ula. *Lek w Polsce*, 23(6–7), 32–39.
- Tal-Figiel B., Figiel W. (2010). Porównanie efektywności ekstrakcji surowców roślinnych za pomocą niekonwencjonalnych technik ekstrakcyjnych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 3, 115–116.
- Teixeira-Lemos E., Almeida A.R., Voug, B., Morais C., Correia I., Pereira P., Guiné R.P. (2021). Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits. *Open Agriculture*, 6(1), 466–478.
- www1. <https://slodyczowo.pl/Slodycze/Zelki-wegetarianskie> (dostęp: 10.08.2025).
- Zych I., Krzepiło A. (2010). Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH. *Chemia – Dydaktyka – Ekologia – Metrologia*, 5 (1), 51–54.

Use of fruit extracts and propolis in the production of functional sweets

Abstract: The aim of the study was to determine the recipe for jellies based on extracts from quince fruit, honey and propolis and to assess their antioxidant properties and texture. Quince fruit extracts were obtained using the classic water-ethanol extraction method assisted by ultrasound and maceration in honey and sugar. It was found that the most beneficial antioxidant properties and the highest content of phenolic compounds were demonstrated by the macerate of fruit in honey. A recipe for jellies based on gelatin, honey and extracts was developed, including those colored with natural food dyes (a total of 7 variants and 2 control samples). Jellies based on honey macerate were characterized by the most favorable texture parameters, although they showed lower antioxidant activity than jellies with the addition of concentrated quince extract. Coloring jellies with natural dyes increased the consumer attractiveness of the sweets. Due to the increased microbiological stability during storage, it can be assumed that the developed sweets may have antimicrobial activity in the oral cavity, but this requires further research.

