

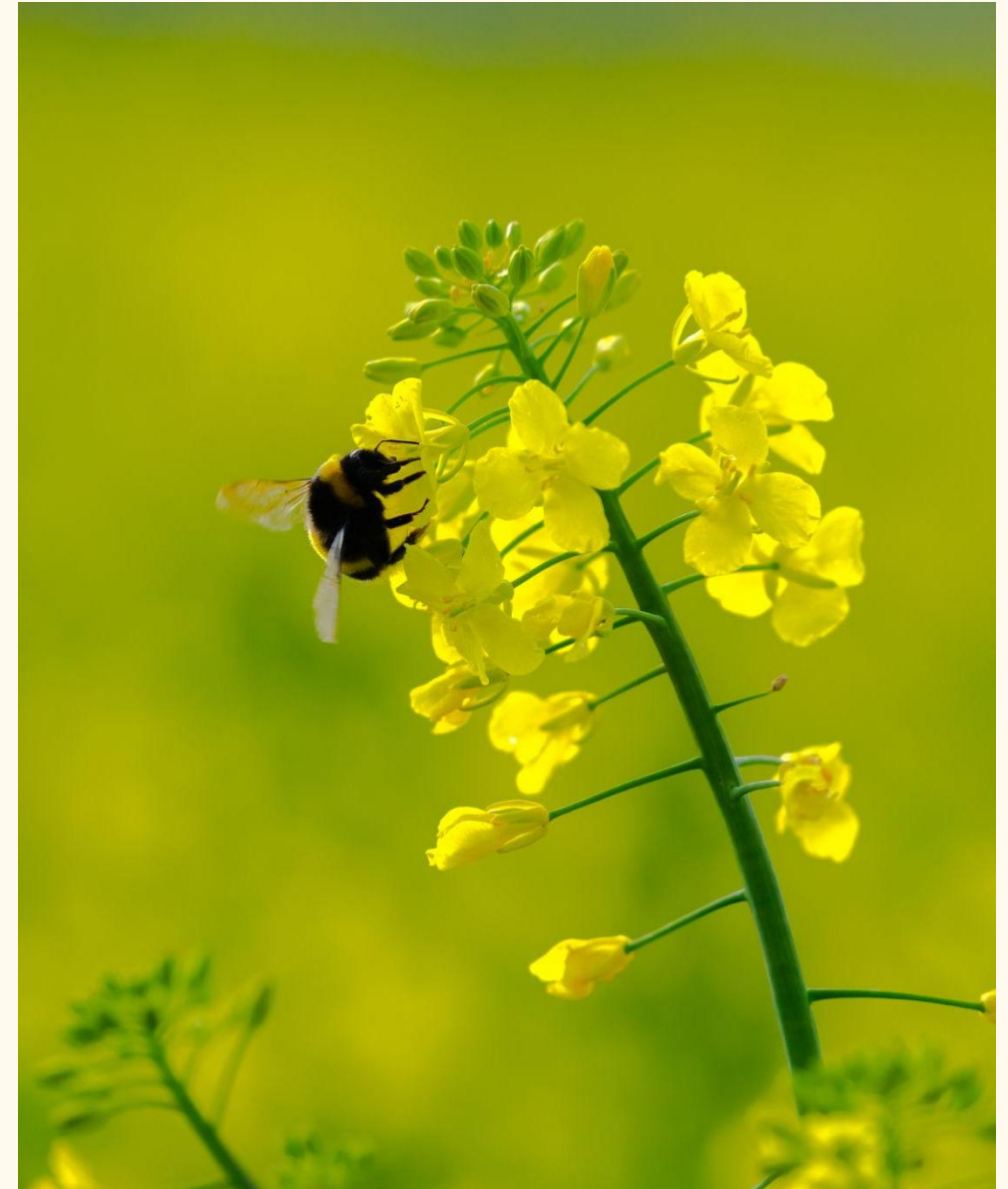
Jak powstają obnóża pszczele

Właściwości fizykochemiczne pyłku

Od kwiatu do obnóża, od obnóża do pierzgi

Jakub Wilk

Zakres: mechanizm zbioru pyłku • budowa obnóża • skład i parametry fizykochemiczne • jakość, bezpieczeństwo i zastosowania



Plan prezentacji

Logiczny ciąg: roślina → zbieraczka → obnóże → magazynowanie → właściwości pyłku

- Rola pyłku w biologii pszczoły i rodziny pszczelej.
- Jak pyłek przyczepia się do ciała owada podczas wizyty na kwiecie.
- Anatomia aparatu zbierającego: szczoteczki, grzebienie i koszyczek pyłkowy.
- Powstawanie obnóży krok po kroku oraz ich transport do ula.
- Przejście od obnóży do pierzgi i znaczenie fermentacji w komórce.
- Właściwości fizyczne, chemiczne i bioaktywne pyłku oraz ich zmienność.
- Jakość, bezpieczeństwo, alergeny, metody pozyskiwania i praktyczne zastosowania.



Obnóże = zbita grudka pyłku formowana przez pszczołę na zewnętrznej stronie goleni tylnej nogi.

Dlaczego pszczoły zbierają pyłek?

Pyłek jest dla rodziny pszczelej głównym źródłem białka i wielu mikrośladników.

Funkcje biologiczne

- Źródło aminokwasów, lipidów, witamin i soli mineralnych.
- Kluczowy składnik żywienia młodych robotnic i czerwiu.
- Wpływa na rozwój gruczołów gardzielowych i produkcję pokarmu dla larw.
- Warunkuje tempo rozwoju rodziny, czerwienie matki i odporność.

Skala zużycia

Jedna rodzina pszczela może zużywać około 30 kg pyłku rocznie – to pokazuje, że jest to surowiec podstawowy, a nie dodatek.

W praktyce pyłek stanowi „białkową bazę pasieki” i obok nektaru (miodu) jest kluczowym elementem żywienia pszczół



Od kwiatu do ciała pszczoły

Pierwszy etap powstawania obnóża to przyczepienie luźnych ziaren pyłku do owłosienia owada.

- Rośliny owadopylne wytwarzają pyłek o zróżnicowanej wielkości, rzeźbie i lepkości, często dobrze dostosowany do transportu przez owady.
- Na ciele pszczoły pyłek osadza się mechanicznie i elektrostatycznie; znaczenie mają włoski okrywające ciało oraz różnica ładunków między kwiatem a owadem.
- Część pyłku pozostaje luźna na głowie, tułowi i odwłoku – i właśnie ta część najłatwiej uczestniczy w zapylaniu kolejnych kwiatów.
- Dopiero później pszczoła zmiata część ziaren z powierzchni ciała i formuje z nich zwartą grudkę do transportu.



Aparat zbierający pyłek u pszczoły miodnej

Obnóże nie powstaje przypadkowo – tworzy je wyspecjalizowany układ struktur na tylnych nogach.



Koszyczek pytkowy (corbicula)

Gładka, lekko wklęsła powierzchnia goleni tylnej nogi, otoczona sztywnymi włoskami.

Szczoteczki i grzebienie

Zmiatają pyłek z włosków ciała i przesuwają go między odnóżami.

Prasa pytkowa

Między golenią a pierwszym członem stopy – umożliwia ubijanie grudki.

Spójność ładunku

Zapewniają ją wilgoć, nektar/miód i wydzieliny ślinowe oraz zagęszczenie mechaniczne.



zmęczona lotem pszczoła z obnóżami pyłkowymi osiadła na szybie



Jak powstaje obnóże? – sekwencja zdarzeń

Mechanizm jest powtarzalny: zbiór na kwiecie, czyszczenie ciała, zwilżanie, ubijanie i transport.

1. Kontakt z kwiatem

Pyłek osadza się na owłosionym ciele podczas zbioru nektaru lub pyłku.

2. Zgarnianie

Przednie i środkowe nogi oraz aparat gębowy zmiatają ziarna z głowy i tułowia.

3. Zwilżanie

Pyłek miesza się z niewielką ilością nektaru/miodu i śliny.

4. Prasowanie

Miękka masa jest ubijana i przesuwana do koszyczka pyłkowego.

5. Gotowe obnóże

Na każdej tylnej nodze powstaje zwarta grudka gotowa do lotu powrotnego.

Ważna konsekwencja biologiczna: pyłek ciasno sprasowany w corbicula słabiej uczestniczy w zapylaniu niż pyłek pozostający luźno na włoskach ciała.

Po powrocie do ula: od obnóża do pierzgi

To, co zbiera zbieraczka, nie jest jeszcze pierzgą – potrzebne jest złożenie, ubicie i częściowa fermentacja.

- Zbieraczka składa obnóża bezpośrednio do komórek plastra.
- Pszczoły gniazdowe dodają do pyłku miód/nektar i rozkładają go warstwami równoległymi do dna komórki.
- Warstwa miodu na powierzchni ogranicza dostęp tlenu i sprzyja przemianom biochemicznym.
- Tak powstaje pierzga – produkt bardziej stabilny i łatwiej wykorzystywany przez rodzinę niż świeże obnóża.

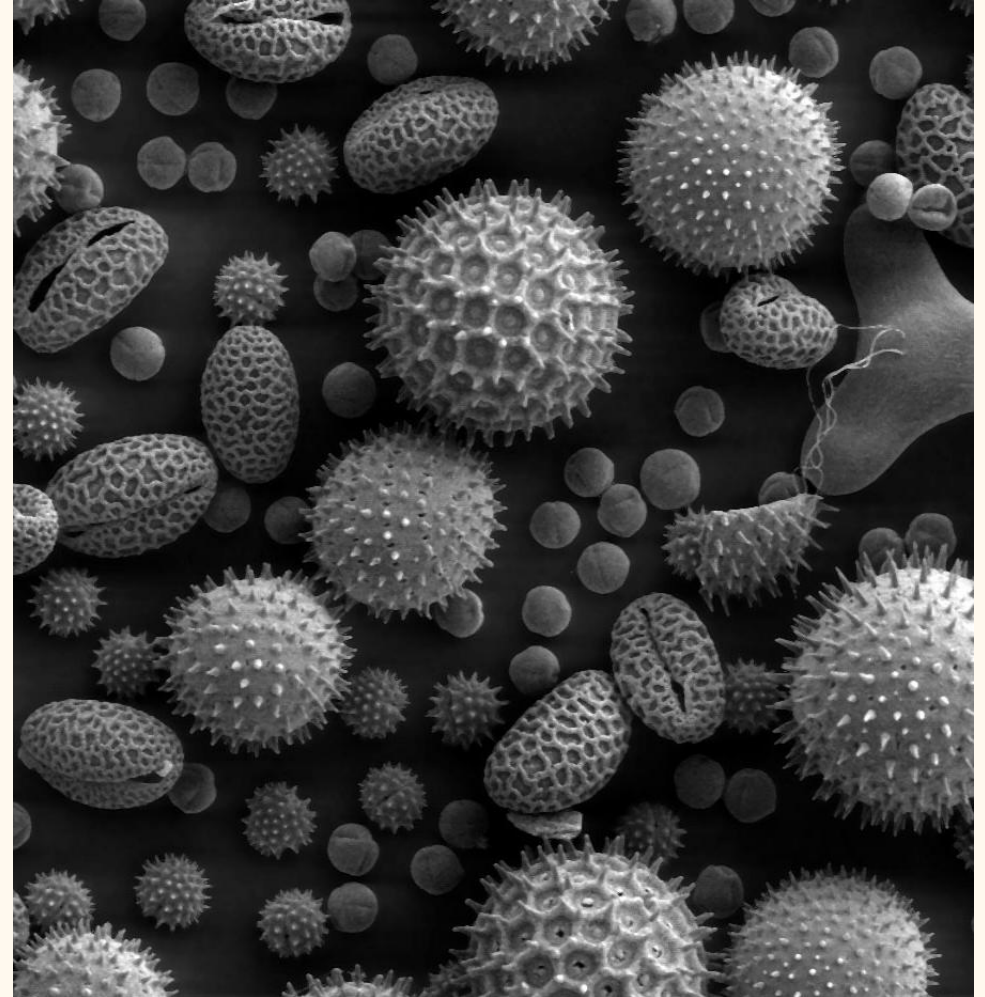
Świeże obnóże = materiał transportowy. Pierzga = materiał magazynowy i żywieniowy.



Pyłek jako materiał biologiczny

Właściwości pyłku zaczynają się od budowy pojedynczego ziarna.

- Ziarna pyłku mają bardzo zróżnicowaną wielkość, kształt i rzeźbę powierzchni; ułatwia to identyfikację botaniczną.
- Ściana pyłku składa się z warstw ochronnych, w tym bardzo odpornej egzyny zawierającej sporopoleninę.
- Pory i bruzdy umożliwiają kiełkowanie łagiewki pyłkowej, ale dla pszczoły oznaczają też inną podatność ziarna na pękanie i uwalnianie składników.
- Cechy morfologiczne wpływają na sypkość, zdolność wiązania wody, barwę oraz przydatność pyłku do analiz palinologicznych.



Ziarno pyłku, obnóże, pierzga – to nie to samo

W praktyce pszczelarskiej i analitycznej trzeba rozróżniać trzy poziomy „przetworzenia” surowca.

Ziarno pyłku

Pojedyncza jednostka biologiczna produkowana przez roślinę.

Cechy: wielkość, kształt, apertury, ornamentacja, skład wewnętrzny.

Obnóże pyłkowe

Grudka z wielu ziaren pyłku sprasowanych i zwilżonych przez pszczołę.

Cechy: barwa, masa, spoistość, zawartość wody, udział nektaru/śliny.

Pierzga

Pyłek złożony w komórce, ubity i częściowo przefermentowany.

Cechy: większa stabilność, zmieniony profil biochemiczny i mikrobiologiczny.

Zmienność wizualna i użytkowa pyłku

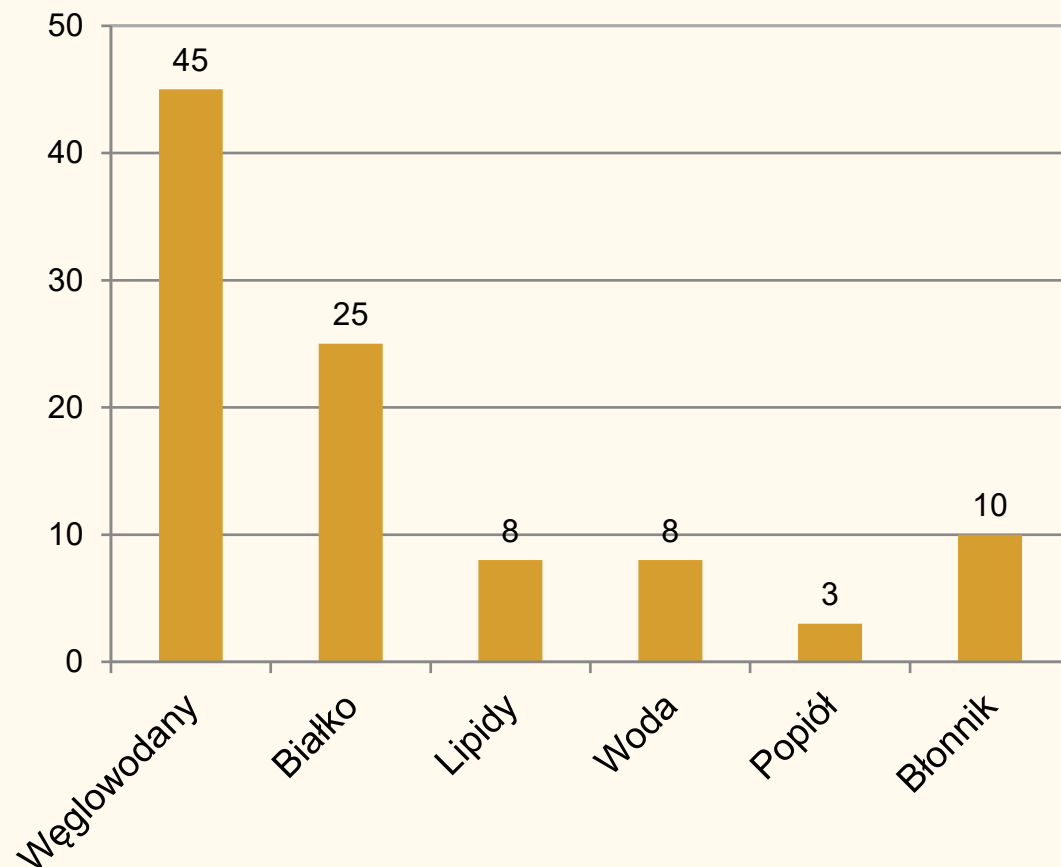
Kolor i wygląd obnóży wynikają przede wszystkim z pochodzenia botanicznego.

- Barwa pyłku bywa żółta, kremowa, pomarańczowa, czerwona, zielonkawa, brunatna, a nawet prawie czarna.
- Masa pary obnóży zwykle mieści się w zakresie około 8–20 mg, ale zależy od gatunku rośliny i kondycji zbieraczki.
- Obnóża pojedynczej pszczoły często są niemal jednorodne botanicznie, co wynika z wierności kwiatowej podczas lotu zbieraczki.
- Zmienność pochodzenia pyłku przekłada się na różnice w składzie białek, lipidów, cukrów, minerałów i związków fenolowych.



Typowy skład chemiczny pyłku pszczelego

Wartości są orientacyjne – zależą od pochodzenia botanicznego, sezonu, regionu i sposobu suszenia.



Co wynika z tego składu?

- Pyłek jest surowcem gęstym odżywczo, ale bardzo zmiennym.
- Białko może być wysokie, lecz profil aminokwasowy zależy od rośliny.
- Znaczna część wartości funkcjonalnej wynika nie tylko z makroskładników, ale z polifenoli, karotenoidów i mikroelementów.
- Wysoka higroskopijność oznacza potrzebę szybkiego suszenia i szczelnego przechowywania.

Najważniejsze grupy składników

To, co interesuje pszczołę i człowieka, to nie tylko ilość składników, ale też ich jakość biologiczna.

Białka i aminokwasy

Budulec żywieniowy; skład zależy od taksonu rośliny. Ważne są aminokwasy egzogenne oraz strawność.

Lipidy i kwasy tłuszczowe

W tym fosfolipidy i kwasy nienasycone; wpływają na wartość energetyczną i funkcjonalną.

Cukry i polisacharydy

Glukoza, fruktoza, sacharoza oraz składniki ściany komórkowej; część cukrów pochodzi z dodatku nektaru podczas formowania obnóża.

Witaminy i minerały

Szczególnie witaminy z grupy B, witamina C, karotenoidy oraz K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn.

Polifenole i karotenoidy

Nadają barwę i odpowiadają za znaczną część aktywności antyoksydacyjnej.

Enzymy i związki drobnocząsteczkowe

Występują w małych ilościach, ale wpływają na przemiany podczas przechowywania i fermentacji.

Właściwości fizykochemiczne – co mierzy się w praktyce?

To parametry ważne dla żywności, standaryzacji, przechowywania i oceny jakości.

Parametry podstawowe

- Wilgotność / aktywność wody – decydują o trwałości mikrobiologicznej.
- pH i kwasowość – odzwierciedlają pochodzenie surowca i przemiany podczas przechowywania.
- Popiół i przewodność – pośrednio informują o udziale składników mineralnych.
- Gęstość nasypowa, spoistość, sypkość – istotne technologicznie przy suszeniu i pakowaniu.

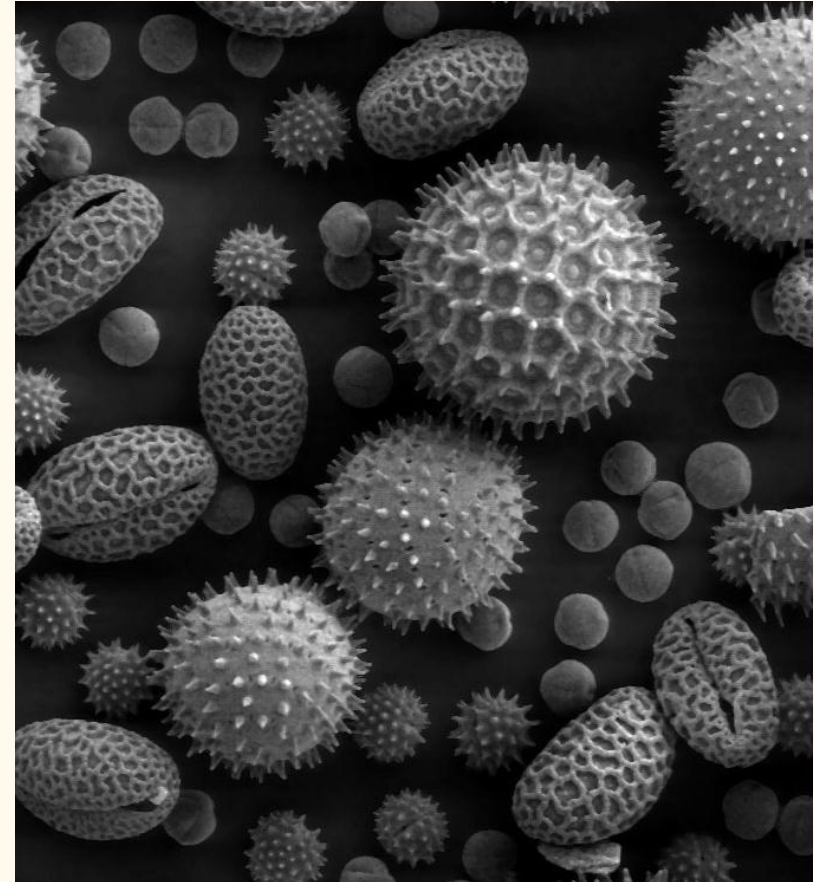
Parametry funkcjonalne i analityczne

- Barwa – zwykle najszybszy wskaźnik pochodzenia botanicznego, ale nie jedyny.
- Rozpuszczalność, zdolność wiązania wody i tłuszczu – ważne w przetwórstwie spożywczym.
- Stabilność oksydacyjna – zależna od lipidów i antyoksydantów.
- Profil FTIR / chromatograficzny – używany do różnicowania partii i wykrywania zafałszowań.

Znaczenie biologiczne i bioaktywność pyłku

W literaturze dominują badania nad potencjałem antyoksydacyjnym i przeciwzapalnym.

- Wysoka zawartość związków fenolowych i karotenoidów wiąże się z aktywnością antyoksydacyjną.
- Opisywano również działanie przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe i wspierające regenerację tkanek – ale siła efektu zależy od ekstraktu i modelu badawczego.
- Ważne rozróżnienie: potencjał biologiczny potwierdzony *in vitro* nie zawsze oznacza ten sam efekt kliniczny u człowieka.
- W pszczelarstwie i żywności pyłek traktuje się raczej jako wartościowy surowiec funkcjonalny niż „uniwersalny lek”.



Jakość i bezpieczeństwo

Największe ryzyka to wilgoć, zanieczyszczenia mikrobiologiczne, alergeny i zanieczyszczenia środowiskowe.

Wilgoć

Świeży pyłek szybko chłonie wodę i łatwo ulega zepsuciu.

Mikrobiologia

Niewłaściwe suszenie lub magazynowanie zwiększa ryzyko drożdży i pleśni.

Alergeny

Białka pyłkowe mogą wywoływać reakcje uczuleniowe u wrażliwych osób.

Pozostałości

Możliwe są ślady pestycydów, metali ciężkich i innych zanieczyszczeń środowiska.

Standaryzacja

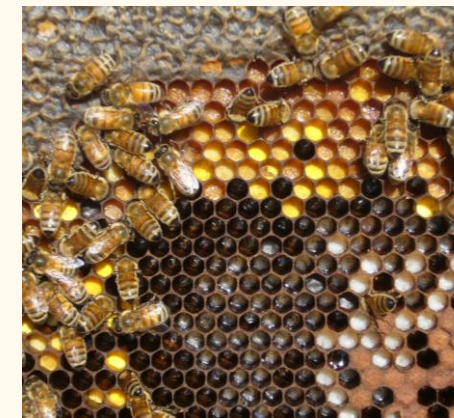
Jakość zależy od pochodzenia, partii, suszenia, czystości i sposobu deklaracji botanicznej.

Wniosek praktyczny: pyłek trzeba szybko oczyścić, dosuszyć i przechowywać szczelnie, najlepiej w chłodzie i bez dostępu światła.

Pozyskiwanie pyłku w pasiece

Najczęściej stosuje się poławiacze pyłku umieszczane przy wylotku lub na dennicy.

- Pszczoła przechodząc przez kratkę traci część obnóży, które spadają do szuflady/pojemnika.
- Zbiór powinien być prowadzony ostrożnie i okresowo – nadmierne odławianie pyłku może osłabiać rodzinę.
- Pozyskany surowiec trzeba szybko oczyścić z zanieczyszczeń i utrwalić przez suszenie lub mrożenie.
- Przy ocenie jakości ważne są: świeżość, zapach, jednorodność, brak zawilgocenia i zanieczyszczeń obcych.



W praktyce: poławiacz odbiera tylko część tego, co pszczoła przynosi. Pasieka nie może zostać pozbawiona własnej bazy białkowej.

Zastosowania pyłku i obnóży

Obszary użycia obejmują żywność, badania, monitoring środowiska i pszczelarstwo.

Żywność funkcjonalna

Suplement i składnik produktów spożywczych o wysokiej gęstości odżywczej.

Monitoring środowiska

Pyłek i produkty pszczele mogą gromadzić informacje o zanieczyszczeniach i florze regionu.

Melissopalinologia

Analiza pyłku do identyfikacji pochodzenia botanicznego i oceny bazy pożytkowej.

Żywienie rodzin pszczelich

Ocena zasobów pyłku (pierzgi) pomaga przewidywać rozwój rodziny i potrzebę interwencji.

Zastosowania pyłku i obnóży

Obszary użycia obejmują żywność, badania, monitoring środowiska i pszczelarstwo.

Minerały

Makroelementy:

- K, Mg, Ca, P

Mikroelementy:

- Fe, Zn, Cu, Mn, Se

👉 funkcje:

- krwiotworzenie
- odporność
- układ nerwowy

Polifenole

Flawonoidy:

- kwercetyna, kemferol, apigenina

Fenolokwasy:

- kawowy, ferulowy, chlorogenowy

Działanie:

- antyoksydacyjne
- przeciwzapalne
- kardioprotekcyjne

Enzymy i fitosterole

Enzymy:

- amylaza, inwertaza, fosfatazy

Fitosterole:

- β-sitosterol

👉 działanie:

- wsparcie trawienia
- regulacja cholesterolu

Białko i aminokwasy

- 20–30% białka

- wysoka wartość biologiczna

Aminokwasy egzogenne:

- lizyna, metionina, leucyna, izoleucyna
- walina, treonina, fenyloalanina

👉 Znaczenie:

- regeneracja
- budowa tkanek
- odporność

Witaminy

z grupy B:

- B1, B2, B3 (PP), B5, B6, B7, B9
- śladowo: B12

Pozostałe:

- Witamina C
- Witamina E (tokoferole)
- β-karoten (prowitamina A)

Funkcje:

- metabolizm energetyczny
- układ nerwowy
- odporność

Kwasy tłuszczowe

- obecne w niewielkiej ilości, ale istotne jakościowo

Najważniejsze:

- kwas linolowy (omega-6)
- kwas α-linolenowy (omega-3)

👉 działanie:

- przeciwzapalne
- wsparcie układu krążenia

Działanie prozdrowotne

Obszary użycia obejmują żywność, badania, monitoring środowiska, archeologię i pszczelarstwo.

Działanie prozdrowotne

odżywcze

regeneracyjne

hipolipemiczne obniżające poziom lipidów (tłuszczów) we krwi, takich jak cholesterol (w tym frakcji LDL) oraz trójglicerydy

detoksykacyjne

adaptogenne zwiększa odporność organizmu na stres fizyczny, psychiczny i środowiskowy

antybakteryjne

przeciwzapalne

przeciwalergiczne

Przeciwnowotworowe

Homeostatyczne regulujące

podsumowanie

Pyłek pszczele to:

- skoncentrowane źródło witamin (szczególnie B)
- bogactwo polifenoli
- pełnowartościowe białko
- mikroelementy i enzymy

👉 Efekt:

- działanie antyoksydacyjne
- wsparcie odporności
- wpływ na metabolizm

Najważniejsze wnioski

5 tez, które warto zapamiętać po wykładzie

- Obnóże powstaje z pyłku zgromadzonego na ciele pszczoły, zmiatanego odnóżami, zwilżanego i ubijanego w koszyczku pyłkowym.
- Świeże obnóże jest przede wszystkim formą transportu; w ulu zostaje ono przekształcone w pierzgę – formę magazynową.
- Właściwości fizykochemiczne pyłku są bardzo zmienne i silnie zależą od pochodzenia botanicznego oraz obróbki po zbiorze.
- Największą wartość biologiczną tworzą nie tylko białka i cukry, ale także lipidy, witaminy, minerały i związki fenolowe.
- Jakość pyłku decyduje o jego przydatności żywieniowej i badawczej, dlatego kluczowe są szybkie utrwalanie, czystość i właściwe przechowywanie.

Wybrane źródła

Do prezentacji wykorzystano podręcznik, źródła referencyjne i artykuły przeglądowe.

- Bieńkowska i in. (red.), Chów i hodowla pszczół, PWRiL, 2024 – rozdz. 12.3 oraz 15.7.
- Wikipedia PL: „Pyłek” – podstawy budowy, składu i funkcji pyłku.
- FAO, Value-added products from beekeeping – chapter on pollen.
- Komosinska-Vassev K. i in., Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application, 2015.
- Khalifa S.A.M. i in., Bee Pollen: Current Status and Therapeutic Potential, 2021.
- El Ghouizi A. i in., Bee Pollen as Functional Food, 2023.
- Prđun S. i in., Characterization of Bee Pollen: Physico-Chemical Properties, 2021.
- Campos M.G.R. i in., Bee Collected Pollen – General Aspects and Chemical Composition.
- Clarke D. i in., The bee, the flower, and the electric field, 2017.