

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

# Chemiczne oblicze czekolady

## *The chemical face of chocolate*

Natalia Niziurska<sup>1</sup>, Magdalena Skokoń<sup>2</sup>

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

**ABSTRAKT:** Czekolada od początku swojego istnienia uważana była za afrodyzjak, źródło mądrości i energii, a nawet stosowana jako lokalna waluta. Już w VII w n.e. Majowie przyrządzali napój z ziarna kakaowego zwany „gorzką wodą”, który spożywany był wyłącznie przez arystokrację oraz podczas obrzędów religijnych, a według ludowych wierzeń stanowił również pokarm bogów. Od chwili zerwania ziarna kakaowca do momentu wzięcia pierwszego kęsa czekolady, chemia odgrywa ważną rolę, ponieważ wpływa na kolor, smak, konsystencję i aromat. Walory te są zasługą wielu procesów chemicznych i biologicznych, które zachodzą na wszystkich etapach obróbki ziarna. Otrzymana tabliczka szczęścia zawiera nie tylko pewną ilość substancji o działaniu psychoaktywnym jak np. kofeinę czy teobrominę, ale również szereg składników mineralnych, witamin oraz polifenoli. Po spożyciu czekolady wspomniane chemikalia działają „magicznie”, subtelnie wpływając na mózg i ciało, co potwierdza wiele naukowych badań. Pomimo trendu na prowadzenie zdrowego trybu życia, dietetycy nie odradzają spożywania czekolady, a wręcz wskazują na jej działania prozdrowotne m. in. leczenie chorób układu krążenia, anemii, dolegliwości związanych z układem nerwowym oraz korzystny wpływ na samopoczucie. Jednak mimo powstałej listy 100 dolegliwości, którym czekolada może zaradzić należy mieć na uwadze również niepożądane następstwa i przeciwwskazania do jej spożywania.

**ABSTRACT:** From its earliest days, chocolate has been considered an aphrodisiac, a source of wisdom and energy, and has even been used as local currency. As early as the 7th century AD, the Maya made a beverage made from cocoa beans called 'bitter water', which was consumed only by the aristocracy and during religious ceremonies and, according to folk beliefs, was also the food of the gods. From the moment the cocoa bean is picked to the moment the first bite of chocolate is taken, chemistry plays an important role by influencing colour, flavour, texture and aroma. These qualities are due to the many chemical and biological processes that take place at all stages of the bean's processing. The resulting slab of happiness contains not only a certain amount of substances with psychoactive effects such as caffeine or theobromine, but also a number of minerals, vitamins and polyphenols. When chocolate is consumed, the aforementioned chemicals have a "magical" effect, subtly influencing the brain and body, as confirmed by many scientific studies. Despite the trend towards a healthy lifestyle, nutritionists do not discourage the consumption of chocolate; in fact, they point to its health-promoting effects, including the treatment of cardiovascular disease, anaemia, ailments related to the nervous system and its beneficial effects on well-being. However, despite the resulting list of 100 ailments that chocolate can remedy, we should also be aware of the undesirable consequences and contraindications to its consumption.

**Słowa kluczowe:** czekolada, składniki mineralne, substancje psychoaktywne, witaminy, polifenole, właściwości prozdrowotne

## 1. Wstęp

### 1.1. Krótka historia tabliczki czekolady

W dzisiejszych czasach, wiele osób uznaje czekoladę za fenomen nowoczesności, współczesny wynalazek ludzkości. Prawda jest jednak zupełnie inna. Ziarna kakaowca będące substratem do jej produkcji były znane już około tysiąc lat przed naszą erą. Początkowo ze zbiorów plantacyjnych

<sup>1</sup> natniziurska@student.agh.edu.pl

<sup>2</sup> mskokon@student.agh.edu.pl

tworzono wywary, co potwierdzają liczne badania archeologiczne wykazujące obecność teobrominy w nalotach obecnych na odnalezionych naczyniach. Po upadku cywilizacji Olmeków, tradycje związane z uprawą czekolady przejęli Majowie. Wykorzystywali oni nasiona kakaowca do produkcji tzw. „gorzkiej wody”. Xocolalit tworzono na bazie wrzątku oraz dodatków pieprzu, soli, miodu, chili i mąki kukurydzianej. Trunek ten stanowił istotny element kultu religijnego. Jako odpowiednik ambrozji był pity przez najważniejsze osoby w państwie [1,2]. Z kolei Aztekowie produkowali swój napój z roztartych ziaren kakaowca, kukurydzy, chili, miodu i wanilii, zaś w celu jego zabarwienia stosowali różnorodne płatki kwiatów. Czekolada była nie tylko źródłem mądrości, ukojenia oraz energii dla jej smakoszy, ale również była uważana za afrodyzjak i stosowana jako lokalny środek płatniczy [1,3].

Do Europy ziarna kakaowca trafiły za sprawą Hernando Corteza, który pomimo iż jak Krzysztof Kolumb nie uznawał napoju czekoladowego za godny miana ambrozji, to jednak założył jej uprawy jako „plantacje pieniędzy”. Jej smak odkryły dopiero siostry zakonne doprawiając napój śmietanką, wanilią oraz cukrem. Dopiero w XIX wieku Casparus van Houten wraz z synem odkryli metodę obróbki nasion kakaowca. Zaś na jej podstawie, Francis Fry uzyskał pierwszą w historii tabliczkę czekolady, którą z nielicznymi modyfikacjami znamy obecnie [1,3].

## 1.2. Produkcja czekolady

Produkcja czekolady rozpoczyna się od ziaren kakaowca, który obecnie uprawiany jest w Środkowej i Południowej Ameryce, na Karaibach, w Afryce, Indonezji oraz Malezji. Kakaowiec właściwy (z łac. *Theobroma cacao*) jest niewielkim, wiecznie zielonym drzewem, które owocuje w ciągu całego roku przez 20 lat [1,4]. W dojrzałym owocu kakaowca znajduje się od 20 do 60 białych ziaren otulonych białym miąższem. W zależności od wieku drzewa, w klimatu oraz podłoża glebowego, ziarna kakaowca mogą charakteryzować się różnorodnym smakiem i aromatem. Dlatego producenci czekolady w trakcie procesu produkcji wykorzystują minimum cztery rodzaje ziaren o różnym pochodzeniu, co pozwala na uzyskanie oryginalnego i unikatowego smaku gotowego wyrobu. Dodatkowo stosowanego są różnego rodzaju substancje aromatyczne, takie jak wanilia, orzechy a nawet karmel [1,4].

Po zbiorach, owoce kakaowca są przełamywane na pół, a z ich wnętrza wydobywa się ziarna wraz z otaczającym je miąższem i przechowuje przez kilka dni w pojemnikach pod przykryciem. Taki sposób powoduje powstanie warunków beztlenowych odpowiedzialnych za zachodzenie procesu fermentacji cukrów zawartych w miąższu. Początkowo drożdże rozkładają cukry na alkohol etylowy i dwutlenek węgla. Kolejno działaniem przejmują bakterie, które prowadzą do utlenienia alkoholu etylowego do kwasu mlekowego, a w miarę powstawania warunków tlenowych, kwas mlekowy ulega przekształceniu do kwasu octowego. Opisany proces fermentacji powoduje zmianę zabarwienia ziaren kakaowca z białej na brązową i w dużej mierze odpowiada za końcowy smak i aromat czekolady. Po zakończeniu fermentacji ziarna są poddawane suszeniu, paleniu, a następnie pakowane są w worki jutowe i rozprawdane po fabrykach czekolady na całym świecie [1,4].

Po dotarciu do fabryki ziarna są czyszczone i sortowane, a następnie mielone celem uzyskania miazgi kakaowej, będącej ciemną i gęstą masą, którą można utwardzić, aby uzyskać gorzką czekoladę lub poddać tłoczeniu celem otrzymania tłuszczu kakaowego. Właściwy proces produkcji czekolady rozpoczyna się od połączenia miazgi, tłuszczu, cukru, sproszkowanego mleka i innych dodatków zależnych od rodzaju końcowego wyrobu, które następnie poddawane są walcowaniu. Po tym etapie rozpoczyna się proces konszowania, którego nazwa pochodzi od kształtu stosowanej maszyny przypominającej muszlę (z hiszp. *concha*- muszla). Polega on na intensywnym, długotrwałym przerzucaniu i mieszaniu masy, zachodzącym w temperaturze od 55°C do 90°C. Konszowanie jest nieodzownym elementem procesu produkcji czekolady, ponieważ warunkuje zachodzenie procesów fizycznych i chemicznych, które odpowiadają za zmniejszenie zawartości wody, garbników, kwasów lotnych oraz lepkości. Dzięki tym przemianom zwiększa się udział substancji barwnych w masie

czekoladowej, poprawia się jej jednorodności, jak również dochodzi do zaokrąglenia cząstek stałych [1,4].

Aby uzyskać odpowiedni blask tabliczki czekolady i charakterystyczny trzask przy przełamywaniu, masa po procesie konszowania poddawana jest temperowaniu. Wspomniany proces polega na mieszaniu i schładzaniu masy, które powinno być prowadzone w temperaturze od 29°C do 31°C, aby zestalić wszystkie tłuszcze zawarte w masie i zapobiec ich oddzieleniu a tym samym zaburzeniu jednorodności końcowego wyrobu. Płynna masa przelewana jest kolejno do form a następnie ulega schłodzeniu w temperaturze od 8°C do 10°C. Ostatnim etapem jest opakowanie tabliczek czekolady w folię i naklejenie etykiet producenta [1,4].

Na rynku dostępne są trzy rodzaje wyrobów czekoladowych, do których zaliczana jest czekolada gorzka o zawartości kakao od 60% do 80%, czekolada mleczna 30%-40% oraz czekolada biała, w której obecny jest wyłącznie tłuszcz kakaowy i dodatki [1,4]. Przedmiotem powyższego artykułu są rozważania na temat czekolady gorzkiej, jej składu oraz wpływu na ludzki organizm.

## 2. Chemia tabliczki czekolady

Miłość do czekolady związana jest nie tylko z jej uzależniającym smakiem, ale również licznymi działaniami prozdrowotnymi. Według badań naukowych, poza wywoływaniem szczęścia i uczucia przyjemności, może również wspomagać leczenie blisko 100 dolegliwości jak np. apatii, zmęczenia, anemii i wielu innych objawów wpływających negatywnie na nasze zdrowie i samopoczucie. Analizując skład czekolady wykazano obecność składników takich jak: mikro- i makroelementy, flawonoidy, witaminy, a także substancje psychoaktywne zbliżone do tych obecnych w liściach marihuany. Czekolada jest źródłem białka, stanowiącego podstawowy składnik budulcowy wszystkich komórek naszego ciała, czynnik wzrostu oraz regeneracji. Zawiera wapń, wchodzący w skład szkieletu zębów i kości oraz uczestniczący w przenoszeniu impulsów nerwowych. Jego odpowiedni poziom w organizmie jest istotny, gdyż zarówno jego niedobór jak i nadmiar mogą powodować niebezpieczne skutki tj. bóle mięśni, stany depresyjne, zaburzenia masy kostnej, zaparcia czy nudności [5,6]. Kolejnym makroelementem obecnym w czekoladzie jest magnez. Uczestniczy on w blisko 300 procesach biochemicznych – przemianach białek, węglowodanów oraz tłuszczów, jak również aktywacji enzymów komórkowych. Ten pierwiastek życia wpływa nie tylko na poprawę pamięci, koncentracji czy trawienia, ale przede wszystkim zmniejsza ryzyko chorób serca, zawałów oraz cukrzycy [1,7].

Do mikroelementów zawartych w czekoladzie zaliczane są głównie cynk, selen oraz żelazo. Mikroelementy stanowią pierwiastki chemiczne, które w ludzkim organizmie występują w śladowych ilościach i nie są przez niego samodzielnie syntezowane, zatem konieczne jest ich dostarczenie wraz z pożywieniem [8,9]. Mikroelementy wchodzą w skład enzymów, płynów ustrojowych, jak również stanowią budulec tkanek i są odpowiedzialne za prawidłowe funkcjonowanie narządów wewnętrznych [9]. W **Tabeli 1** zamieszczono zawartość cynku, selenu oraz żelaza w czekoladzie gorzkiej o zawartości kakao w przedziale 60%-69% oraz dzienne zapotrzebowanie na te mikroelementy.

Cynk bierze udział w wielu procesach zachodzących w organizmie, wśród których można wyróżnić wzrost i różnicowanie komórek oraz regulowanie czynności układu immunologicznego. Bierze udział w syntezie DNA i RNA, wspomaga metabolizowanie tłuszczów, węglowodanów białek, czy nawet alkoholu. Jego obecność w diecie jest kluczowa dla rozwijającego się w organizmie matki płodu. Ponadto przyspiesza proces gojenia się ran, a współdziałając z witaminą A pomaga w prawidłowym widzeniu, a także pomaga zachować zdrowy wygląd skóry. Dzielne zapotrzebowanie na cynk wynosi w przypadku mężczyzn 11 mg z kolei w przypadku kobiet 8 mg [1,9,10].

Głównym źródłem żelaza w ludzkim organizmie jest hemoglobina, czyli białko wchodzące w skład erytrocytów. Żelazo bierze udział w procesie produkcji krwinek czerwonych i wiąże dwutlenek węgla w cząsteczce hemoglobiny. Dzięki temu w organizmie możliwy jest transport krwi natlenionej do

organów jak również odtransportowywanie krwi odtlenionej zawierającej duże ilości dwutlenku węgla. W zależności od płci oraz wieku, dzienne zapotrzebowanie na żelazo może wahać się w granicach od 10 mg do 18 mg [8,10].

Selen obecny w organizmie bierze udział w procesach syntezy DNA oraz apoptozy, czyli zaprogramowanej śmierci komórkowej. Wspomaga działanie układu odpornościowego, a także hamuje podział komórek nowotworowych. Selen posiada zdolności do niwelowania toksycznego działania metali ciężkich, poprzez przekształcanie ich w nieaktywne formy kompleksowe. Ponadto chroni komórki przed stresem oksydacyjnym, wynikającym z negatywnego działania wolnych rodników, jak również wpływa dobroczynnie na włosy, skórę i paznokcie. Dzielne zapotrzebowanie na selen uzależnione jest od wieku i w przypadku osób dorosłych wynosi ok. 55 µg [11].

**Tabela 1.** Zawartość mikroelementów w 100 gramach czekolady o zawartości kakao 60%-69% oraz ich dzienne zapotrzebowanie dla osoby dorosłej [12].

	Zawartość na 100 g produktu	Dziennie zapotrzebowanie
Cynk	2.65 mg	8 mg – 11 mg
Selen	8.40 µg	10 mg – 18 µg
Żelazo	6.32 mg	55 µg

O ziarnach kakaowca mówi się, iż są „wypchane” flawonoidami. Są to organiczne związki chemiczne wpływające na zahamowanie procesu utleniania złego cholesterolu (LDL), a więc tym samym zmniejszenie ryzyka wystąpienia miażdżycy naczyń krwionośnych. Dodatkowo związki te biorą udział w produkcji prostaglandyn uczestniczących w odpowiedzi na stany zapalne. Mają wpływ na regulację pracy mięśni oraz zapobiegają powstawaniu zakrzepów poprzez obniżenie agregacji płytek krwi [1]. Czekolada bogata jest także w witaminy, w szczególności z grupy A, E oraz B, a także niacynę. Skutkiem czego reguluje poziom cholesterolu oraz cukru w krwi. Uważa się również, iż wspomaga uwalnianie energii z pokarmu [1,13].

### 2.1. Substancje psychoaktywne

Wśród składników czekolady można wyróżnić kilka związków chemicznych, którym przypisywane jest działanie psychoaktywne. Do tych związków zaliczana jest fenyloetyloamina, tryptofan, kofeina oraz teobromina.

Fenyloetyloamina jest zdolna do przekraczania bariery krew-mózg dzięki czemu może wpływać na działanie układu nerwowego. Stymuluje mózg do uwalniania β-endorfiny, która odpowiada za odczuwanie przyjemności. Ponadto fenyloetyloamina ma zdolność blokowania enzymów rozkładających dopaminę, dzięki czemu jej stężenie utrzymuje się w organizmie na stałym poziomie co dodatkowo wpływa na odczuwanie przyjemności [14]. Fenyloetyloamina wywołuje potliwość i drżenie rąk, zaczerwienienie, natręctwo myśli, skrajne stany emocjonalne od euforii po rozpacz, jak również irracjonalne zachowanie, dlatego nadano jej miano „narkotyku miłości” [15].

Tryptofan zaliczany jest do aminokwasów egzogennych, czyli takich, których nasz organizm sam nie syntezuje, dlatego konieczne jest jego przyswajanie wraz z pożywieniem. Stanowi prekursor powszechnie znanego hormonu szczęścia, jakim jest serotonina oraz hormonu snu- melatoniny. Dzięki temu tryptofanowi przypisywanych jest wiele dobroczynnych działań, takich jak poprawa nastroju, przeciwdziałanie depresji, łagodzenie bólów migrenowych, ułatwianie zasypiania oraz większa wydajność regeneracyjna organizmu podczas snu [16].

Często spotykane jest stwierdzenie, iż czekolada stanowi afrodyzjak. Takie działanie przypisuje się obecności wspomnianych związków jak fenyloetyloamina i tryptofan. Substancje te są jednak bardzo

szybko metabolizowane przez ludzki organizm, a ponadto ich ilości zawarte w czekoladzie są niewystarczające dla zauważenia działania afrodyzjaku [15].

W składzie czekolady znajdziemy również kojarzoną powszechnie z kawą oraz napojami energetyzującymi – kofeinę. Jako stymulator przede wszystkim pobudza ośrodkowy układ nerwowy, przyspiesza metabolizm, a także zmniejsza uczucie zmęczenia fizycznego, psychicznego i przywraca zdolność koncentracji. Należy zaznaczyć, iż zjadając jeden listek gorzkiej czekolady dostarczamy dawkę kofeiny równoważną z tą zawartą w małej butelce coca-coli oraz około trzykrotnie mniejszą niż znajduje się w espresso [1,17,18].

Jednym z alkaloidów zawartych w ziarnach kakaowca jest teobromina. Szacuje się, iż w 1 kg gorzkiej czekolady jej zawartość wynosi około 10 g. Według badań naukowych, pomimo iż działa słabiej od kofeiny to jednak pobudza czynności serca, wspomaga rozszerzanie naczyń krwionośnych, a nawet obniża ciśnienie tętnicze. Najnowsze doniesienia wskazują także na przeciwkaszlowe działanie teobrominy. Dowiedziono, iż jej działanie jest nie tylko silniejsze niż stosowanej obecnie kodeiny, ale również wywołuje ona mniej efektów ubocznych. Uważa się, iż to właśnie teobromina nadaje czekoladzie charakterystyczny gorzki smak. Czekoladzie przypisywane jest trujące działanie dla niektórych zwierząt (psy, koty, konie), przez wzgląd na zawartość teobrominy. Jest to substancja, którą zwierzęce organizmy metabolizują znacznie wolniej w porównaniu z ludzkimi, co wiąże się z ryzykiem wystąpienia zaburzeń układu krążenia jak również układu nerwowego. Niestety teobromina jest szkodliwa dla zwierząt tj. konie, psy czy koty. Jest ona wolniej metabolizowana w ich organizmach, w efekcie czego powoduje wystąpienie zaburzeń układu krążenia oraz układu nerwowego. Z tego powodu czekoladzie przypisuje się właściwości trujące dla niektórych zwierząt [1,19,20].

### **3. Czekolada w kosmetyce**

Zawartość wszystkich wspomnianych w niniejszym artykule związków, witamin i minerałów spowodowało, że czekolada znalazła szerokie zastosowanie w kosmetyce. Czekolada posiada silne właściwości nawilżające i natłuszczające, dzięki czemu stanowi idealne panaceum dla przesuszonej skóry. Zawartość antyoksydantów wpływa na zahamowanie rozwoju wolnych rodników co w efekcie powoduje spowolnienie procesów starzenia. Działanie antycellulitowe przypisywane jest zawartym w czekoladzie kofeinie oraz teobrominie, które wspomagają proces uwalniania tłuszczu oraz lipolizę. Z kolei zawarty w tłuszczu kakaowym kwas linolowy wykazuje działanie przeciwzmarszczkowe oraz redukuje widoczność blizn i rozstępów. Dodatkowo uważa się, że czekolada usprawnia krążenie krwi oraz limfy w układzie krwionośnym co pozwala na szybsze i skuteczniejsze usuwanie toksyn oraz nadmiaru wody. Przez wzgląd na wymienione właściwości, czekolada jest stosowana jako składnik wielu kremów do twarzy i ciała, balsamów jak również zabiegów kosmetycznych oferowanych przez salony piękności [21].

### **4. Fakty czy mity?**

#### Czekolada może być „fit”, „light”.

Czekolada niezależnie od rodzaju jest uważana za produkt wysokokaloryczny (530-560 kcal/100g), przede wszystkim ze względu na zawartość tłuszczów. Naukowcy wskazują na zależność, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu kakaowego w czekoladzie, jej kaloryczność również ulega zwiększeniu. Ponadto słowo light, informuje o tym, iż do czekolady nie został dodany cukier, zaś słodzik. Może więc ona być bezpiecznie spożywana przez osoby chore na cukrzycę [1].

### Biały nalot na czekoladzie, nie oznacza iż jest ona zepsuta.

Obecność mikroskopijnych cząsteczek na powierzchni czekolady wskazuje na jej przechowywanie lub transport w temperaturach wyższych niż jest to zalecane, co spowodowało wytopienie się z czekolady zawartego w niej tłuszczu [13].

### Czekolada powoduje alergię oraz wystąpienie trądziku.

Często podczas leczenia tych dolegliwości, jedną z rad jest ograniczenie czekolady. Jednak nie jest to prawdą. Badania naukowe wskazują, iż osoby spożywające posiłki o zwiększonej zawartości czekolady nie doznały spotęgowanych objawów trądziku. W kwestii alergii, naukowcy wskazują, iż jej przyczyną są zawarte w czekoladzie mleko oraz orzech, nie zaś kakao [1,22].

### Od czekolady psują się zęby.

Obecne w czekoladzie masło kakaowe nie wpływa na powstawanie próchnicy oraz ubytków zębów, wręcz przeciwnie pomaga zapobiegać ich występowaniu. Jednak dodawany coraz częściej do czekolady cukier, negatywnie oddziałuje na formowanie się płytki nazębnej i może powodować jej uszkodzenia [22].

### Czekolada to samo zdrowie.

Pomimo, iż czekolada wykazuje liczne działania prozdrowotne, należy pamiętać, iż podczas jej stosowania, jak w przypadku każdego produktu, ważna jest odpowiednia ilość oraz dostosowanie udziału w diecie indywidualnie do stanu zdrowia. Jest to ważne szczególnie w przypadku osób narażonych na występowanie chorób nerek. Czekolada bowiem zawiera szczawiany, które mogą odkładać się w postaci kamieni nerkowych i tym samym powodować zaostrzenie objawów kamicy nerkowej [1].

## **5. Podsumowanie**

Podsumowując, można stwierdzić, że czekolada poza szkodliwym działaniem, jakie jest jej powszechnie przypisywane, może wykazywać wiele dobroczynnych korzyści dla ludzkiego organizmu. Jednakże istotny jest w tym wypadku umiar, ponieważ prozdrowotne właściwości zauważalne są przy spożywaniu od 2-3 kostek gorzkiej czekolady dziennie. Spożywana w takich ilościach czekolada będzie dodawała energii, wspomogła pracę mózgu, poprawi nastrój jak również pomoże w walce ze stresem [23].

## **Literatura**

- [1] B. Dasiewicz, K. Dobrosz-Teperek, Tabliczka szczęścia – czyli za co kochamy czekoladę, *Chemia w szkole* 1 (2007) 17-22
- [2] Magdalena Klimiuk: Czekolada – klasyfikacja, właściwości oraz skład chemiczny. (<http://www.nutrilife.pl/index.php?art=75> dostęp na 06.05.2023 r.).
- [3] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Czekolada#cite\\_ref-Klimiuk\\_2-1](https://pl.wikipedia.org/wiki/Czekolada#cite_ref-Klimiuk_2-1) (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [4] <http://habibi.pl/mobile/pl/kulinaria/wszystko-o-czekoladzie> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [5] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Wapn> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [6] <https://www.cefarm24.pl/czytelnia/dieta/wapn-rola-organizmie-czlowieka/> (dostęp na 06.05.2023 r.)

- [7] <https://www.wapteka.pl/blog/artykul/magnez-wlasciwosci-objawy-niedoboru-i-nadmiaru-oraz-funkcja-w-organizmie-jakie-produkty-sa-bogate-w-magnez> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [8] <https://zpe.gov.pl/pdf/P18DXk9lxz> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [9] <https://www.medonet.pl/zdrowie,mikroelementy---charakterystyka--dzialanie--wystepowanie,artykul,1727603.html> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [10] K.Melkis, K. J. Milczarek, K.P. Jakubczyk, Gorzka czekolada- niekorzystna dla zdrowia pokusa czy wartościowy komponent diety?, *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, t. 28, nr 3, 239-246
- [11] <https://diag.pl/pacjent/artykuly/nadmiar-i-niedobor-selenu-objawy-przyczyny-i-skutki/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [12] <https://zywienie.abczdrowie.pl/gorzka-czekolada-60-69-kakao> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [13] [https://caffeteam.pl/\\_blog/7-Czekolada\\_-\\_slodka\\_pokusa.html](https://caffeteam.pl/_blog/7-Czekolada_-_slodka_pokusa.html) (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [14] <https://neuroexpert.org/wiki/pea-fenyloetyloamina/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [15] <https://motywator dietetyczny.pl/2020/09/czekolada-jako-afrodyzjak-czy-to-naprawde-dziala/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [16] <https://neuroexpert.org/wiki/tryptofan-tryptophan/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [17] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Kofeina> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [18] [https://www.doz.pl/czytelnia/a15698-Kofeina\\_\\_wlasciwosci\\_i\\_zastosowanie.\\_Jak\\_wplywa\\_na\\_organizm](https://www.doz.pl/czytelnia/a15698-Kofeina__wlasciwosci_i_zastosowanie._Jak_wplywa_na_organizm) (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [19] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Teobromina> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [20] <https://neuroexpert.org/wiki/teobromina-theobrominum/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [21] <https://www.organicseries.pl/2017/06/09/zastosowanie-czekolady-kosmetyce/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [22] <https://www.scienceinschool.org/pl/article/2007/chocchemistry-pl/> (dostęp na 06.05.2023 r.)
- [23] <https://www.wapteka.pl/blog/artykul/czekolada-13-korzysci-dla-zdrowia-infografika> (dostęp na 06.05.2023 r.)