

JAN GAWĘCKI, GRZEGORZ GALIŃSKI

*Katedra Higieny Żywienia Człowieka
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań
E-mail: gajan@up.poznan.pl*

SENSORYCZNE MECHANIZMY REGULACJI APETYTU

WSTĘP

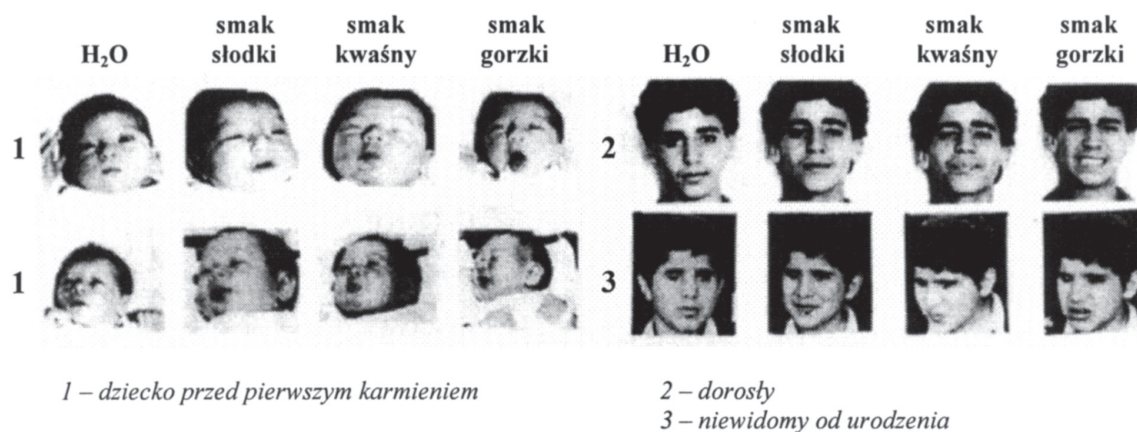
Odżywianie, jako jedna z fundamentalnych potrzeb każdego człowieka, służy przede wszystkim zaspokojeniu zapotrzebowania na energię i niezbędne składniki odżywcze, ale także dostarcza oczekiwanej satysfakcji sensorycznej. Nic zatem dziwnego, że pobieranie pokarmu jest u nas regulowane przez skomplikowany mechanizm fizjologiczny, związany nie tylko z odczuwaniem głodu i sytości, ale również z percepcją bodźców zmysłowych. O tym czy coś zostanie zaakceptowane jako pokarm i spożyte przez

człowieka, obok czynników kulturowych, religijnych i ekonomicznych, decyduje pożądalność bodźców generowanych przez owo coś i nasze preferencje pokarmowe. W artykule tym apetyt rozumiany jest jako chęć zjedzenia określonego pokarmu i wiąże się z regulacją spożycia głównie w wymiarze jakościowym. Problematyka ta obejmuje trzy główne zagadnienia: pożądalność wrażeń sensorycznych, pokarmowe preferencje i awersje oraz sytość sensorycznie specyficzną.

POŻĄDALNOŚĆ WRAŻEŃ SENSORYCZNYCH

Każdy bodziec (o intensywności ponadprogowej), odbierany przez ludzkie zmysły eksteroreceptywne, nie tylko zawiera w sobie informacje o świecie zewnętrznym, ale również wywołuje określoną reakcję emocjonalną. Bodźce sensoryczne, zależnie od ich jakości i intensywności mogą być odczuwane jako mniej lub bardziej przyjemne, ambiwalentne lub nieprzyjemne. Tę cechę generowanego przez bodziec wrażenia nazywa się pożądalnością. Bodźce odczuwane jako przyjemne są preferowane, ukierunkowując apetyt na pokarmy będące ich źródłem, a bodźce wywołujące wrażenia nieprzyjemne – unikane wskutek powstałej niechęci lub awersji. Przyjemność lub nieprzyjemność podczas jedzenia, aczkolwiek przeżywana w świadomości, pozostaje całkowicie niezależna od naszej woli.

Emocjonalne reakcje na bodźce pochodzące z żywności mogą mieć charakter wrodzony lub nabyty (wyuczony). Uważa się, że wrodzony charakter ma odczuwanie smaku słodkiego jako przyjemny, a smaku gorzkiego jako nieprzyjemny. Według Steinera (GAWĘCKI i GALIŃSKI 2007), który badał zachowanie noworodków, m.in. za pomocą testów twarzowych, które polegają na obserwacji (fotografowaniu) reakcji motorycznej mięśni twarzy, głównie okolic ust i nosa, na podawane bodźce smakowe lub zapachowe (Ryc. 1), pozytywna reakcja na smak słodki i negatywna na smak gorzki, pojawia się już w 2 godziny po urodzeniu, zanim jeszcze nastąpi pierwszy kontakt z mlekiem matki. Podobne reakcje twarzowe na smaki występowały u dorosłych, w tym u niewidomych od urodzenia. Na marginesie warto wspomnieć, że



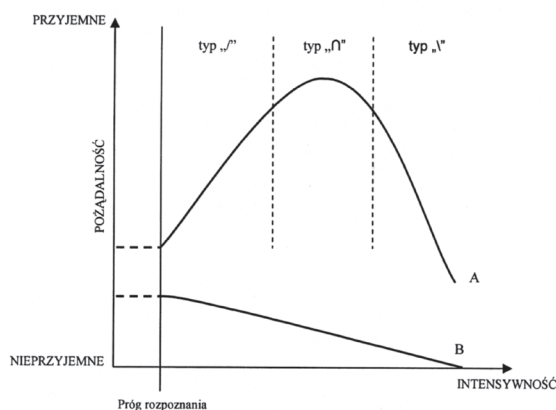
Ryc. 1. Reakcje twarzowe.

pozytywna reakcja na smak słodki występuje powszechnie u ssaków, owadów, a także u niektórych ptaków (np. kolibry i papugi) i płazów (np. żaby, żółwie). Powszechność występowania reakcji oraz pojawianie się zaraz po urodzeniu przyjmuje się jako dowód, że upodobanie do smaku słodkiego (analogicznie jak niechęć do smaku gorzkiego) jest cechą wrodzoną, stanowiącą korzystny dla zachowania gatunków rezultat filogenetycznego przystosowania do warunków środowiska, w którym przez tysiące lat przyszło im żyć. Biologiczną celowość takiego przystosowania nietrudno dostrzec, jeśli zważy się, iż cukry – główny naturalny nośnik słodkiego smaku – są dla organizmu źródłem najłatwiej przyswajalnej energii, zaś smak intensywnie gorzki posiada większość naturalnych trucizn (np. alkaloidy solanina, nikotyna, morfina czy aminowe produkty rozpadu białek określane mianem „jądów trupich”). W tej sytuacji upodobanie do smaku słodkiego sprzyja zaspokojeniu priorytetowych potrzeb energetycznych organizmu, a niechęć do smaku gorzkiego zabezpiecza go przed spożyciem substancji szkodliwych.

Jeśli chodzi o smak słony i kwaśny to uważa się, że nowonarodzone dzieci nie są zdolne do odróżniania smaku kwaśnego od smaku gorzkiego i reagują nań negatywnie, natomiast reakcja na smak słony jest początkowo neutralna. Rozwojowi dziecka towarzyszy stopniowe pojawianie się umiarkowanej pozytywnej reakcji na bodźce słone i kwaśne o małym natężeniu, podczas gdy bodźce intensywne pozostają niechciane i odpychające. Niektórzy widzą w tym potwierdzenie instynktowego charakteru preferencji smako-

wych. Aby bowiem, przykładowo, reakcja na smak słony, który kojarzy się głównie z NaCl, mogła przyczyniać się do zabezpieczenia odpowiedniej podaży sodu – pierwiastka niezwykle ważnego dla organizmu ludzi i zwierząt – musi ona być właśnie w odpowiedni sposób modulowana. Dla organizmu wszak niekorzystny jest zarówno niedobór, jak i nadmiar tego składnika. Badania na bliźniętach homo- i heterozygotycznych sugerują, że czynnik dziedziczny odgrywa istotną rolę również w odniesieniu do reakcji emocjonalnych na niektóre zapachy, np. anyżu, banana i wanilii, oraz smakowitość wędzonego boczku czy brukselki.

Mówiąc o wrodzonych reakcjach emocjonalnych na różne jakości smaku nie sposób nie wspomnieć, że to, co było korzystne dla człowieka pierwotnego bytującego w naturalnych warunkach środowiskowych, obecnie, w dobie intensywnego rozwoju cywilizacji i przetwórstwa żywności, może nie tylko nie być korzystnym, ale stanowić zagrożenie dla zdrowia. Klasycznym przykładem tego może być upodobanie do smaku słodkiego. Mamy uzasadnione prawo sądzić, że przez tysiące lat pokarmowym źródłem tego smaku były wyłącznie owoce, zawierające oprócz cukrów, także inne ważne odżywczo substancje, głównie witaminy i składniki mineralne. Wyodrębnienie sacharozy z buraków i trzciny cukrowej oraz powszechne jej używanie do wyrobu słodczy sprawiło, że intensywnie słodki smak posiada obecnie wiele środków żywnościowych ubogich w składniki odżywcze, a obfitujących w tzw. „kalorie puste”. W tej sytuacji wrodzone upodobanie do smaku słodkiego, niegdyś nieocenione dla życia na-



Ryc. 2. Zależność pożądalności wrażenia od intensywności bodźca.

A – smak słodki sacharozy, B – smak gorzki chininy (pozostałe objaśnienia w tekście).

szego praprzodka, sprzyja dziś upowszechnianiu się próchnicy zębów, cukrzycy, otyłości i chorób układu krążenia.

Pożądalność wrażeń smakowych dla danego organizmu zależy nie tylko od ich jakości, ale i od intensywności. W miarę zwiększania natężenia smaku gorzkiego (koncentracji roztworów chininy), podobnie jak wielu innych bodźców o negatywnej konotacji emocjonalnej, staje się on coraz bardziej nieprzyjemny i niepożądany. Inaczej rzecz się ma z bodźcami pozytywnymi, w przypad-

ku których, jak to jest ze słodyczą, ze wzrostem intensywności, (koncentracji roztworu sacharozy) początkowo bodziec ten jest odbierany jako coraz bardziej przyjemny, aż do poziomu, powyżej którego pożądalność przestaje rosnąć, by dalej wykazywać tendencje malejącą (Ryc. 2). W określonym przedziale ponadprogowych koncentracji tego bodźca z ich zwiększaniem odczucie przyjemności u części ludzi (ok. 50% populacji) będzie monotonicznie rosło (typ „/”), u części (ok. 30% populacji) będzie w taki sam sposób malało (typ „\”), a u części (ok. 20%) wykres zależności pożądalność-intensywność przyjmie kształt odwróconej litery U. Wspomniane wyżej relacje inaczej wyglądają podczas badań laboratoryjnych, kiedy różne koncentracje substancji smakowej prezentuje się w roztworach wodnych, a inaczej, kiedy jest ona obecna w określonym produkcie żywnościowym i dochodzą oddziaływania innych jego składników. W codziennych kontaktach z żywnością za najbardziej przyjemną uznawana jest z reguły ta intensywność bodźca, do jakiej dany konsument jest przyzwyczajony przy spożywaniu danego produktu. Przykładowo, kwas cytrynowy, czy winowy w koncentracji, w której są uznawane za przyjemne w napojach owocowych (zawierających zwykle sporą ilość cukrów), jeśli zostaną podane w czystym roztworze wodnym na ogół odbierane są jako nieprzyjemne.

PREFERENCJE I AWERSJE POKARMOWE

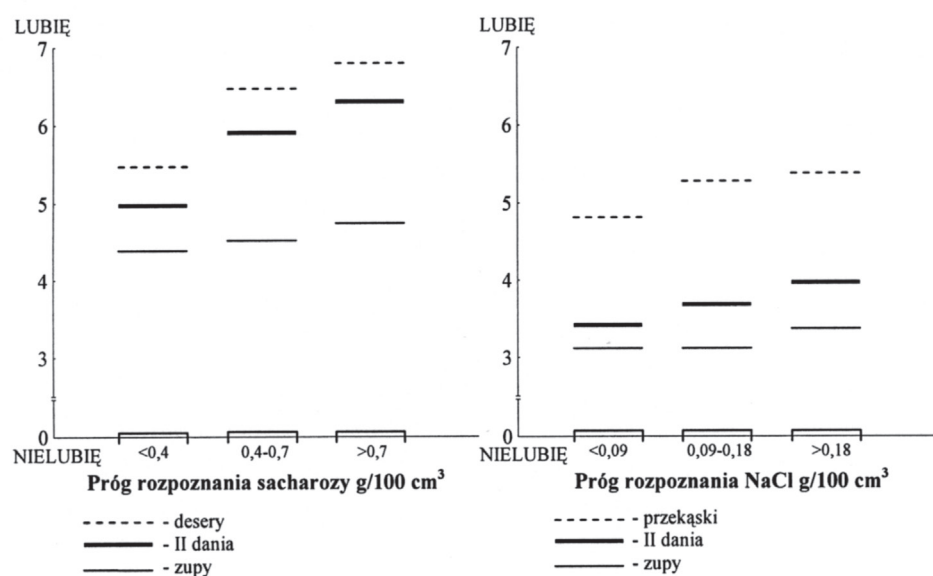
Z zachowaniami żywieniowymi pojedynczych ludzi, a w konsekwencji ich sposobem żywienia i stanem odżywienia, wiążą się pojęcia preferencji i awersji pokarmowych. Przez preferencje pokarmowe najczęściej rozumie się względnie trwałe postawy wobec produktów i potraw, wyrażane jako stopień lubienia na podstawie ogólnego wyobrażenia o ich cechach. Preferencje pokarmowe nie przesądzają, że dane produkty lub potrawy zawsze będą wybierane i spożywane, ale w warunkach alternatywnego wyboru czynią to wielce prawdopodobnym.

Awersja pokarmowa, którą należy rozumieć jako negatywną reakcję psychologiczną na wygląd, zapach lub smak żywności, zwykle wyklucza jej spożycie.

Preferencje i awersje pokarmowe człowieka determinowane są, z jednej strony, przez indywidualną zdolność percepcji bodźców, głównie smakowych i zapachowych,

z drugiej przez wcześniejsze doświadczenia konsumenckie.

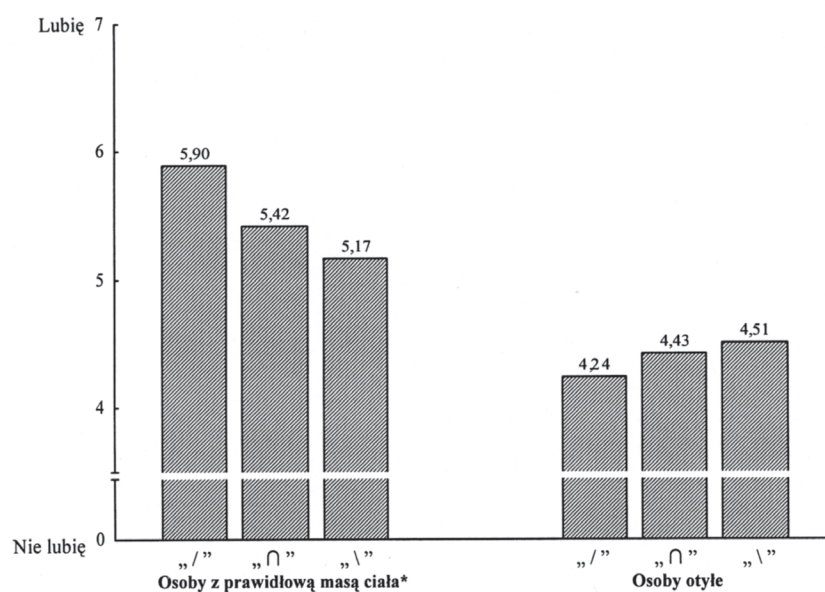
O tym, że preferencje pokarmowe mogą mieć pewien związek z indywidualną wrażliwością smakową człowieka świadczą wyniki prowadzonych z udziałem 120 młodych mężczyzn testów, w których zaobserwowano, że im badany był mniej wrażliwy na smak słodki, tym z reguły lubił pić bardziej słodką herbatę (GAWĘCKI 1982). W innych badaniach, prowadzonych przez GAWĘCKIEGO i PAZOLĘ (1981), w trzech grupach młodzieży, różniących się zakresem progów rozpoznania słodkiego smaku sacharozy, notowano wyraźnie odmienne oceny afektywne pokarmów o dominującym smaku słodkim (zup, drugich dań i deserów), przy czym im mniejsza była wrażliwość członków danej grupy na ten smak (wyższy próg wrażliwości), tym bardziej lubiła ona pokarmy słodkie (Ryc. 3). Podobnie, choć w mniejszym stopniu, rzecz się



Ryc. 3. Stopień lubienia produktów i potraw o dominującym smaku słodkim lub słonym, a progi rozpoznania tych smaków u młodzieży.

miała z progami rozpoznania chlorku sodu i stosunkiem do słonych produktów i potraw. Interesujących spostrzeżeń dostarczyły badania nad stopniem lubienia 20. wybranych produktów i potraw o dominującym smaku słodkim przez ludzi otyłych i z prawidłową masą ciała, zależnie od wykazywanego przez nich typu reakcji afektywnej na wzrost natę-

żenia słodczy (GAWĘCKI i współaut. 1985). Okazało się, że w grupie osób z prawidłową masą ciała pokarmy te były najbardziej lubiane przez tych, którzy wykazywali coraz większe upodobanie do roztworów sacharozy, w miarę wzrostu ich słodkości, a najmniej, przez tych, którzy na wzrost słodkości tych roztworów reagowali spadkiem pożądaności



Ryc. 4. Stopień lubienia produktów i potraw o dominującym smaku słodkim, a typ reakcji hedonicznej na wzrost intensywności roztworów sacharozy o stężeniach od 2-8 g/100 cm³ (objaśnienia w tekście).

*różnice istotne przy poziomie $p < 0,05$.

(Ryc. 4). U osób otyłych prawidłowość ta nie wystąpiła, co może mieć różne przyczyny i konsekwencje.

Powyższe fakty zdają się dowodzić, że nasze preferencje pokarmowe, a przynajmniej niektóre z nich, mają związek z percepcją zmysłową. Fakty te nie wyjaśniają jednak, jaka jest natura tego związku. Z jednej strony może być tak, że, przykładowo, ci z nas, którzy mają niski próg wrażliwości na smak słodki, odczuwają tę samą przyjemność przy relatywnie niższym natężeniu bodźca i dlatego nie przepadają za pokarmami intensywnie słodkimi, podczas gdy osoby mało wrażliwe, by odczuć podobną przyjemność, muszą zostać pobudzone intensywniejszym bodźcem i dlatego słodkie preferują. Z drugiej strony, bodźce o znacznej intensywności generowane przez słodkie (zwłaszcza jeśli ekspozycja na nie jest przewlekła) mogą spowodować trwale podwyższenie progu wrażliwości, tym większe im dłużej i intensywniej oddziaływał dany bodziec, podobnie jak to się dzieje ze słuchem w warunkach stałego hałasu.

Niektóre preferencje i awersje pokarmowe bazują na wspomnianym wcześniej wrodzonym upodobaniu do smaku słodkiego lub niechęci do smaku gorzkiego i są względnie stałe, ale większość preferencji pokarmowych wykształca się i zmienia w ciągu życia człowieka pod wpływem jego doświadczeń żywieniowych. Obowiązuje tu ogólna zasada, że smakowitość pokarmów, które mają korzystny wpływ na organizm, wywołując dobre samopoczucie lub łagodząc występujące wcześniej dolegliwości, staje się lubiana i preferowana. Natomiast smakowitość charakteryzująca pokarmy, po których człowiek odczuwa dyskomfort lub jego dotychczasowy stan ulega pogorszeniu, jest uznawana za nieprzyjemną i unikana. Owo formowanie preferencji zachodzi głównie na drodze reakcji warunkowych. Czytelnikowi z pewnością znane są klasyczne doświadczenia rosyjskiego fizjologa Pawłowa z psami, które reagowały zachowaniem apetytywnym i wydzielaniem śliny na dźwięk dzwonka lub światło żarówki, jeśli sygnał taki uprzednio przez pewien czas stale towarzyszył podawaniu psu miski z pokarmem. Doświadczenia te doprowadziły do powstania teorii odruchów, stanowiącej istotny postęp w nauce o wyższych czynnościach nerwowych. Obecnie uważa się, iż zdolność uczenia się z rezultatów (na drodze sprzężeń zwrotnych) nie jest prostym odruchem, lecz złożoną reakcją opartą o wrodzone instrumenty „kary i nagrody”,

które znany etolog Lorentz nazwał „instruktażem wrodzonym” (GAWĘCKI i GALIŃSKI 2007). Instruktaż ten jest specyficzny dla określonego typu zachowań, przy czym u zwierząt z reguły znacznie łatwiej wywołać warunkową awersję niż upodobanie, co mogłoby sugerować, iż fizjologiczna „kara” bywa bardziej skuteczna niż „nagroda”.

Mechanizm reakcji warunkowych wiąże percepcję bodźców sensorycznych z zachowaniami mającymi sprzyjać zrównoważeniu bilansu energetycznego i zaspokojeniu zapotrzebowania organizmu na składniki odżywcze. Uzależnia on pożądalność wrażeń sensorycznych, przede wszystkim smakowych, od przydatności określonego pokarmu do przywracania homeostazy. Żywieniowe znaczenie tego mechanizmu łatwo wykazać na przykładzie tzw. chorób z niedoboru, które rozwijają się wskutek niewystarczającej ilości różnych niezbędnych składników odżywczych w pożywieniu, a przede wszystkim białka i egzogennych aminokwasów, witamin i składników mineralnych. Dzięki pracom prowadzonym na zwierzętach przez liczne placówki badawcze na świecie, uzyskano wiele interesujących informacji o przebiegu takich reakcji warunkowych (ASHLEY i LEATHWOOD 1984).

Dowiedziano, że aby zwierzęta z zaawansowaną hipowitaminozą umiały wybierać pokarmy sprzyjające kompensacji zaistniałego niedoboru, a unikać pokarmów niedobór ten pogłębiających, muszą doświadczyć skutków spożywania tych pokarmów. Czas potrzebny do wykształcenia się nowych, fizjologicznie pożądanych preferencji i awersji jest różny dla różnych witamin, zależnie od stopnia zaawansowania niedoboru i charakteru objawów chorobowych oraz czasu koniecznego dla doświadczenia metabolicznych konsekwencji spożycia danej witaminy. Przykładowo, dla witaminy B₁ czas ten jest o wiele krótszy niż w przypadku witaminy A.

Badania grupy francuskich neurofizjologów (LE MAGNEN 1981) przyniosły dwa inne, interesujące spostrzeżenia. Po pierwsze, usunięcie kubków smakowych wyraźnie hamowało u zwierząt zdolność podporządkowywania spożycia pokarmu potrzebie przywrócenia homeostazy, co dowodzi wiodącej roli zmysłu smaku w reakcjach warunkowych. Po drugie, możemy mówić o priorytecie potrzeb nad doznaniem, bowiem nadanie zakłócającym homeostazę i niechętnie spożywanym pokarmom smakowitości normalnie lubianych przez zwierzęta (np. przez doda-

tek sacharozy, karmelu, aromatu pomarańczowego) nie było w stanie zwiększyć spożycia tego pokarmu i odwrotnie, dodatek gorzkiej chininy nie zniechęcał zwierząt do pobierania pokarmu korzystnego z punktu widzenia równowagi metabolicznej ich organizmu (GAWĘCKI i współaut. 1988). Dzieje się tak, ponieważ mechanizm reakcji warunkowych jest zdolny „przełamywać” ugruntowane preferencje i awersje osobnika, nawet te, wiążące się z bodźcami, których pożądalności przypisuje się wrodzony charakter.

Dzięki mechanizmowi reakcji warunkowych, z całą zasygnalizowaną wyżej jego specyfiką, zwierzęta z chorobami na tle niedoborów pokarmowych potrafią w dłuższym przedziale czasowym wybierać pokarmy obfitujące w deficytowy składnik i unikać pokarmów w składnik ten ubogich. Co więcej, są one zdolne preferować takie pożywienie, które dostarcza organizmowi substratu do syntezy deficytowego składnika, np. tryptofanu do syntezy witaminy PP lub sorbitolu do syntezy witaminy B₁. Potrafią też unikać pożywienia pośrednio pogłębiającego rozmiary niedoboru, np. pokarmów wysokowęglowodanowych – przy niedoborze tiaminy, czy pokarmów obfitujących w magnez – przy niedoborze wapnia.

Aby właściwie rozumieć wymowę przytoczonych wyżej wyników badań, należy jednak pamiętać, iż zostały one w większości uzyskane w doświadczeniach modelowych

i to na zwierzętach laboratoryjnych, którym oferowano tzw. diety półsyntetyczne, znacznie uboższe sensorycznie od ich normalnego pokarmu. W warunkach naturalnych, gdy wchodzi w grę konieczność zdobywania naturalnego pożywienia, mechanizmy reakcji warunkowych mogą nie być tak efektywne.

Przytoczonych wyżej wyników badań na zwierzętach nie należy bezkrytycznie przenosić na człowieka, którego pożywienie jest o wiele bardziej urozmaicone, a mechanizmy zachowań o wiele bardziej złożone. Istnieją wszakże doniesienia, które pozwalają sądzić, że i nasze preferencje pokarmowe bywają kształtowane przez reakcje warunkowe na zasadach podobnych jak u zwierząt, np. u ludów Azji i Afryki rozpowszechnione są od wieków specyficzne praktyki żywieniowe polegające na okresowym jedzeniu przez dzieci i matki karmiące gliny (bogatej m.in. w związek wapnia i żelaza), co uważa się za przejaw warunkowej kompensacji niedoborów składników mineralnych, na jakie te grupy ludności cierpią nader często.

O preferencjach pokarmowych człowieka, poza wymienionymi wcześniej czynnikami, decydują: rodzina i wzorce wyniesione z dzieciństwa, środowisko kulturowe i społeczne, reklama, wiedza żywieniowa oraz cechy osobowości, determinujące stosunek do nowych pokarmów (neofilia = poszukiwanie nowości, neofobia = niechęć do nowości) itp.

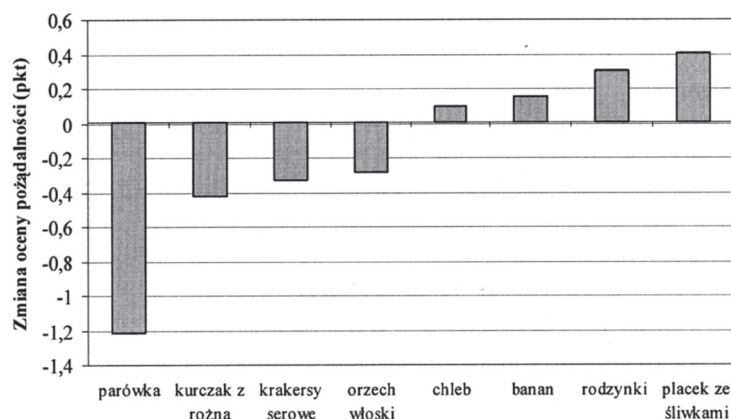
SYTOŚĆ SENSORYCZNIE SPECYFICZNA

Sytość sensorycznie specyficzną definiuje się jako postępujący w miarę jedzenia spadek przyjemności odczuwanej w następstwie reagowania na właściwości sensoryczne aktualnie spożywanego pokarmu, przy jednoczesnym braku zmiany lub wzroście zainteresowania pokarmem o odmiennych cechach sensorycznych (GAWĘCKI 2010). Sytość ta sprawia, że konsument, któremu zaoferowano do spożycia rozmaite produkty (potrawy) czy dania może, zaspokajając głód, w różny sposób kształtować ostateczny skład posiłku, czyniąc go bardziej urozmaiconym (ROLLS i DE WAAL 1985, REMICK i współaut. 2009).

Sytość sensorycznie specyficzną w pracach badawczych, poświęconych temu zjawisku, mierzy się spadkiem pożądalności jedzonej żywności, uwidaczniającym się po kilku minutach od rozpoczęcia spożywania posiłku

i trwającym do kilku godzin (HETHERINGTON 1996; WEENENN i współaut. 2005).

Wytworzenie sytości sensorycznie specyficznej nie jest powodowane rozciągnięciem ścian żołądka ani czynnikami metabolicznymi czy termicznymi, które decydują o pojawieniu się zwykłego odczucia sytości. Zjawisko to rozwija się na skutek sukcesywnego osłabiania reakcji neuronów mózgu, odpowiedzialnych za afektywną ocenę bodźców sensorycznych, generowanych przez spożywaną żywność, przez co, w miarę jedzenia, jej smak, zapach i inne właściwości sensoryczne stają się mniej przyjemne dla konsumenta. Jednocześnie wrażliwość neuronów odpowiedzialnych za percepcję odmiennych jakościowo sygnałów sensorycznych pozostaje niezmienną, toteż żywność o innych właściwościach sensorycznych jest postrzegana jako tak samo lub bardziej atrakcyjna niż



Ryc. 5. Sytość sensorycznie specyficzna – różnica między oceną hedoniczną poszczególnych produktów przed i po spożyciu do syta parówek (ocena w skali 5-punktowej: 2 – bardzo smaczny, -2 – bardzo niesmaczny).

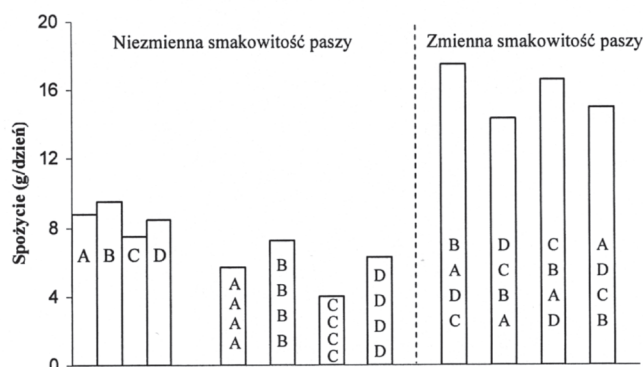
przed spożyciem danego produktu (ROLLS 2008).

Omawiany rodzaj sytości nosi nazwę sensorycznie specyficznej, ponieważ zwykle nie jest powodem zakończenia posiłku. Gdy osobom zaprzestającym konsumpcji z powodu nasycenia się zaproponowano odmienną sensorycznie żywność jadły ją, przełamując osiągnięty stan sytości. Nie udało się eksperymentalnie osiągnąć momentu, w którym osoby te byłyby aż tak syte, że nie zareagowałyby pozytywnie na pokarm o zdecydowanie odmiennej smakowitości, chociaż przypuszczalnie taki punkt jest możliwy do osiągnięcia (HETHERINGTON 1996).

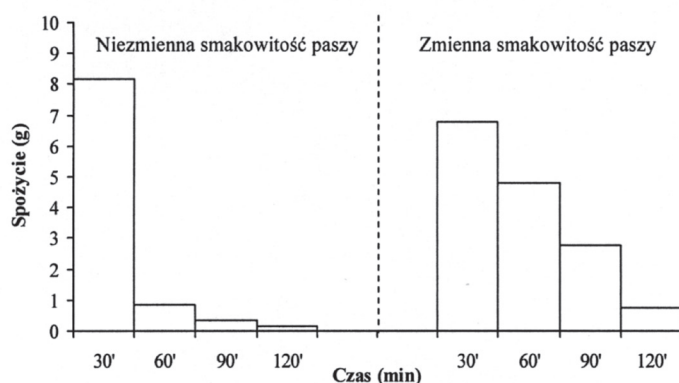
Sytość sensorycznie specyficzna skłania do zaprzestania konsumpcji spożywanego dotąd pokarmu i sięgnięcia po pokarm o odmiennej smakowitości, której zwykle towarzyszy odmienna wartość odżywcza. W ten sposób sprzyja urozmaicaniu posiłków, pozwalając pełniej zaspokajać potrzeby pokarmowe i uniknąć nadmiaru jednych składników odżywczych, przy niedostatku innych. Wiadomo bowiem, że niezbędne składniki odżywcze są w poszczególnych produktach

żywnościowych obecne w bardzo różnych ilościach. Jedne produkty, np. wędliny, krakersy, sery i orzechy, są dobrym źródłem białka, tłuszczu, sodu i witamin z grupy B, a inne, np. ziemniaki, warzywa i owoce, obfitują w węglowodany, mikroelementy i witaminę C, przy czym im bardziej jednostronny jest skład odżywczy danego produktu, tym ma on zwykle bardziej wyrazisty smak i zapach. Pokazany na Rycinie 5, po spożyciu do syta parówek, spadek nie tylko pożądaności ich samych, ale także mających podobny, słonawy smak i walory odżywcze krakersów serowych, kurczaka z różną i orzechów można więc uznać za korzystny, gdyż zapobiega pogłębianiu nadmiaru białka, tłuszczu i sodu, przy niedostatku węglowodanów, witaminy C i innych składników odżywczych. Natomiast jednoczesne zwiększenie pożądaności owoców i placka drożdżowego z owocami (o odmiennej smakowitości słodko-kwaśnej) sprzyja ewentualnemu uzupełnieniu tegoż niedostatku, bez pogłębiania nadmiaru białka, tłuszczu i sodu (ROLLS i współaut. 1981).

Znajomość stopnia i czynników wpływających na rozwój sytości sensorycznie



Ryc. 6. Spożycie przez szczury laboratoryjne półsyntetycznej paszy, do której dodano jeden z czterech różnych aromatów (A, B, C lub D) zależnie od sposobu żywienia (objaśnienia w tekście).



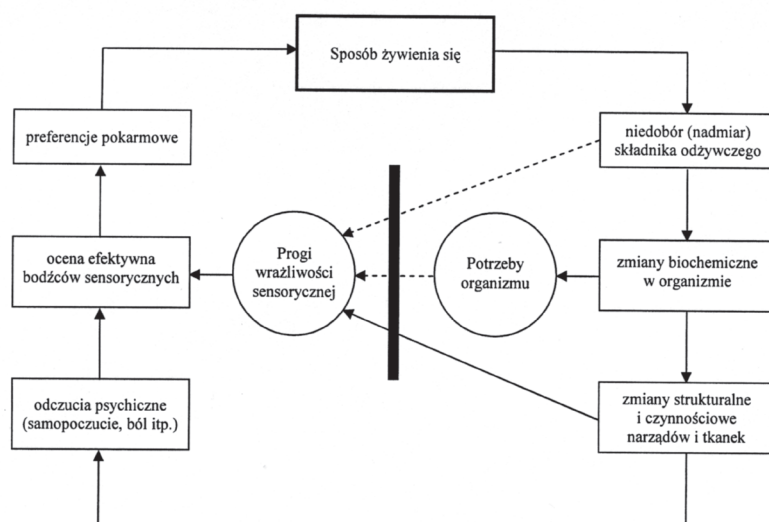
Ryc. 7. Dynamika zmian ilości spożywanego pokarmu przez szczury w czterech półgodzinnych okresach karmienia bez i ze zmianą smakowości oferowanej paszy.

specyficznej może być pomocna w zapobieganiu nadkonsumpcji u osób spożywających posiłki w warunkach kafeteryjnych oraz w leczeniu nadwagi i otyłości. Dotychczasowe badania nad sytością sensorycznie specyficzną wskazują, że na zjawisko to ma wpływ szereg różnorodnych czynników, takich jak: czas przeżuwania, zapach, barwa, tekstura, zawartość białka, tłuszczu i błonnika w posiłku oraz podeszły wiek konsumenta.

Przeżuwanie żywności bez jej połykania, w przybliżeniu tak długo jak długo byłaby ona spożywana, wytwarzając podobną sytość sensorycznie specyficzną, wywołuje „zmęczenie” sensoryczne i prowadzi do zakończenia posiłku. Dowiedziono, że specyficzny rodzaj sytości może zostać uzyskany również wtedy, gdy żywność jest wachana, tak długo, jak byłaby spożywana (ROLLS i ROLLS 1997). Badania wykazały też, że wystarczy zmienić barwę, aby wywołać nasilenie apetytu, przy niezmienionych pozostałych właściwościach sensorycznych produktu.

Badając produkty o podobnej teksturze, lecz o różnym składzie chemicznym wykazano, że produkty obfitujące w tłuszcz wytwarzają silniejszą sytość sensorycznie specyficzną, w porównaniu z żywnością o niższej zawartości tego składnika (ROLLS i współaut. 1999). Także wysokobiałkowe posiłki testowe z reguły wytwarzają sytość sensorycznie specyficzną o większym natężeniu niż posiłki niskobiałkowe (VANDEWATER i VICKERS 1996). Dodatek błonnika w postaci otrąb, zmieniający teksturę pieczywa, wpływa istotnie na rozwój sytości sensorycznie specyficznej (pieczywo bogatsze w błonnik pokarmowy wywołuje silniejszą reakcję niż pieczywo niskobłonnikowe), podczas gdy dodatek błonnika w postaci mikrokrystalicznej celulozy, nie zmieniający znacząco tekstury, nie ma żadnego wpływu na to zjawisko, zarówno w posiłkach o konsystencji stałej, jak i płynnej (JOHNSON i VICKERS 1991, MANTHEY i VICKERS 1996).

Badano także wpływ wieku na grupie niemowląt i osób starszych. Sytość senso-



Ryc. 8. Funkcjonalny schemat powiązań sposobu żywienia się ze stanem odżywienia organizmu i percepcją zmysłową.

rycznie specyficzną obserwowano bowiem już u niemowląt karmionych mlekiem matki. Stwierdzono, że dzieci kobiet spożywających w okresie laktacji duże ilości soku marchwiowego, po karmieniu piersią spożywają istotnie mniej tego soku, w porównaniu z dziećmi matek w tym samym okresie nie pijących soku z marchwi (MENELLA i BEAUCHAMP 1999). Inaczej rzecz się ma u osób starszych, u których z reguły dochodzi do osłabienia lub zaniku zjawiska sytości sensorycznie specyficznej, co wiąże się z upośledzeniem funkcji zmysłów chemoreceptyjnych i zmianą zachowań żywieniowych, sprzyjając bardziej monotonnej diecie i powstawaniu niedoborów pokarmowych. W innych badaniach wykazano, że ludzie starsi nie są też wrażliwi na różnorodność sensoryczną napojów, pijąc po 24-godzinnym odwodnieniu takie same ilości napoju testowego, niezależnie od tego jaki smak i zapach miał napój spożywany uprzednio (ROLLS i MCDERMOTT 1991; ROLLS 1993, 1999).

Z sytością sensorycznie specyficzną wiąże się skłonność do hiperfagii, czyli nadkonsumpcji pokarmów. Bardzo przekonujący tego dowód dostarcza pomysłowe doświadczenie LE MAGNENA (1977), w którym szczurom laboratoryjnym, codziennie, przez te same 2 godziny, podawano identyczną odżywczo, półsyntetyczną karmę w czterech wersjach smakowo-zapachowych (uzyskanych przez dodatek czterech różnych syntetycznych aromatów), przy czym różny był zastosowany sposób żywienia (Ryc. 6). Raz do klatki wstawiano karmnik z jedną tylko wersją paszy, kiedy indziej czterokrotnie, co pół godziny zmieniano karmnik zawierający tę samą lub za każdym razem inną wersję paszy. Po kilku dniach takiego żywienia okazało się, że w pierwszym przypadku szczury jadły od 7 do 9 g dziennie (zależnie od rodzaju dodanego aromatu), w drugim nieco mniej, a w trzecim zdecydowanie najwięcej (prawie dwa razy tyle co za pierwszym razem). Na Rycinie 7 pokazano, jak zmieniała się ilość

spożywanej przez te zwierzęta paszy w czasie dwugodzinnego posiłku, bez lub ze zmianą jej smakowitości.

Przenosząc to na odżywianie się ludzi można powiedzieć, że jeśli zaoferuje się im sensorycznie monotonny posiłek — zjedzą mniej, niż gdy będzie on pod tym względem urozmaicony. Zdecydowanie najwięcej zjedzą jednak wówczas, gdy będą podawane dania o odmiennej kolorystyce i smakowitości.

Podsumowując należy stwierdzić, że sposób żywienia ludzi jest w złożony sposób powiązany funkcjonalnie, z jednej strony, ze stanem odżywienia organizmu, z drugiej, z percepcją bodźców sensorycznych (Ryc. 8).

Jeśli zastanowimy się, dlaczego preferujemy i chętnie spożywamy ten, a nie inny produkt, zwykle odpowiedź jest jednoznaczna: jemy to, co lubimy, a unikamy tego, czego nie lubimy. Zarówno jednak rozpoczęcie spożywania posiłku, jak i decyzja o jego zakończeniu związane są z całym systemem sygnałów i żaden sygnał traktowany z osobna nie jest w pełni odpowiedzialny za kontrolę tego procesu.

Dotychczasowe badania wskazują, że determinowane fizjologiczne preferencje pokarmowe ludzi, zgodnie z ich indywidualną oceną smakowitości pokarmów, mają bardzo istotne znaczenie dla kształtowania właściwego odżywiania się. Fakt, że na wybór żywności przez współczesnego człowieka wpływa także szereg innych uwarunkowań, jak: dostępność żywności, zwyczaje środowiskowe, dążenie do wygody życia itp., nie oznacza, iż można lekceważyć instynktowe mechanizmy psychofizjologiczne. Mechanizmy te, w czasach, gdy ludzkość odżywiała się wyłącznie produktami naturalnymi, w znacznym stopniu zabezpieczały realizację diety zgodnej z potrzebami organizmu. Obecnie jednak, bezkrytyczne poleganie na nich nie gwarantuje odpowiednio zbilansowanego odżywiania i sprzyja upowszechnianiu się niezakaźnych chorób przewlekłych, takich jak: otyłość, cukrzyca czy miażdżyca.

SENSORY MECHANISMS OF APPETITE REGULATION

Summary

The paper provides the most important information on sensory mechanisms of food intake regulation.

This article describes palatability of sensory stimulus, food preferences and sensory specific satiety.

LITERATURA

- ASHLEY D. V., LEATHWOOD P. D., 1984. *Metabolic influences on food selection*. Nestle Reaserch News, Switzerland, 59–69.
- GAWĘCKI J., 1982. *Fizjologiczne uwarunkowania wyboru pokarmu. Rola bodźców sensorycznych w dostosowaniu wyboru pokarmu do potrzeb organizmu*. Żyw. Człow. Metab. 9, 147–158.
- GAWĘCKI J., 2010. *Spożywanie pokarmu – mechanizmy regulacyjne*. [W:] *Zywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. GAWĘCKI J. (red.). Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 74–87.
- GAWĘCKI J., PAZOŁA Z., 1981. *Konsumptionspräferenz der Jugend in der Gemeinschaftsverpflegung und ihr zusammenhang mit der sensorischen Empfindlichkeit*. Die Nahrung, 25, 10, 929–936.
- GAWĘCKI J., GALIŃSKI G., 2007. *Sensoryczne mechanizmy regulacji spożywania pokarmu*. [W:] *Zmysły a jakość żywności i żywienia*. GAWĘCKI J., BARYŁKO-PIKIELNA N. (red.). Wyd. AR w Poznaniu, Poznań, 169–185.
- GAWĘCKI J., DOBROWOLSKA K., DOMAŃSKA K., 1985. *Pożądalność smaku słodkiego i jej związek z upodobaniami pokarmowymi ludzi otyłych i chorych na cukrzycę*. Żyw. Człow. Metab. 1, 27–29.
- GAWĘCKI J., CZARNOCIŃSKA J., TYLICKA D., 1988. *A trial of assessment in the interrelated action of metabolic and sensory factors in the choice of food by rats in various states of protein and calcium nutrition*. Acta Physiol. Pol. 39, 289–293.
- HETHERINGTON M. M., 1996. *Sensory-specific satiety and its importance in meal termination*. Neurosci. Behav. Rev. 20, 113–117.
- JOHNSON J., VICKERS Z. M., 1991. *Sensory-specific satiety for selected bread products*. J. Sens. Stud. 6, 65–79.
- LE MAGNEN J., 1977. *Hunger and food palatability in the control of feeding behaviour*. [W:] *Food intake and chemical senses*. KATSUKI Y., SATO M., TAKAGI S. F., OOMURA Y. (red.). University Park Press, Baltimore.
- LE MAGNEN J., 1981. *Neurophysiological basis for sensory mediated food selection*. [W:] *Criteria of food acceptance*. ŠOLLMS J., HALL R. L. (red.). Forrester Verlag AG, Zurich.
- MANTHEY J., VICKERS Z., 1996. *The relationship of fiber to sensory specific satiety*. J. Sens. Stud. 11, 335–345.
- MENELLA J. A., BEAUCHAMP G. K., 1999. *Experience with a flavor in mother's milk modifies the infant's acceptance of flavored cereal*. Dev. Psychobiol. 3, 197–203.
- REMICK A. K., POLIVY J., PLINER P., 2009. *Internal and external moderators of the effect of variety on food intake*. Psychol. Bull. 135, 434–451.
- ROLLS B. J., 1993. *Appetite, hunger, and satiety in the elderly*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 33, 39–44.
- ROLLS B. J., 1999. *Do chemosensory changes influence food intake in the elderly?* Physiol. Behav. 66, 193–197.
- ROLLS E. T., 2008. *Functions of the orbitofrontal and pregenual cingulate cortex in taste, olfaction, appetite and emotion*. Acta Physiol. Hung. 95, 131–164.
- ROLLS E. T., DE WAAL A. W. L., 1985. *Long-term sensory specific satiety: Evidence from an Ethiopian refugee camp*. Physiol. Behav., 34, 1017–1020.
- ROLLS B. J., MCDERMOTT T. M., 1991. *Effects of age on sensory-specific satiety*. Am. J. Clin. Nutr. 6, 988–996.
- ROLLS E. T., ROLLS J. H., 1997. *Olfactory sensory-specific satiety in humans*. Physiol. Behav., 61, 3, 461–473.
- ROLLS B. J., ROLLS E. T., ROWE E. A., SWEENEY K., 1981. *Sensory specific satiety in man*. Physiol. Behav. 27, 137–142.
- ROLLS E. T., CRITCHLEY H. D., BROWNING A. S., HERNADI I., LENARD L., 1999. *Responses to the sensory properties of fat of neurons in the primate orbitofrontal cortex*. J. Neurosci. 19, 1532–1540.
- VANDEWATER K., VICKERS Z., 1996. *Higher-protein foods produce greater sensory-specific satiety*. Physiol. Behav., 59, 3, 579–583.
- WEENENN H., STAFLEU A., DE GRAAF C., 2005. *Dynamic aspects of liking: post-prandial persistence of sensory specific satiety*. Food Qual. Prefer. 16, 528–535.