

Iwona Cieřlik, Władysław Migdał

AMINY BIOGENNE W ŻYWNOŚCI

Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. inż. *G. Bonczar*

Hasła kluczowe: aminy biogenne, żywność, mleko, mięso, ryby.

Keywords: biogenic amines, food, milk, meat, fish.

Aminy biogenne są związkami azotowymi, szeroko rozpowszechnionymi w środowisku, niezbędnymi do utrzymania żywotności komórek i prawidłowego przebiegu procesów komórkowych wielu organizmów (1). Mogą być wytwarzane w żywych organizmach i razem z pożywieniem dostarczane do naszego ustroju. Najwyższą zawartość amin biogennych stwierdzono w produktach pochodzenia zwierzęcego, w tym w mięsie i jego przetworach, rybach oraz serze. Niższe poziomy tych związków wykazano w owocach, warzywach, napojach alkoholowych i czekoladzie. Poziom wiedzy społeczeństwa na temat amin biogennych znajdujących się w żywności jest bardzo niski. Większość ludzi jest przekonana, że mikroorganizmy występujące w żywności są przyczyną zatruc pokarmowych. Tymczasem ich oddziaływanie na nasz organizm jest pośrednie. Bezpośrednimi czynnikami są metabolity (między innymi aminy biogenne) wytwarzane przez drobnoustroje. Ogólna wiedza na temat amin biogennych, czynników sprzyjających ich powstawaniu i bezpiecznych limitów w żywności jest przydatna w prewencji toksycznego wpływu na organizm człowieka. Na podstawie tych informacji można stosować odpowiednią profilaktykę, która będzie polegała przede wszystkim na przestrzeganiu stanu higienicznego surowców i produktów, odpowiednich procedur technologicznych i właściwych warunków przechowywania żywności. Ze względu na negatywne działanie na żywe organizmy, występujące w zależności od różnych czynników, aminy biogenne są przedmiotem zainteresowania wielu naukowców.

CHARAKTERYSTYKA AMIN BIOGENNYCH

Aminy biogenne są to niskocząsteczkowe związki azotowe występujące zarówno w komórkach zwierzęcych, roślinnych, jak i bakteryjnych (1, 2). Należą one do prostych zasad organicznych o dużej aktywności. Mogą powstawać na skutek dekarboksylacji aminokwasów, ale także aminacji lub transaminacji ketonów i aldehydów przy udziale organizmów bakteryjnych. Niektóre aminy aromatyczne mogą być również produkowane „*in vitro*” przez aminację odpowiednich aldehydów (3). Aminy produkowane w trakcie reakcji zachodzących w żywym organizmie, w procesie dekarboksylacji aminokwasów, są nazywane aminami biogennymi (4). Na poziomie komórkowym aminy biogenne mają wpływ m. in. na syntezę białek, re-

plikację DNA oraz przepuszczalność błon komórkowych (5). Z jednej strony są niezbędne do utrzymania żywotności komórek, z drugiej mogą wykazywać działanie toksyczne, a nawet rakotwórcze (6).

Aminy biogenne pod względem struktury chemicznej możemy podzielić na trzy podstawowe grupy:

- 1) alifatyczne – monoaminy (metyloamina, dimetyloamina, trimetyloamina), poliaminy (kadaweryna, agmatyna, putrescyna, spermidyna, spermina);
- 2) aromatyczne (tyramina, dopamina, noradrenalina, adrenalina);
- 3) heterocykliczne – imidazolowe (histamina), indolowe (tryptamina, serotonina) (2).

Aminy alifatyczne są składnikami wszystkich żywych komórek, wewnątrz których pełnią szereg biochemicznych i fizjologicznych ról. Mogą pochodzić zarówno z endogennej biosyntezy, diety, a także z mikroorganizmów bytujących w jelitach (7). Aminy aromatyczne należą do klasy neurotransmiterów nazywanych katecholaminami, które zdefiniowane są przez obecność pierścienia katecholowego i bocznego łańcucha aminowego (8). Na przykład dopamina jest ważnym neuroprzekaźnikiem w autonomicznym układzie nerwowym. Jest autokrynną/parakrynną substancją, która produkowana jest miejscowo w nerkach (9). Pomimo, iż klasyczny szlak biosyntezy dopaminy występuje w neuronach, to w nerkach jest ona syntezowana niezależnie od aktywności nerwów (10). Największym skupiskiem dopaminy jest jądro ogoniaste. Adrenalina jest wydzielana z rdzenia nadnerczy do krwiobiegu, natomiast noradrenalina uwalniana jest przez pozazwojowe włókna współczulnej części autonomicznego układu nerwowego i pełni rolę pośrednika chemicznego (11). Natomiast należąca do amin katecholowych tyramina jest hormonem tkankowym (12). Aminy heterocykliczne np. histamina występują w dużych ilościach w błonie śluzowej żołądka, jelit, w skórze, wątrobie, mięśniach, płucach, a także leukocytach (11, 12). Magazynem histaminy są komórki tuczne, ziarnistości wydzielnicze, może występować jako kompleks wraz z cynkiem i heparyną (11). Przedstawicielem amin indolowych jest serotonina, która obecna jest w surowicy i powoduje rozkurcz mięśni prążkowanych (13, 14). Występuje zarówno w świecie roślinnym, jak też zwierzęcym (banany, orzechy, ananasy, jad skorpionów). Tryptamina jest pokrewną serotoninie indoloaminą, gdyż tak jak ona pochodzi od tryptofanu. Jej rola jest niedoceniana przy ogólnym założeniu, że występuje jako produkt uboczny syntezy serotoniny. Istnieją bowiem informacje, które potwierdzają obecność postsynaptycznych receptorów tryptaminowych zupełnie niezwiązanych z serotoninowymi (15).

WYSTĘPOWANIE AMIN BIOGENNYCH W ŻYWNOŚCI

Aminy biogenne mogą znajdować się w każdej grupie produktów spożywczych zawierających białko. Najczęściej spotykane są w rybach makrełowatych, w produktach mięsnych, serach, produktach fermentowanych i w niektórych napojach (3). Te grupy produktów zalicza się do żywności o wysokim ryzyku występowania amin biogennych. Istnieje wiele czynników wpływających na powstawanie amin biogennych, m. in. temperatura, pH, dostępność substratów, zawartość soli i cukru.

Wszystkie te czynniki mogą wpływać na akumulowanie się amin biogennych w organizmie człowieka. W produktach zawierających aminy, zidentyfikowano również drobnoustroje, które są odpowiedzialne za ich powstawanie (2).

Najwyższe poziomy amin biogennych stwierdzono w próbkach tuńczyka i sardynek w puszcze, wędzonej makreli, sardeli, kiełbasy suchej oraz produktach sojowych fermentowanych. Źródłem amin biogennych jest nieświeża żywność. Najważniejsze aminy występujące w żywności to: histamina, β -fenyloetyloamina, tyramina, tryptamina, putrescyna, kadaweryna, spermina i spermidyna (16). Określenie zawartości amin biogennych w codziennym pożywieniu jest bardzo ważne ze względu na możliwość ich toksycznego oddziaływania na nasz organizm (17).

MIĘSO I PRODUKTY MIĘSNE

Wysoka zawartość wolnych aminokwasów i białka w produktach mięsnych stwarza korzystne warunki do rozwoju i wzrostu bakterii, które mogą wytwarzać aminy biogenne (5). Obecność tych substancji w mięsie może być wskaźnikiem złej jakości w wyniku niewłaściwego (np. zbyt długiego lub w nieodpowiednich warunkach) przechowywania. Zależność pomiędzy zawartością amin biogennych w produkcie spożywczym, a czasem jego przechowywania można wykorzystać do kontroli procesu psucia się żywności. Badania wykazały, że wysoka zawartość kadaweryny jest wskaźnikiem zepsucia (w skutek długiego przechowywania) zarówno mięsa białego, jak i czerwonego, natomiast tyramina jest dobrym wskaźnikiem jakości mięsa czerwonego (17). Wzrost ilości amin biogennych powyżej poziomu ich naturalnego występowania, szczególnie w produktach niefermentowanych, spowodowany przez mikroorganizmy jest uważany za wskaźnik ich złej jakości (5). Świeża wieprzowina i jej przetwory zawierają dużo sperminy, spermidyny, natomiast odnotowano w nich niski poziom putrescyny, histaminy, kadaweryny i tyraminy. Tymczasem wysoki poziom kadaweryny w wołowinie jest tłumaczony skażeniem mięsa bakteriami z rodziny *Enterobacteriaceae* (2). Spermina i spermidyna są naturalnie występującymi aminami w mięsie. Zawartość spermidyny wynosi zazwyczaj poniżej $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (18), a naturalna zawartość sperminy jest wysoka, waha się w granicach $20\text{--}60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (19). Nie zaobserwowano żadnych zmian zawartości sperminy i spermidyny w mięsie pakowanym próżniowo (podczas przechowywania do 39 dni w temp. $0,5^{\circ}\text{C}$ lub 10°C), natomiast składowanie w atmosferze próżniowej lub w kontrolowanej spowodowało wzrost zawartości tyraminy i fenyloetylaminy (18). Stwierdzono, że ilość putrescyny w mielonym mięsie, lub które ulega restrukturyzacji wzrasta wraz z podwyższeniem liczby drobnoustrojów. Natomiast podczas przechowywania wołowiny w opakowaniu próżniowym w temp. 4°C zostaje zahamowane tworzenie się putrescyny. Również w mięsie mielonym i w płatach wieprzowiny przechowywanych w temp. $6\text{--}8^{\circ}\text{C}$ przez 8 dni zawartość putrescyny wzrastała szybko i wyraźnie, a spermidyna pozostawała na stałym poziomie, natomiast ilość sperminy malała (19). Wykazano także, że składowanie białego i czerwonego mięsa przez 36 dni w temperaturze 4°C prowadzi do wzrostu zawartości kadaweryny, co jest zapewne związane z wysoką zawartością lizyny w mięsie (17). Naturalna zawartość amin biogennych w mięsie drobiu jest podobna do ich poziomu w mięsie czerwonym (20).

Temperatura jest obok czasu przechowywania ważnym czynnikiem wpływającym na zawartość amin biogennych w mięsie i jego przetworach. Stwierdzono, że podczas przechowywania wieprzowiny w temp. 30°C zawartość amin była istotnie wyższa niż podczas składowania w temp. 4°C. Natomiast jej przechowywanie w -18°C przez 9 miesięcy nie zmieniało zawartości amin biogennych, z czego wynika jednoznacznie, iż zamrażalnicza temperatura składowania hamuje proces powstawania amin biogennych. Natomiast podczas chłodniczego składowania mięsa wołowego pakowanego próżniowo w temp. 1°C stwierdzono wysoki poziom tych związków już w 20. dniu przechowywania. Okazało się, że mimo pakowania próżniowego i chłodniczego przechowywania wołowiny, może być ona źródłem ryzyka dla osób wrażliwych na aminy biogenne (4).

Koncentracja histaminy w przetworach mięsnych, szczególnie w różnych typach kielbas czy wędlin jest wyższa niż w produktach świeżych. W przypadku kielbasy średnio suchej używa się bakterii kwasu mlekowego, a fermentacja trwa krótko, natomiast kielbasa sucha jest fermentowana dłużej i wykorzystuje się naturalną mikroflorę bakteryjną. Podczas dojrzewania kielbasy, w pierwszych dwóch dniach poziom histaminy wzrasta nawet dziesięciokrotnie. Notuje się różne ilości amin biogennych w mięsnych produktach fermentowanych. Wpływa na to długość czasu dojrzewania, zmienność i różnica aktywności dekarboksylacyjnej naturalnej mikroflory odpowiedzialnej za fermentację, metabolizm i biosyntezę tych amin, a to z kolei jest zależne od procesu technologicznego, jakości użytego mięsa oraz zastosowanych dodatków (4). Występowanie amin biogennych w fermentowanej kielbasie może być zapoczątkowane przez skażenie surowego mięsa albo poprzez naturalny proces fermentacji. O zwiększonej ilości drobnoustrojów, a tym samym o mniejszej świeżości tego mięsa świadczyła wysoka zawartość purescyny. Zawartość amin biogennych jest różna w fermentowanych produktach ze względu na różne profile mikrobiologiczne. Duży wpływ na mikroflorę ma sposób przyrządzenia, co jest związane z wielorakimi interakcjami między składnikami, np. zawartość amin biogennych w salcesonie sporządzonym w sposób przemysłowy jest wyższa niż w salcesonie przygotowanym tradycyjnie. W badaniach dotyczących fermentowanej kielbasy wykazano, że spośród amin najwyższą koncentrację osiąga tyra mina (200–600 mg·kg⁻¹) oraz putrescyna, której poziom w niektórych kielbasach może być także znaczący i wynosić nawet do 450 mg·kg⁻¹). Natomiast zawartość 2-fenyletyloaminy i tryptaminy była stwierdzana tylko w niektórych kielbasach i nie przekraczała poziomu 50 mg·kg⁻¹. W niektórych przebadanych próbkach kielbas wykryto także niebezpieczny dla zdrowia poziom histaminy (300 mg·kg⁻¹) (21). We włoskiej kielbasie oraz różnych hiszpańskich fermentowanych i suszonych produktach mięsnych oznaczono takie aminy jak: putrescyna, kadaweryna, histamina, 2-fenyletyloamina i tyramina, przy czym zawartości tyraminy była wyższa niż stwierdzana w świeżych surowcach. Obecność amin biogennych w tych produktach mięsnych jest ściśle związana ze składem mikroflory bakteryjnej występującej podczas procesu dojrzewania (3).

RYBY I PRODUKTY RYBNE

Ryby i przetwory rybne są grupą produktów spożywczych odznaczającą się wysokim poziomem amin biogennych. Zawierają one znaczące ilości wolnej histydydy

(ilości zależne od gatunku ryb), która w odpowiednich warunkach może przekształcić się w histaminę (4). Obok histaminy w makrelach, śledziach, tuńczyku i sardynkach zostały wykryte różne aminy, w tym putrescyna, kadaweryna, tyramina, spermina i spermidyna (3). Wzrost poziomu histaminy w rybach może być bardzo szybki, co wskazuje na intensywny rozwój mikroorganizmów. Główne szczepy bakteryjne, które odpowiadają za toksyczność mięsa ryb to m. in. *Proteus morgani*, *Hafnia alvei*, *Acromomonas hydrophila*, *Vibrio alginolyticus*, *Pseudomonas sp.*, *Klebsiella sp.* Są to bakterie, które mogą produkować niebezpieczną dla zdrowia człowieka dawkę histaminy w bardzo krótkim czasie np. podczas przechowywania ryb w podwyższonej temperaturze, czyli w warunkach sprzyjających ich wzrostowi. Niska temperatura przechowywania jest obecnie najpopularniejszą metodą zapobiegania rozwojowi bakterii uczestniczących w procesie wytwarzania histaminy (2). Niektóre aminy, w tym histaminę, putrescynę i kadawerynę uznaje się za wskaźniki zepsucia – rozkładu produktów rybnych (22, 23). Zaproponowano wskaźnik jakości dla ryb (Biogenic Amines Index): $BAI = (mg \cdot kg^{-1} \text{ histaminy} + mg \cdot kg^{-1} \text{ putrescyny} + mg \cdot kg^{-1} \text{ kadaweryny}) / (1 + mg \cdot kg^{-1} \text{ sperminy} + mg \cdot kg^{-1} \text{ spermidyny})$ (2). Wartość wskaźnika BAI przekraczająca 10 mówi o spadku jakości ryb i ich przetworów (23).

W wyniku badań sensorycznych udało się znaleźć ścisły związek pomiędzy zapachem, a zawartością putrescyny i kadaweryny w tuńczyku z puszki. W trakcie badań nad aminami w rybach skupiono się nad wpływem temperatury na zawartość amin biogennych i ich powstawaniem. Optimum temp. dla reakcji tworzenia histaminy wynosi $37,8^{\circ}C$. Jest to temperatura, w której aktywność mikrobiologiczna jest bardzo wysoka. Udowodniono, że po 18 dniach przechowywania w temperaturze $0^{\circ}C$ można było wykryć małe ilości histaminy. Podczas przechowywania w temp. $10^{\circ}C$ przez 5 dni poziom histaminy w wątrobie i mięśniach makreli przewyższa $1 g \cdot kg^{-1}$. Udowodniono także, że przechowywanie makreli w lodzie aż do zepsucia ryby nie powodowało wyższego wzrostu poziomu histaminy niż $50 mg \cdot kg^{-1}$ nawet wówczas, gdy ryba nie nadawała się już do spożycia. Składowanie sardynek w chłodni lub kruszonym lodzie powodowało wzrost zawartości amin biogennych, a toksyczną zawartość histaminy wykryto w produkcie w zaawansowanym stadium rozkładu (4). Zdania naukowców na temat powstawania amin biogennych w rybach są podzielone. Niektórzy z nich twierdzą, że aminy biogenne (np. histamina) mogą powstawać podczas przechowywania w warunkach zamrażalniczych ($-20^{\circ}C$) w mięśniach makreli i sardynek. Inni zaś uważają, że produkcja histaminy jest znacznie mniejsza, podczas przechowywania makreli w lodzie. Nie wykryto natomiast histaminy w rybach składowanych w temperaturach zamrażalniczych, tj. -14 , -12 , $-29^{\circ}C$. Również w tuńczyku i makreli zawartość amin biogennych podczas przechowywania w temp. $-18^{\circ}C$ nie zmieniała się. Podczas rozmrażania ryb następują fluktuacyjne zmiany zawartości amin biogennych, które są wynikiem różnego stosunku liczbowego enzymów endogennych rybich tkanek i enzymów mikroorganizmów (4).

Histamina jest rzadko wytwarzana, gdy dany surowiec jest zasolony. Jest to związane z inhibicyjnym wpływem soli na aktywność dekarboksylazy histydy (4). W badaniach na śledziach wysoko solonych nie zaobserwowano zarówno zmian mikrobiologicznych, jak i zwiększenia zawartości amin (24). Jednakże bakterie, które są odporne na wysokie stężenie soli mogą produkować aminy biogenne. Przykładem są sardynki, w których wykryto aminy nawet przy 12% zasoleniu. Co więcej, za-

wartość histaminy wzrastała również podczas konserwowania produktów rybnych i można ją było wykryć w solonych i marynowanych próbkach z rybami. Zawartość histaminy, która powstała podczas przechowywania ryb była częściowo obniżana podczas procesu utrwalającego jakim jest konserwowanie. Zawartość amin biogennych nie ulega znaczącej redukcji podczas sterylizacji przeprowadzanej w procesie konserwowania, przy czym nawet do 90% amin pozostawało po przeprowadzeniu tego procesu.

Zawartość histaminy w konserwach rybnych zależy od wielu czynników, są to: świeżość surowca, gatunek ryb, warunki transportu i jego temperatury chłodnicze, a także od metod przygotowania produktu do spożycia. Natomiast obecność innych amin (trimetyloamina i dimetyloamina) występujących w rybach i produktach rybnych była determinowana świeżością tych surowców (3).

W badaniach przeprowadzonych na rybach fermentowanych *Ghananiam* wykryto śladowe ilości putrescyny, tyraminy, agmatyny i tryptaminy (3). Po fermentacji ryb stwierdzono także wzrost zawartości spermidyny (24). Autorzy wykazali, że na zawartość amin biogennych w rybach i ich przetworach wpływa przede wszystkim aktywność enzymów bakteryjnych oraz temperatura przechowywania (3, 24).

MLEKO I PRODUKTY MLECZNE

Aminy biogenne występują także w mleku i przetworach mlecznych i spożywanie właśnie tej grupy produktów spożywczych jest bardzo często przyczyną zatrucia tymi związkami (25). Zawartość tych związków w świeżym mleku i produktach mlecznych jest niska (ok. $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), z wyjątkiem produktów, które zostały poddane dojrzewaniu i fermentacji (w serze ok. $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (2). Najczęściej występującymi i najbardziej znaczącymi aminami biogennymi w serach są: tyramina, histamina, putrescyna, kadaweryna, tryptamina oraz β -fenyloetyloamina (4). Sery stanowią bardzo dobre środowisko, dla tworzenia się amin biogennych, ponieważ w skład ich wchodzi białka, enzymy, kofaktory, woda i sól oraz posiadają one odpowiednią temperaturę i jakość mikrobiologiczną (2).

Najważniejszym czynnikiem wpływającym bezpośrednio na powstawanie amin w produktach mlecznych jest obecność dekarboksylaz i wolnych aminokwasów (26). Podczas produkcji w warunkach niehigienicznych lub w przypadku wykorzystania złej jakości mleka, mogą powstawać duże ilości amin biogennych (2). W wyniku dojrzewania następuje trawienie kazeiny przez enzymy proteolityczne i wytworzenie wolnych aminokwasów, które stanowią substrat do produkcji amin. W wymienionych wcześniej odpowiednich warunkach aminokwasy mogą być przekształcone do amin. Zawartość takich związków jak histamina, putrescyna, kadaweryna rośnie stopniowo, co wpływa na przedłużenie czasu procesu dojrzewania (4). Najczęściej występującą aminą w serach jest tyramina (27). W większości serów zawartość amin biogennych nie przekracza $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dla poszczególnych amin biogennych są to zazwyczaj wartości niewykrywalne, lecz w skrajnych przypadkach mogą sięgać nawet do $2500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla histaminy, $2210 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla tyraminy, $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla tryptaminy, $1390 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla kadaweryny i $684 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla putrescyny (5).

Zaobserwowano duże wahania między zawartością sperminy i spermidyny w mleku krowim. Na te różnice mają wpływ przede wszystkim takie czynniki, jak faza laktacji i ilość mleka. Najwięcej amin biogennych stwierdzono w siarze. Zaszczepienie mleka kulturami *Lactococcus lactis* powodowało wzrost zawartości sperminy i spermidyny (19). W niektórych typach serów poziom amin biogennych podczas dojrzewania na początku jest wysoki, a następnie spada. Może to być wykorzystywane do oceny stopnia dojrzałości tych produktów, przy czym ogromne znaczenie ma jakość użytego do ich wytworzenia mleka (26). Dobrym sposobem na poprawę stanu mikrobiologicznego mleka jest proces pasteryzacji. Badania jakościowe przeprowadzone na serach produkowanych z mleka niepasteryzowanego i pasteryzowanego wykazały, że proces ten redukuje liczbę drobnoustrojów i tym samym liczbę amin biogennych (26). Przeprowadzono badania, które miały na celu wyznaczenie najlepszych warunków produkcji sera (zmniejszających poziom amin biogennych). Wykazano, że najlepsze warunki uzyskuje się gdy do produkcji serów wykorzystuje się mleko pasteryzowane, bakterie mezofilne oraz podgrzane, zsiadłe mleko. Należy jednak pamiętać, że optymalne warunki są różne dla każdego rodzaju amin (28). Przeprowadzono również badania porównujące wpływ wysokiego ciśnienia podczas obróbki i pasteryzacji koziego mleka na produkcję amin biogennych i poliamin w serze podczas 45 dni dojrzewania. Okazało się, że działanie ciśnienia może powodować wzrost prawdopodobieństwa występowania wolnych aminokwasów, które są prekursorami amin biogennych (19). W serach typu szwajcarskiego wykazano najwyższą zawartość tyraminy. Co ciekawe, jej zawartość jest różna w różnych częściach sera (najwyższa w części zewnętrznej). Badania przeprowadzone na serze niderlandzkim wykazały podobne rozłożenie amin biogennych. Najwyższą zawartość histaminy i tyraminy wyizolowano w części zewnętrznej sera (25). Najodpowiedniejszą metodą pozwalającą na ograniczenie zawartości amin w serach jest przechowywanie ich w niskiej temperaturze (5).

TOKSYCZNOŚĆ AMIN BIOGENNYCH

Aminy biogenne pełnią wiele ważnych funkcji w organizmie człowieka, ale ich nagromadzenie w dużej ilości poprzez spożywanie różnej żywności może mieć toksyczny efekt. Do najbardziej ryzykownych produktów należą ryby, sery i wędliny. W każdym kraju notowane były zatrucia aminami zawartymi w produktach, które są dla nich tradycyjne bądź najczęściej spożywane (4). Najczęstszym produktem powodującym zatrucia są ryby.

Aminy odpowiedzialne za zatrucia to histamina, putrescyna i tyramina, przy czym najczęstsze zatrucia odnotowuje się po spożyciu żywności zawierającej wysokie ilości histaminy (3). Okazało się, że właśnie histamina jest najbardziej toksyczną aminą wykrytą w żywności. Ostateczny efekt jej toksycznego oddziaływania na organizm zależy od wielu czynników, takich jak: dawka histaminy, obecności innych amin, aktywności aminooksydaz, a także od indywidualnej fizjologii jelit każdego człowieka (20). Główne efekty toksyczne histaminy to rozszerzenie naczyń krwionośnych, co powoduje podciśnienie, bóle głowy i uderzenia gorąca. Co więcej, powoduje skurcze mięśni gładkich jelit, skurcze brzuszne, zawroty głowy i wymioty (3). Zbyt wysoka kumulacja histaminy może prowadzić również do niewydolności

oddechowej, pocenia się, kołatania serca, powstania wysypki i uczucia pieczenia ust (20). Nietolerancja histaminy przez organizm powoduje także przekrwienie nosa, astmatyczny oddech, arytmie, pokrzywkę, świąd, a nawet bolesne miesiączkowanie (29). Dawki histaminy wywołujące reakcje alergiczne są różne i zależą od indywidualnych predyspozycji. Pobranie z pożywieniem dawki 5–10 mg histaminy może wywołać reakcję u ludzi wrażliwych. Mimo to dawka 10 mg uważana jest za dopuszczalny limit. Za dawkę średnio toksyczną uważa się 100 mg, a 1000 mg jest to dawka bardzo toksyczna. Histamina jest również utożsamiana z zatruciami spowodowanymi przez ryby makrełowate, ze względu na jej zwiększone spożycie podczas konsumpcji tuńczyka, makreli i sardynek (30). U osób cierpiących na choroby układu oddechowego (m.in. na dychawicę oskrzelową, przewlekły nieżyt) dawka nawet 20–50-krotnie mniejsza niż u ludzi zdrowych może wywołać napady duszności spowodowane skurczem mięśni gładkich oskrzeli, obrzękiem błony śluzowej oskrzeli i zwiększonym wydzielaniem gruczołów śluzowych (31).

Działanie tyraminy i tryptaminy jest podobne. Są naczyniowo czynne, powodują nadciśnienie, ból głowy, gorączkę, czasami wymioty i pocenie się. Występowanie tyraminy w żywności jest również bardzo ważną kwestią ze względu na to, że tyramina w sama w sobie jest toksyczna, a jej reakcja z inhibitorami (MAOI) zawartymi w lekach, powoduje wysokie nadciśnienie krwi (4).

Inne aminy biogenne takie jak putrescyna czy kadaweryna nie są bezpośrednio toksyczne, ale mogą wpływać na histaminę i tym samym zwiększać jej negatywny wpływ na organizm (32). Dlatego też zanieczyszczenie jakimikolwiek aminami biogennymi może prowadzić do zatrucia pokarmowego, a nawet do innych niepożądanych schorzeń takich jak np. alergie itp. (33).

Ważnym aspektem związanym z toksycznością amin biogennych jest ich możliwość reakcji z azotanami (3). Jednoczesne występowanie w żywności azotanów(III) i kwasów, a także spermidyny i sperminy może prowadzić do wytwarzania kancerogennych nitrozoamin. Podczas obróbki tłustych produktów (np. boczku) w wysokiej temperaturze w obecności wody, putrescyny i spermidyny może powstawać N-nitrozopiperidyna (20). Fizjologiczne efekty działania amin biogennych mogą być bardzo zróżnicowane (34).

Ustalenie toksycznego poziomu amin biogennych jest bardzo trudne, ponieważ jest on indywidualny dla każdego człowieka. Zaproponowano górne limity amin biogennych dla różnych produktów spożywczych. Zawartość 8–40 mg/kg histaminy w produktach może powodować niewielkie zatrucie, ponad 40 mg/kg – umiarkowane, a ponad 100 mg/kg zatrucia ciężkie. Ponad 100 mg/kg tyraminy może powodować migrenę, a 1080 mg/kg może powodować toksyczne obrzęki (4). Wspólnota Europejska ustaliła dopuszczalny zakres zawartości histaminy w rybach na poziomie 10–20 mg/100 g (3).

PODSUMOWANIE

Aminy biogenne to związki odpowiedzialne za szereg funkcji w organizmie człowieka. Jednakże ich nadmierne nagromadzenie w spożywanej przez nas żywności może stanowić zagrożenie dla naszego organizmu. Niewielką ich nadwyżkę, or-

ganizm dzięki odpowiednim enzymom, sam potrafi unieszkodliwić. U niektórych osób, w organizmie których natężenie aktywności tych enzymów (spowodowaną uwarunkowaniami genetycznymi lub zażywaniem niektórych leków) jest niskie, może dojść do zatrucia, nawet przy wprowadzeniu niewielkich dawek amin. Natomiast przy większej kumulacji tych substancji, nawet w organizmie zdrowego człowieka, ilość aminooksydaz jest zbyt niska, aby wszystkie aminy biogenne uległy detoksykacji. Może to stać się przyczyną wystąpienia poważnych objawów chorobowych. Wiedza o produktach, w których aminy biogenne występują najczęściej, a także czynników sprzyjających ich powstawaniu, może pomóc w zapobieganiu tego typu zatruciom.

I. Cieślak, W. Migdał

BIOGENNIC AMINES IN FOOD

PIŚMIENNICTWO

1. Punakivi K., Smolander M., Niku-Paavola L., Mattinen J., Buchert J.: Enzymatic determination of biogenic amines with transglutaminase. *Talanta*, 2006; 68: 1040-1051. – 2. Karovičová J., Kohajdová Z.: Biogenic Amines in Food. *Chem. Papers*, 2005; 59: 70-79. – 3. Santos S.: Biogenic amines: their importance in foods. *Inter. J. Food Microbiol.*, 1996; 29: 213-231. – 4. Shalaby A.: Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Res. Int.*, 1996; 29(7): 675-690. – 5. Berthold A., Nowosielska D.: Aminy biogenne w żywności. *Medycyna Weterynaryjna*, 2008; 64(6): 745-748. – 6. Kączkowski J.: Podstawy biochemii. WNT, Warszawa, 2002; 362-364. – 7. Zoumas-Morse C., Rock C.L., Quintana E.L., Neuhauser M.L., Gerner E.W., Meyskens F. L.: Developing of a Polyamine Database for Assessing Dietary Intake. *Journal of the American Dietetic Association*. 2007; 107: 1024. – 8. Ben-Jonathan N., Hnasko R.: Dopamine as a Prolactin (PRL) Inhibitor. *Endocr. Rev.*, 2001; 22(6): 724-727. – 9. Eldrup E.: Significance and origin of DOPA, DOPAC, and dopamine-sulphate in plasma, tissues and cerebrospinal fluid. *Danish Medical Bulletin*, 2004; 51(1): 34-36. – 10. Carey R.M.: Renal Dopamine System. *Hypertension*, 2001; 38: 297-307.

11. Sieja K.: Obwodowe monoaminy biogenne i profil hormonalny u kobiet ze zmianami włóknisto-torbielowatymi gruczołu sutkowego. *Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej. PAM, Szczecin*, 2001; 68: 17-21. – 12. Filipowicz B., Wieczkowski W.: Biochemia: skrypt dla studentów szkół wyższych. *Metabolizm*, PWN, Warszawa, Łódź, Wyd. 6 uzup., 1986; tom 2: 342-348. – 13. Kubera M.: Interakcje układu serotonergicznego i odpornościowego. *Wykłady Monograficzne. Instytut Farmakologii PAN, Kraków*, 2001; 57: 1-8. – 14. Antkiewicz-Michaluk L.: Serotonina: synteza, rozkład, magazynowanie i uwalnianie. *Serotonina-VI Szkoła Zimowa Instytutu Farmakologii PAN. Instytut Farmakologii PAN, Kraków*, 1989; 27-33. – 15. Vanderlinden C., Mallefet J.: Synergic effects of tryptamine and SExperimental Biology. 2004; 207: 3749. – 16. Bodmer S., Imark C., Kneubühl M.: Biogenic amines in foods: Histamine and food processing. *Inflamm. Res.*, 1999; 48: 296-300. – 17. Vinci G., Antonelli M.: Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food Control*, 2002; 13: 519-524. – 18. Kalač P.: Biologically active polyamines in beef, pork and meat products: A review. *Meat Sci.*, 2006; 73: 1-119. – 19. Kalač P., Krausová P.: A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chem.*, 2005; 90: 219-230. – 20. Bardocz S.: Polyamines in food and their consequences for food quality and human Health. *Trends Food Sci. Tech.*, 1995; Vol 6: 341-346.

21. Suzzi G., Bardini F.: Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 2003; 88: 41-54. – 22. Saaid M., Saad B., Hashim N., Ali A., Saleh M.: Determination of biogenic amines in selected Malaysian food. *Food Chem.*, 2009; 113: 1356-1362. – 23. Stute R., Petridis K., Steinhart H., Biernoth G.: Biogenic amines in fish and soy sauces. *Eur. Food Res. Tech.*, 2002; 215: 101-107. – 24. Broczek M., Rautenstrauch D., Windyga B., Śnieżyńska H., Jędra M., Badowski P., Karlowska B.: Zawartość histaminy i tyraminy w zależności od jakości mikrobiologicznej śledzi solonych, przechowywanych

w różnych temperaturach. Roczn., PZH, 2003; 54(4): 87-95. – 25. *Komprda T., Smělá D., Novická K., Kalhotka L., Šustová K., Pechová P.*: Content and distribution of biogenic amines in Dutch-type hard cheese. Food Chem., 2007; 102: 129-137. – 26. *Rak L.*: Biogenne aminy w serach. Med. Wet., 2005; 61(4): 391-393. – 27. *Dičáková Z., Dudriková E., Cabadaj R.*: Biogenic amines in ewe's milk lump cheese and bryndza. B. Vet. Inst. Pulawy, 2004; 48: 53-57. – 28. *Schneller R., Good P., Jenny M.*: 1997, Influence of pasteurized milk, raw milk and different ripening cultures on biogenic amine concentrations in semi-soft cheeses during ripening. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 1997; 204: 267-272. – 29. *Maintz L., Schwarzer V., Bieber T., Van der Ven K., Novak N.*: Effects of histamine and diamine oxidase activities on pregnancy: a critical review. Hum. Reprod. Update, 2008; 14, 5: 485-495. – 30. *Hwang D.F., Chang S.H., Shiua C.Y., Chai T.J.*: High-performance liquid chromatographic determination of biogenic amines in fish implicated in food poisoning. J. Chrom., 1997; 693: 23-30.

31. *Stanosz M., Von Mach Szczypiński J., Stanosz S.*: Biochemiczne i farmakologiczne aspekty histaminy. Ginekologia Praktyczna, 2005; 86(5): 37-42. – 32. *Landete J., Rivas B., Macrobal A., Munoz R.*: Molecular methods for the detection of biogenic amine-producing bacteria on foods. Int. J. Food Microbiol., 2007; 117: 258-269. – 33. *Diel E., Bayas N., Müller S., Bott A., Schimpf D., Diel F.*: Histamine containing food: Establishment of a German Food Intolerance Databank (NFID). Inflamm. Res. 1997; 46, Supplement 1: 87-88. – 34. *Edwards S., Sandine W.*: Microbial metabolites of importance in dairy products. Int. J. Dairy Sci., 1981; 64: 12-17.

Adres: 30-149 Kraków, ul. Balicka 122.