Nauki Przyrodnicze
numer 2 (12)/2016

OWADY NA TALERZU

ISSN 2353-13-71

Nauki Przyrodnicze

Redaktor naczelny
Mateusz Gortat

Zastępca redaktora naczelnego
Dariusz Wolski

Redaktor techniczny
Paweł Kuś

Rada naukowa:
prof. dr hab. Bogusław Makarski (UP Lublin)
dr hab. inż. Marek Stankevič (UMCS Lublin)
dr Sylwester Kowalik (UP Lublin)
dr Anna Stępniowska (UP Lublin)
lek. wet. mgr inż. Dariusz Wolski (UP Lublin)
mgr Mateusz Gortat (UP Lublin)
lek. med. Łukasz Pastuszak (Samodzielny Publiczny Centralny Szpital Kliniczny w Warszawie)

Projekt okładki
Robert Giza

ADRES DO KORESPONDENCJI
Stowarzyszenie Studentów Nauk Przyrodniczych
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
kontakt@ssnp.org.pl
www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Odpowiedzialność za treść i materiały graficzne ponoszą autorzy

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Nauki Przyrodnicze

Artykuły/Articles

3-11. Szczur jako zwierzę laboratoryjne i towarzyszące – podstawy hodowli i dobrostanu
Autor: Dariusz Wolski
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

12-19. Perspektywy spożycia owadów przez Europejczyków
Autor: Ewelina Zielińska
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

20-29. Przegląd i krótka charakterystyka gatunków z rodzaju *Triticum*
Autor: Aleksandra Gogół
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

30-36. Charakterystyka wybranych alkalicznych proteaz bakteryjnych
Autorzy:Anna Siemińska, Jakub Knurek
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej

37-47. Przegląd i charakterystyka najczęściej występujących mikotoksyn
Autorzy: Ewa Broda, Dariusz Wolski, Mateusz Gortat
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Dariusz Wolski
Katedra Fizjologii Zwierząt
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
e-mail: darek.wolski@o2.pl

Szczur jako zwierzę laboratoryjne i towarzyszące – podstawy hodowli i dobrostanu

The rat as a laboratory and pet animal - basics of inbreeding and welfare

Streszczenie

Szczur jest gatunkiem coraz częściej utrzymywanym jako zwierzę towarzyszące, a także odgrywającym ogromną rolę w służbie człowiekowi w wielu dziedzinach nauki. Jako gryzoń należy do rodziny myszowatych o wybitnych zdolnościach adaptacyjnych do zmieniających się warunków środowiskowych, plennym i odpornym na liczne choroby. Liczne akty prawne regulują warunki utrzymania tych zwierząt głównie wykorzystywanych w celach naukowych i edukacyjnych, ale mogą stanowić również źródło informacji dla hodowli amatorskich. Celem niniejszej publikacji jest zapoznanie czytelnika z podstawowymi informacjami na temat biologii gatunku, żywienia, warunków zootechnicznych, wykorzystaniem szczurów w badaniach naukowych, a także aspektami prawnymi z zakresu ochrony zwierząt laboratoryjnych. Opracowanie może być również przydatne dla hodowców i miłośników tych zwierząt.

Słowa kluczowe: dobrostan zwierząt, hodowla, szczur, zwierzęta laboratoryjne

Summary

The rat is a species more often kept as a pet and also plays a huge role in the service of mankind in many fields of science. As a rodent it belongs to a family of murine with outstanding adaptability to changing environmental conditions, it is fertile and resistant to many diseases. Numerous legal acts regulate the conditions for the upkeep of these animals mainly used for scientific and educational purposes, but also as a resource for amateur breeding. The aim of this publication is to familiarize the reader with basic information about the biology of the species, nutrition, zootechnical conditions, the use of rats in the research, as well as the legal aspects of the protection of laboratory animals. The elaboration can also be useful for breeders and these animals' lovers.

Key words: animal welfare, inbreeding, rat, laboratory animals

WSTĘP

Pod względem taksonomicznym szczury zaliczane są do rzędu gryzoni (*Rodentia*), rodziny myszowatych (*Mouridae*). Najbardziej rozpowszechnionymi w warunkach Polski i Europy są dwa gatunki: szczur śniady (*Rattus rattus*) oraz szczur wędrowny (*Rattus norvegicus*) (HEMPEL-ZAWISTOWSKA I IN., 2016). Szczur wędrowny (fot. nr 1) jest znacznie większy od szczura śniadego (fot. nr 2) o masywnej budowie i długości ciała, która u osobników dorosłych waha się w granicach 160-280 mm bez ogona. Masa ciała dochodzi w warunkach naturalnych do 615 g, a nawet wg niektórych danych do około 1000 g. Najczęściej spotykane jest umaszczenie brunatne z odcieniem od żółtego do szarego, niemniej jednak spotykane są również osobniki czarne, barwy kremowej czy też albinotyczne (BURT, 2006; KOWALSKI I RUPRECHT, 1984). Z kolei jego krewniak, szczur śniady jest wyraźnie mniejszy, o długości ciała bez ogona 150-230 mm, masa ciała osobników dorosłych dochodzi do około 300 g. Umaszczeniem najczęściej spotykanym jest kolor szaro-brązowy do czarnego z jasnym podbrzuszem.

Fot. nr 1. Szczur wędrowny (*Rattus norvegicus*)
Fot. Dariusz Wolski (zmodyfikowano).

To, co odróżnia go od szczura wędrownego, to znacznie większe półokrągłe uszy i dłuższy ogon z widocznymi łuskami (SERAFIŃSKI, 1995). Oba gatunki towarzyszą ludzkości od stuleci i jako gatunki synantropijne czerpią wiele korzyści z obcowania w pobliżu gospodarstw ludzkich. Od starożytności zwierzęta te traktowane były jako szkodniki, bądź też jako zwierzęta pożyteczne w zależności od szerokości geograficznej, kultury oraz wierzeń. Minione stulecie do czasów obecnych pokazuje, że coraz większe znaczenie odgrywają szczury jako zwierzęta laboratoryjne używane w nauce i doświadczalnictwie oraz jako zwierzęta towarzyszące (domowe) (SZAREK I IN., 2013).

Fot. nr 2. Szczur śniady (*Rattus rattus*)
Fot. Dariusz Wolski (zmodyfikowano).

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Fizjologia gatunku

Szczury posiadają specyficzne przystosowania do wielu różnych środowisk oraz do zmiennych warunków klimatycznych, dzięki wykształconym zdolnościom adaptacyjnym. Mechanizmy adaptacyjne mogły rozwinąć się w dziejach ewolucji tych zwierząt dzięki instynktom i narządom zmysłów oraz umiejętności życia w grupach społecznych (BRYLIŃSKA, 1996).

Najsłabiej rozwiniętym narządem zmysłów u szczurów jest wzrok. Zwierzęta te są wrażliwe na mocne światło, skąd wynika ich naturalne dążenie do przebywania w ciemnych miejscach oraz wykazywania większej aktywności głownie po zmroku. Nie potrafią rozróżniać zbyt wielu kolorów, odbierając otoczenie w różnych odcieniach koloru zielonego i niebieskiego, a ponadto są w stanie odbierać docierające bodźce ultrafioletowe. Odległość na jaką widzą szczury w sposób zapewniający im odróżnianie obiektów wynosi maksymalnie 75 m, chociaż widzenie nie jest ostre w porównaniu do widzenia u ludzi (BRYLIŃSKA I KWIATKOWSKA, 1996). Osobniki albinotyczne dotknięte są różnego stopnia wadami wzroku, jednak wykorzystują one w większym stopniu zmysł dotyku za pomocą włosów zatokowych (wibrysów), dzięki którym poruszają się w ciemnych i ciasnych pomieszczeniach. Wibrysy, oprócz lokalizacji w okolicy twarzowej, występują wzdłuż długiej osi ciała na bokach zwierzęcia, dzięki czemu istnieje możliwość oceny, czy zwierzę jest w stanie przejść przez niewielkie otwory np. w ścianach, ogrodzeniach itp. Ważnym z punktu widzenia chowu i hodowli tych zwierząt jest, aby pamiętać, by nie wycinać włosów zatokowych oraz nie golić sierści, gdyż pozbawia to zwierzęta możliwości prawidłowego odbioru bodźców i orientacji w przestrzeni. Z kolei albinosy, mające niezabarwioną tęczówkę są szczególnie narażone na utratę wzroku jeśli przebywają w zbyt dużym natężeniu światła, zwłaszcza osobniki dorosłe, u których padające prosto na siatkówkę promienie świetlne doprowadzają z czasem do jej degeneracji, co skutkuje postępującą utratą wzroku (SZAREK I IN., 2013; ZIĘTEK I IN., 2010).

W przeciwieństwie do słabo rozwiniętego zmysłu wzroku, szczury obdarzone są doskonale funkcjonującym narządem węchu. Za funkcjonowanie tego zmysłu odpowiada zarówno nos jak i narząd lemieszowo-nosowy. Zwierzęta te obserwowane w środowisku naturalnym i warunkach sztucznie stworzonych przez człowieka, nieustannie posługują się węchem kierując nos w wielu kierunkach. Umożliwia to zarówno poszukiwanie pożywienia, wyczuwanie zagrożeń w postaci człowieka czy innych gatunków zwierząt. Ponadto, odgrywa główną rolę w stosunkach społecznych, pozwalając na identyfikację poszczególnych osobników w stadzie (GABRISH I ZWART, 2009). Zwykle w naturalnych warunkach szczury znaczą moczem swoje terytorium, co odbierane jest przez inne osobniki. Podobnie samice szczurów znaczą swoje potomstwo, w celu odróżnienia od obcych noworodków. Nie gorzej rozwinięty u tych zwierząt jest również zmysł słuchu, za pomocą którego odbierają nawet ultradźwięki, niesłyszalne dla ucha ludzkiego. Ponadto, szczury rozróżniają wszystkie podstawowe smaki: kwaśny, gorzki, słodki i słony, a także smaku umami. Pozwala im to na odróżnianie różnego rodzaju pokarmów, a co bardzo ważne i cenne z punktu widzenia przetrwania gatunku, pokarmów o niepewnym pochodzeniu czy możliwych właściwościach toksycznych. Podejrzany pokarm testowany jest zwykle przez osobniki najsłabsze. Dopiero po tym reszta stada przystępuje do konsumpcji (SZAREK I IN., 2013; ZIĘTEK I IN., 2010).

Szczury należą do zwierząt poliestralnych, co oznacza, że charakteryzują się

wielokrotnie powtarzaną rują w ciągu roku. Z tego też powodu zaliczane są do gatunków niezwykle płodnych i plennych. Długość cyklu płciowego wynosi 4-5 dni, a ruja właściwa trwa od 7 do 20 h. Po porodzie, ruja może wystąpić już w ciągu 24-48 godzin, pod warunkiem dobrej kondycji samicy. Z kolei po odsadzeniu młodych, ruja występuje zwykle po około 24-36 godzin. Owulacja zwykle indukowana jest kryciem, chociaż może być również spontaniczna. Dojrzałość płciowa osiągana jest miedzy 6 a 8 tygodniem życia, średnio przyjmuje się, że jest to 49 dni życia. Dojrzałość hodowlana określana jest na 8-14 tydzień, a takim wyznacznikiem jest osiągnięcie 90 dni życia i odpowiedniej masy ciała samic (powyżej 200 g). Długość ciąży u szczura waha się w granicach 21-23 dni, a ilość młodych w miocie to 4-14. Młode rodzą się nagie oraz ślepe, a ich masa ciała to zaledwie 5-8 g. W warunkach chowu młode odłącza się od matki po osiągnięciu 21 dni życia (GOERICKE- PESCH, 2015; PIASECKI, 2015).

Szczury, jako gryzonie bardzo energiczne charakteryzują się szybkim metabolizmem, co przekłada się na podstawowe parametry fizjologiczne tych zwierząt. Serce osobników dorosłych o masie około 2-3 gramów bije z częstotliwością 250-500 uderzeń na minutę. Częstość oddechów waha się w granicach 70-110/ minutę, a temperatura wewnętrzna ciała to 37,5-39,0 °C (KRZYMOWSKI, 2005). Podstawowe parametry hematologiczne charakterystyczne dla szczurów zestawiono w tab. nr 1.

Parametr	Wartość
RBC [mln/mm³]	5,5-9,5
Hb [g/dl]	11,0-18,0
Ht [%]	36,6-50,7
WBC [tys./mm³]	6,0-17,0
Neutrofile [%]	3-8
Bazofile [%]	0-1
Eozynofile [%]	0-1
Monocyty [%]	0-1
Limfocyty[%]	75-91
Trombocyty [tys./mm³]	5,0-13,0

Tab. nr 1. Podstawowe parametry hematologiczne szczura (SZAREK I IN., 2013; ZIĘTEK I IN., 2010).

Podstawy dobrostanu, opieki i hodowli

W miarę rozwoju wiedzy na temat hodowli, opieki, żywienia i behawioru zwierząt zauważono, że oprócz warunków fizycznych, ważny jest również status psychiczny w prawidłowym rozwoju (SZAREK I IN., 2013). Mianem dobrostanu określa się szereg czynników fizycznych i psychicznych jakie muszą być zapewnione w celu prawidłowego wzrostu i rozwoju organizmu zwierzęcego, zapewniającego jego naturalne potrzeby biologiczne, umożliwiające ujawnienie się w pełni założeń genetycznych organizmu. Obecnie przyjęte jest stosowanie się do Dyrektywy Rady 98/58/WE z dnia 20 lipca 1998 r. dotycząca ochrony zwierząt hodowlanych, ustanawiające „5 wolności", w których zwierzęta powinny być:

1. wolne od głodu i pragnienia- oznacza to zapewnienie zwierzętom dostępu do świeżej wody i paszy pokrywającej zapotrzebowanie bytowe i produkcyjne jeśli zwierzęta są wykorzystywane w celach produkcyjnych;

2. wolne od dyskomfortu- co wiąże się z zapewnieniem odpowiedniej powierzchni bytowej, możliwości schronienia się przed niekorzystnymi warunkami środowiska;

3. wolne od bólu, cierpienia i chorób – czyli zapewnienie profilaktyki, szybkiej diagnostyki i zapewnienia leczenia;

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

4. wolne od strachu i stresu- związane z tym jest wyeliminowanie stresorów ze środowiska przebywania zwierząt;

5. wolne do wyrażania właściwego dla gatunku behawioru- oznacza to odpowiednią przestrzeń życiową, urozmaicenie środowiska i odpowiedni skład socjalny w stadzie.

Powyższe zasady wprowadzone zostały jako kompromis pomiędzy interesem człowieka a potrzebami zwierząt oraz możliwościami hodowców i opiekunów zwierząt. Również w odniesieniu do zwierząt doświadczalnych i laboratoryjnych w obecnie rozwijających się cywilizacjach i nauce, która domaga się zastępowania żywych zwierząt w wielu badaniach naukowych między innymi hodowlami komórkowymi, animacjami czy sztucznymi układami zbliżonymi do tych występujących w organizmie żywym. Niemniej jednak, w przypadku badań medycznych, farmaceutycznych czy biologicznych, nie zawsze istnieje badawcza metoda alternatywna zastępująca żywe zwierzęta. Dlatego też, jeśli istnieje konieczność użycia zwierząt w doświadczeniach, należy zapewnić im odpowiednie warunki do prawidłowego wzrostu, rozwoju i bytowania (KOŁACZ IBODAK, 1999; SZAREK I IN., 2013).

Regulacje prawne w zakresie ochrony zwierząt wpłynęły pozytywnie na wzrost zainteresowania tym problemem zarówno przez opiekunów, hodowców, lekarzy weterynarii, zootechników czy naukowców pracujących ze zwierzętami. Również ogólna świadomość społeczna wykazuje tendencję wzrostową. Kwestie dobrostanu, opieki, hodowli, wykorzystania zwierząt w celach naukowych i dydaktycznych regulują odpowiednie akty prawne, wśród których należy wymienić Ustawę z 21 sierpnia 1997 o ochronie zwierząt (Dz. U. 1997 nr 111 poz. 724), Ustawę z dnia 11 marca 2004 roku o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych (Dz. U. 2004 nr 69 poz. 625), Ustawę z 21 stycznia 2005 roku o doświadczeniach na zwierzętach (Dz. U. 2005 nr 33 poz. 289.) wraz z rozporządzeniami wykonawczymi. Według tej ostatniej, doświadczenia na zwierzętach są dozwolone tylko wówczas, gdy są konieczne między innymi do badań nad bezpieczeństwem, jakością, opracowaniem i wytwarzaniem produktów leczniczych, zapobiegania, zwalczania i leczenia chorób, ochrony zdrowia człowieka i zwierząt, ochrony środowiska, podstawowych badań naukowych czy dydaktyki w szkołach wyższych. W rzeczywistości, wykonywanie badań na zwierzętach w chwili obecnej obwarowane jest szeregiem restrykcji i zaostrzeń, które możliwe są jedynie za zgodą Lokalnej Komisji Etycznej ds. badań na zwierzętach, a ponadto wykonywane przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach, wiedzy i doświadczeniu w pracy ze zwierzętami (MALINOWSKA, 2015).

Chów amatorski lub hodowla laboratoryjna powinny wiązać się z odpowiednimi warunkami utrzymania zwierząt, które określa obecnie Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 10 marca 2006 (Dz.U.06.50.368.) w prawie szczegółowych warunków utrzymania zwierząt laboratoryjnych w jednostkach doświadczalnych, jednostkach hodowlanych i u dostawców. Co prawda przepisy nie precyzują szczegółowych warunków utrzymania dla hodowli amatorskich, jednak można sugerować się nimi w celu zapewnienia zwierzętom odpowiedniego środowiska bytowania. W warunkach domowych najczęściej utrzymywane są szczury wędrowne pochodzące z hodowli rejestrowanych na terenie Polski. Szczury utrzymywane przez człowieka preferują zakres temperatur od około 15 do 27 °C oraz wilgotność w zakresie 45-70%. Ważnym jest, aby zwierzęta te miały odpowiednią przestrzeń życiową, której minimalne

wymiaru powinny wynosić 45 x 30 x 25 cm (ZIĘTEK I IN., 2010). Szczury są zwierzętami stadnymi i dobrze czują się w grupach, jednak można utrzymywać je pojedynczo. Zapewnić im należy odpowiednio wzbogacone środowisko w domki, półki, drewniane klocki, a na ściółkę polecana jest słoma, siano, kawałki papieru lub trociny. Podstawą zapewnienia dobrostanu jest również odpowiednie żywienie, które powinno zapewniać zapotrzebowanie bytowe i zapewniające prawidłowy wzrost w wieku rozwojowym czy ciąży i podczas karmienia młodych. Pasza powinna dostarczać niezbędnej ilości aminokwasów, białek, witamin czy tłuszczy. Bardzo ważnym elementem żywienia, obok odpowiedniej karmy jest również dostęp do świeżej i czystej wody, której ilość nie powinna być limitowana. Dzienne zapotrzebowanie dorosłego szczura na karmę waha się w granicach od 20 do 35 g (BRYLIŃSKA, 1996; KATKIEWICZ, 1989).

Szczury jako zwierzę doświdczalne i laboratoryjne

Najnowszym aktem prawnym wprowadzającym obostrzenia w stosunku do badań na zwierzętach laboratoryjnych w tym na szczurach jest Ustawa z 15 stycznia 2015 roku (Dz. U. 2015 poz. 266.) o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych. Artykuł 1 Ustawy określa zasady i warunki ochrony zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych, w tym:

1) zasady:
a) wykonywania procedur i przeprowadzania doświadczeń;
b) prowadzenia działalności przez hodowców, dostawców i użytkowników;
c) przeprowadzania kontroli hodowców, dostawców i użytkowników;

2) warunki utrzymywania zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych oraz sposób postępowania z tymi zwierzętami;

3) zadania i kompetencje komisji etycznych do spraw doświadczeń na zwierzętach.

Ustawa ściśle określa wymogi jakie muszą być spełnione w celu zapewnienia optymalnych warunków dla zwierząt laboratoryjnych. Wymogi dotyczą wentylacji, oświetlenia, temperatury i wilgotności, poziomu hałasu, rodzaju ściółki, paszy i wody oraz czasu i warunków aklimatyzacji zwierząt oraz kwarantanny o wprowadzeniu nowych zwierząt. Odpowiednia wentylacja pozwala na dostarczenie do zwierzętarni świeżego powietrza i eliminację szkodliwych gazów, zapachów, wilgoci czy nadmiaru ciepła. Optymalna wymiana powietrza powinna odbywać się 12-20 razy w ciągu godziny. Zapobiega to nadmiernemu gromadzeniu się szkodliwych gazów jak na przykład dwutlenku węgla, siarkowodoru czy amoniaku mogących niekorzystnie wpływać na zdrowie zwierząt przy zbyt wysokim stężeniu. W pomieszczeniach wiwaryjnych zwierzęta laboratoryjne powinny być utrzymywane w cyklu 12 godzin światła i 12 godzin ciemności lub 14 godzin światła i 10 godzin ciemności. Możliwe jest również wydłużenie czasu dnia świetlnego w przypadku stymulacji funkcji rozrodczych samic i samców przeznaczonych do reprodukcji. Natężenie światła winno wynosić 60- 400 lx. Najlepsza wilgotność względna powietrza to 50-60 %, przy czym należy unikać zbyt długich okresów kiedy wilgotność jest niższa niż 40 % i wyższa niż 70 %. Poziom dopuszczalnego hałasu nie powinien przekraczać 60 db, a podczas wykonywania procedur na zwierzętach 35 db. Ściółkę może stanowić papier lub trociny, jednak te

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

ostatnie powinny być pozbawione pyłu i kurzu. Szczury w okresie wzrostu muszą mieć zapewnioną paszę o odpowiednim składzie. Zawartość białka w paszy dla zwierząt w okresie wzrostu to 20-24 %, tłuszczu 2-8 %, włókna 3-5 %, popiół 5-8 %, a dla osobników dorosłych odpowiednio: białko 7-12%, tłuszcz 2%, włókno 6-8 % i popiół surowy 5-8% . Okres kwarantanny i aklimatyzacji szczurów do warunków wiwarium waha się od 5 do 15 dni. Nie bez znaczenia jest również wielkość klatek w warunkach laboratoryjnych. Minimalna powierzchnia dla szczura dorosłego to 800 cm^2 przy minimalnej wysokości klatki 18 cm. Zagęszczenie jest zależne od masy ciała szczurów i tak dla szczurów o masie ciała do 200 g można utrzymywać maksymalnie 4 sztuki w klatce, 200-300 g odpowiednio sztuki, 300-400 g – 2 sztuki, 400-600 g - sztuka. W przypadku, gdy masa ciała osobnika dorosłego przekracza 600 g, a zwierzęta utrzymywane są grupowo, minimalna powierzchnia klatki dla 3 sztuk powinna wynosić 1500 cm^2 (KRYSIAK, 2014; SZAREK I IN., 2013).

Od lat szczury wykorzystywane są w celach badawczych i edukacyjnych, przyczyniając się do rozwoju stanu wiedzy. Świadome działania hodowlane doprowadziły do uzyskania odpowiednich linii genetycznych tych zwierząt przeznaczonych do różnego rodzaju modeli badawczych (PIOTROWSKA I IN., 2014). Wyróżnia się dwa główne rodzaje hodowli: hodowla wsobna (inbred) i hodowla niekrewniacza (outbred). Hodowla wsobna to uzyskiwanie grupy zwierząt jednego gatunku charakteryzującą się jednorodnością genetyczną i homozygotycznością. Uzyskać można taką grupę zwierząt krzyżując osobniki w bliskim pokrewieństwie przez minimum 20 pokoleń. Z jednej strony otrzymywane są osobniki o niemal identycznym składzie genów, co można wykorzystać w badaniach naukowych, gdzie potrzebna jest jednorodna od względem genetycznym grupa zwierząt, z drugiej strony zaś, dochodzi do tak zwanej depresji inbredowej, która doprowadza do osłabienia odporności i obniżenia zdolności reprodukcyjnych zwierząt. Szczepy wsobne utrzymywane są w hodowli bankowej w celu kontynuacji hodowli danego szczepu. Szczepy niekrewniacze hodowane są z przeznaczeniem do badań, gdzie jednorodność genetyczna nie jest wymagana (KRYSIAK, 2014; SIMMONS, 2008). Do najważniejszych szczepów wsobnych mających duże znaczenie badawcze należą:

Wistar – szczury o umaszczeniu białym przeznaczone do badań farmakologicznych, toksykologicznych, żywieniowych i behawioralnych (fot. nr 3) (SZAREK I IN., 2013).

Fot. nr 3. Szczep Wistar Fot. Dariusz Wolski (zmodyfikowano).

Szczury SHR – wyselekcjonowane ze szczepu Wistar w kierunku badań nad ciśnieniem tętniczym krwi. Posiadają one wysokie ciśnienie skurczowe: samce 200 mmHg, samice 160-180 mmHg (SIMONS, 2008).

Szczury WKY- szczepy wyselekcjonowane ze szczepu SHR w kierunku badań nad niskim ciśnieniem tętniczym krwi (SZAREK I IN., 2013).

Szczep Sprague-Downey - szczury o białym umaszczeniu i wysokiej masie ciała, używane w badaniach żywieniowych i farmakologicznych (SZAREK I IN., 2013).

Szczep August - szczury białe z brązową łatą na głowie i grzbiecie, przydatne szczególnie do badań nad nowotworami (fot. nr 4) (PIOTROWSKA I IN., 2014; SZAREK I IN., 2013).

Fot. nr 4. Szczep August
Fot. Dariusz Wolski (zmodyfikowano).

Szczep Marschall 520 - szczury o białym umaszczeniu wyselekcjonowane do badań niedoborów żywieniowych i nad powstawaniem nowotworów (KRYSIAK, 2014; PIOTROWSKA I IN., 2014; SZAREK I IN., 2013).

W celu zapewnienia wysokiego poziomu bytowania zwierząt używanych w doświadczeniach stosuję się ogólnie przyjętą zasadę „3R" (Replacement, Reduction, Refinement). Zasada ta polega na wprowadzeniu w procedury dotyczące badań na zwierzętach odpowiednich punktów. Pierwszym z nich jest humanitarne podejście do zwierząt, zapewniające eliminację cierpienia. Eksperymenty powinny być przeprowadzane tak, aby ograniczyć stres, ból i cierpienie do minimum, bądź jeśli nie można tego uniknąć, a założenia doświadczenia pozwalają na użycie analgetyków to należy je zastosować. Druga zasada mówi o zmniejszeniu do minimum liczby zwierząt potrzebnych w doświadczeniu tak, aby uzyskane wyniki były wiarygodne i potwierdzone znanymi metodami statystycznymi. W celu takiego zabiegu stosuje się m.in. zwierzęta o jak największym podobieństwie genetycznym czy szczepy zwierząt pozbawione konkretnych patogenów tzw. zwierzęta SPF. Trzecia zasada polega na ewentualnym zastępowaniu używanych w doświadczeniach zwierzętach metodami alternatywnymi, jak na przykład: badania na hodowlach komórkowych *in vitro*, symulacje komputerowe czy badania na ludziach dobrowolnie poddającym się eksperymentom badawczym. Niekiedy stosowanie metod alternatywnych jest niemożliwe, ze względu na charakter badań i założenia eksperymentu (MALINOWSKA, 2015; SZAREK I IN., 2013).

Dzięki zastosowaniu odpowiedniego szczepu w badaniach naukowych istnieje wiele zależności pomiędzy mechanizmami rozwoju chorób, badaniami nad skutecznością leczenia czy zahamowania procesów rozwoju poszczególnych jednostek chorobowych prowadzonych na szczurach w odniesieniu do człowieka. Pozytywne efekty badań prowadzone na szczurach mogą przyczynić się do rozwoju wiedzy nad wieloma patomechanizmami powstawania chorób, jak również nad efektywnością ich leczenia. Wiele badań klinicznych na zwierzętach pozwala na wdrożenie metod leczenia po wcześniejszych badaniach klinicznych wykonywanych u ludzi (SIMMONS, 2008).

Podsumowanie

Szczury od wieków towarzyszą człowiekowi, początkowo jako zwierzęta synantropijne, których w zależności od kultury traktowano jako szkodniki lub zwierzęta pożyteczne. Obecnie szczury wpisują się z powodzeniem jako zwierzęta towarzyszące, laboratoryjne i doświadczalne. Dlatego też świadomość o warunkach ich utrzymania,

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.pl

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

świadomość o warunkach ich utrzymania, żywienia, dobrostanu i użytkowania stale rośnie, a przed naukowcami i hodowcami stawiane są coraz większe wymagania z nimi związane. Niewątpliwie dla miłośników tych zwierząt kontrowersyjnym jest wykorzystywanie zwierząt do celów naukowych i dydaktycznych, jednak nie należy zapominać, iż badania z ich udziałem są niezbędne w wielu dziedzinach życia ludzi oraz zwierząt, a także przyczyniają się do rozwoju cywilizacyjnego.

Literatura

BRYLIŃSKA J., KWIATKOWSKA J., 1996. Zwierzęta laboratoryjne. Metody hodowli i doświadczeń. Kraków. 11-46.

BRYLIŃSKA J., 1996. Zwierzęta laboratoryjne. Podstawy hodowli. Kraków. 9-28.

BURT J., 2006. Szczur. Universitas. Kraków. 6-33.

GABRISCH K., ZWART P., 2009. Praktyka kliniczna: zwierzęta egzotyczne. Galaktyka. Łódź. 223-239.

GOERICKE- PESCH S., 2015. Kastracja farmakologiczna u królików, fretek i innych małych ssaków- własne praktyczne doświadczenia i metody postępowania. Odstawowe dane dotyczące rozrodu małych zwierząt. XI kongres problemy w rozrodzie małych zwierząt. Płodność, ciąża, noworodek. Wrocław. 107-109.

HEMPEL- ZAWISTOWSKA J., GAŁKA B., KALIŃSKA B., KAMIONEK M., KOMOŚIŃSKA H., PEZOWICZ E., PODSIADŁO E., SULGOSTOWSKA T., 2016. Zoologia dla uczelnie rolniczych. 96-112.

KATKIEWICZ M., 1989. Zwierzęta laboratoryjne – choroby i użytkowanie. SGGW. Warszawa. 23-51.

KOŁACZ R., BODAK E., 1999. Dobrostan zwierząt i kryteria jego oceny. Medycyna Weterynaryjna. 55 (3), 145-212.

KOWALSKI K., RUPRECHT A.L., 1984. Myszowate- Muridae. Klucz do oznaczania ssaków Polski. PWN. Warszawa. 194-220.

KRYSIAK E., 2014. Zwierzęta laboratoryjne w ośrodkach naukowych w Polsce. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego Wrocław. 12-23.

KRZYMOWSKI T., 2005. Fizjologia zwierząt. PWRiL. Warszawa. 520-524.

MALINOWSKA T., 2015. Doświadczenia i procedury z wykorzystaniem zwierząt w nowych regulacjach prawnych. Życie Weterynaryjne. 90 (6), 358-360.

PIASECKI T., 2015. Zaburzenia ciąży i porodu u wybranych gatunków małych ssaków. XI kongres problemy w rozrodzie małych zwierząt. Płodność, ciąża, noworodek. Wrocław. 105-106.

PIOTROWSKA I., ZGÓDKA P., MILEWSKA M., BŁASZCZYK M., GRZELKOWSKA-KOWALCZYK K., 2014. Programowanie rozwojowe chorób metabolicznych- przegląd wyników badań na zwierzęcych modelach doświadczalnych. Postępy Higieny Medycyny Doświadczalnej. 68, 899-911.

SERAFIŃSKI S., 1995. Ssaki Polski. Atlas. WSIP. Warszawa. 21-36.

SZAREK J., SZWEDA M., STRZYŻEWSKA E., 2013. Zwierzęta laboratoryjne. Patologia i użytkowanie. 182-192.

SIMMONS D., 2008. The use of animal models in studying disease. Transgenesis and induced mutation. Nature education. 1(1).70.

ZIĘTEK J., ADASZEK Ł., WINIARCZYK S., 2010. Choroby zakaźne myszy i szczurów z elementami zoonoz, wybranymi zagadnieniami z hodowli, anatomii i fizjologii. Katowice. 15-30; 33-36.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Ewelina Zielińska
Katedra Biochemii i Chemii Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Skromna 8
20-704 Lublin
e-mial: ewelina.ziel@o2.pl

Perspektywy spożycia owadów przez Europejczyków

The perspective of insectsconsumption by Europeans

Streszczenie

Kurczące się zasoby białka oraz ograniczone możliwości jego produkcji stanowią jeden z najpoważniejszych ekonomicznych problemów świata. Brak białka, jak wielu z nas mogłoby się wydawać, nie dotyczy tylko państw zagrożonych klęską głodu czy niedostatkiem żywności, ale całego świata. Najważniejsze zadanie, jakie obecnie stawia się technologom żywności to znalezienie sposobu na racjonalne gospodarowanie istniejącymi rezerwami białka oraz poszukiwanie alternatywnych źródeł tego cennego składnika. Niezwykle obiecującym, lecz niekonwencjonalnym dla Europejczyków źródłem białka są owady jadalne. Są one szeroko spożywane na całym świecie, a liczne zalety ich konsumpcji przemawiają tylko za niezwłocznym włączeniem ich do naszej diety. Na korzyść entomofagi przemawia wysoka wartość odżywcza owadów, a ze względu na przyjazność dla środowiska nazywane są one ekologicznym białkiem. Zalegalizowanie owadzich produktów wymaga jednak dokładnej analizy regulacji prawnych i spełnienia stawianych wymogów bezpieczeństwa. Rosnąca popularność owadów jadalnych zmusza do uważnego przyjrzenia się temu zagadnieniu i zachęca naukowców do pogłębiania badań w tym zakresie. Przyczynią się one do rozwiania wszelkich wątpliwości oraz wyjaśnienia niezbędnych kwestii dotyczących ich spożycia i wpływu na zdrowie człowieka.

Słowa kluczowe: entomofagia, owady jadalne, wartość odżywcza

Summary

Decreasing of protein resources and its limited production is one of the most serious economic problems of the world. Lack of protein affects not only the countries threatened by famine or food shortages, but it concerns the whole world. The most important task for food technologists is finding a way for the rational management of existing reserves of protein and the search for alternative sources of this valuable nutrients. A very promising but unconventional for Europeans source of protein are edible insects. They are widely consumed around the world, and there are many benefits of their consumption. Theadvantage of entomophagy is the high nutritional value of insects. Insects are called ecoprotein because of their environmental friendliness. However, legalizing insect products, requires a detailed analysis of legal regulations and meet the safety requirements. The growing popularity of edible insects encourages scientists to deepen research in this area. This research will help to dispel any doubts and clarification of the issue.

Keywords: entomophagy, edible insects, nutritional value

Wstęp

Termin entomofagia (z *grec. éntomon* – owad i *phageín* – jeść) staje się w Europie coraz bardziej popularny, jednak jeszcze nie dla wszystkich jest znany, a oznacza spożywanie przez ludzi owadów, zarówno pod postacią jaj, larw, poczwarek, jak i dorosłych osobników (RAMOS-ELORDUY I IN., 1997; VAN HUIS I IN., 2013).Obecnie w całej Europie oraz w Stanach Zjednoczonych trwa debata na temat wykorzystania owadów w naszej diecie, do której włączają się zarówno poszczególne państwa jak i organizacje międzynarodowe, takie jak Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) (VAN HUIS I IN., 2013). Już kilka lat temu Komisja Europejska zaczęła zachęcać do spożywania insektów, ponadto finansowane są kolejne projekty badawcze dotyczące ich konsumpcji (RESEARCH AND INNOVATION PROGRAMME FP7), a niektóre państwa wprowadzają własne regulacje prawne, w celu ułatwienia dopuszczenia owadów do spożycia przez ludzi. Przykładem jest Belgijska Agencja ds. Bezpieczeństwa żywności, która wydała oficjalną zgodę na spożycie owadów. Lista obejmuje między innymi amerykańską szarańczę pustynną, larwy mącznika młynarka czy świerszcze (FASFC, 2011).

Wymienia się wiele zalet spożywania owadów skupionych zarówno na aspektach żywieniowych, ale i związanych z ekologią ich produkcji. Wiele gatunków owadów cechuje wysoka zawartość białka, witamin, składników mineralnych (RAMOS-ELORDUY I IN., 2012; RUMPOLD I SCHLÜTER, 2013; ZIELIŃSKA I IN., 2015). Ich hodowla przyjazna jest dla środowiska ze względu na niską emisję gazów cieplarnianych i nie wymaga tak dużej przestrzeni bytowej jak bydło czy trzoda chlewna (OONINCX I DE BOER, 2012). Mimo tych wszystkich zalet, największą przeszkodą w spożyciu insektów przez Europejczyków zdają się być przepisy prawne, jednak Komisja Europejska rozpoczęła prace idące w kierunku zmian w tym aspekcie (ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2015/2283).

Celem niniejszej pracy jest analiza wartości odżywczej owadów jadalnych oraz omówienie zalet ich spożycia na podstawie przeglądu dostępnej literatury poświęconej tej tematyce, a także wskazanie możliwości spożycia owadów przez Europejczyków z uwzględnieniem obowiązującego prawa Unii Europejskiej.

Wartość odżywcza owadów

Spośród milionów gatunków owadów żyjących na ziemi, ok. 2000 jest spożywane przez ludzi (JONGEMA, 2012). Wartość odżywcza konsumowanych przez człowieka owadów jest szeroko zróżnicowana, nie tylko ze względu na mnogość gatunków, ale też w zależności od stadium ich rozwoju, siedliska czy diety. Jak dowodzą badania, stosując odpowiednią dietę, w łatwy sposób możemy zmieniać chociażby skład kwasów tłuszczowych zawartych w ciele owadów (RUMPOLD I SCHLÜTER, 2013). Owady są źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych m.in. kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 (ZIELIŃSKA I IN., 2015), w które nasza dieta jest często uboga lub ich stosunek w diecie jest niewłaściwy (SIMOPOULOS, 2008). Zmiana składu kwasów tłuszczowych mogłaby więc posłużyć do optymalizacji stosunku kwasów omega-3 i omega-6 zawartych w owadach.Wartość energetyczna owadów jest bardzo zróżnicowana i średnio wynosi 410–510 kcal/100g suchej masy. Najwyższe wartości sięgają 800 kcal/100g

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

suchej masy, a najniższe 200 kcal/100g suchej masy (RAMOS-ELORDUY, 2008).

Największą uwagę badaczy w owadach skupia białko, które jest pełnowartościowe, a ponadto charakteryzuje się wysoką strawnością (ok. 77-98%).W zależności od gatunku i stadium rozwoju zawartość białka waha się od 15 do 81% suchej masy (RAMOS-ELORDUY I IN., 1997). Do obniżenia jego strawności przyczynia się zapewne obecność chityny – polisacharydu budującego szkielet zewnętrzny owadów, którego zawartość szacuje się na 1,16 – 13,72 mg/100g suchej masy (FINKE, 2007).Jej obecność budzi również często nieprzyjemne wyobrażenia na temat twardości pancerza owadów i z tego względu zniechęca do ich spożycia. Należy jednak z uwagą przeanalizować dostępną literaturę, a pozwoli to zauważyć jej zalety. Przede wszystkim chityna pełni rolę błonnika pokarmowego, w który nasza dieta bywa często uboga. Ponadto badania potwierdziły, że działa ona jako środek hemostatyczny do naprawy tkanek, poprawiając gojenie się ran, ma istotny wpływ na zmniejszenie stężenia cholesterolu w surowicy krwi, działa jako antykoagulant, posiada właściwości przeciwpasożytnicze oraz łagodzi niektóre stany alergiczne (MUZZARELLI, 2010; XIA I IN., 2013). Stwierdzono, że chityna i chitozan (produkowany poprzez deacetylację chityny) posiadają właściwości, które mogą poprawić odpowiedź immunologiczną specyficznych grup ludzi. Analiza reakcji immunologicznej na chitynę i jej roli w indukowaniu alergii wykazała zależność odpowiedzi organizmu od wielkości cząsteczki chityny - małe cząstki zmniejszają reakcję alergiczną (BRINCHMANN I IN., 2011).

Zawartość tłuszczu w jadalnych owadach wynosi 10–50% i zależy od gatunku, stadium rozwoju, siedliska, płci i zastosowanej karmy. Co ważne, owady bogate są w nienasycone kwasy tłuszczowe, a niektóre gatunki są doskonałym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3 (TZOMPA-SOSA I IN., 2014; YANG I IN., 2006). Olej owadzi uzyskuje się m.in. podczas odtłuszczania mąki, która jest obecnie głównym półproduktem otrzymywanym z owadów, a może on mieć szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym m.in. do smażenia lub jako dodatek do sałatek (TZOMPA-SOSA I IN., 2014; VAN HUIS I IN., 2013)

Nie bez znaczenia jest również wysoka zawartość witamin i minerałów. Doskonałym źródłem witaminy B_{12}, która jest dostarczana do naszej diety głównie wraz z pożywieniem pochodzenia zwierzęcego, są świerszcze domowe (*Achetadomesticus*). Inne witaminy obecne w owadach to witamina B_1, B_2, A czy D (FINKE, 2007). Ważną rolę w diecie odgrywają również minerały, a ich wysoka zawartość w owadach często zadziwia. Przykładem może być kilkukrotnie wyższa zawartość żelaza w niektórych gatunkach owadów w porównaniu z jego zawartością w wołowinie (RUMPOLD I SCHLÜTER, 2013). Owady są także bogatym źródłem cynku, wapnia, miedzi, potasu i magnezu (RAMOS-ELORDUY I IN., 2012).

Aspekt ekologiczny hodowli owadów

Przyrost liczby ludności na świecie sprawia, że rośnie popyt na białko zwierzęce jako składnik pożywienia dla ludzi i dla zwierząt. Eksperci FAO tacy jak: Van Huis,Van Itterbeeck, Klunder, Mertens., Halloran, Muir, Vantomme (VAN HUIS I IN., 2013) oceniają, że do 2050 roku może być większy nawet o 80% gdyż według raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) liczba ludności na świecie osiągnie 9,1 mld, czyli około 30% więcej niż obecnie (FAO, 2009). Konieczne są więc innowacyjne rozwiązania, które pozwolą efektywnie wykorzystać istniejące zasoby białka przy jednoczesnym poszukiwaniu jegoalternatywnych źródeł.

Z uwagi na fakt, iż na hodowlę zwierząt gospodarskich poświęca się obecnie 70% ziemi uprawnej oraz 9% słodkiej wody ich produkcja nie wzrośnie już znacząco, a wręcz przeciwnie – postuluje się obecnie o zmniejszenie hodowli ze względu na jej wpływ na środowisko. Zwierzęta gospodarskie takie jak bydło, trzoda chlewna czy drób odpowiedzialne są za ok. 20% światowej emisji gazów cieplarnianych. Dla porównania hodowla owadów emituje 10 razy mniej metanu, niż w przypadku zwierząt rzeźnych, ok. 300 razy mniej tlenku azotu i znacznie mniej amoniaku, niż trzoda chlewna oraz drób, zatem są bardziej przyjazne środowisku. Warto podkreślić, że hodowla insektów wymaga znacznie mniejszego zużycia wody pitnej i paszy. Aby wyprodukować 100 kg drobiu, należy wykorzystać ok. 320 kg paszy, 100 kg wieprzowiny – ok. 520 kg, a do produkcji 100 kg wołowiny aż 900 kg paszy. Natomiast do wyprodukowania takiej samej ilości owadów zużyjemy jedynie ok. 125 kg paszy (KRZYWIŃSKI I TOKARCZYK, 2011). Ponadto składową paszy dla owadów mogą stać się produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego np. wytłoki, które zazwyczaj trafiają do utylizacji, co z kolei stanowi rozwiązanie kolejnego problemu – zagospodarowania odpadami (OONINCX I IN., 2015). Zdaje się więc zasadnym stwierdzenie, że hodowla owadów jest w pełni ekologiczna. Na uzupełnienie tej tezy warto dodać, iż owadzie odchody również mają swoje zastosowanie – jako naturalny nawóz (FAO, 2009).

Przytoczone przykłady potwierdzają, że hodowla owadów jest niezwykle przyjazna dla środowiska, ale przekłada się to również na aspekt ekonomiczny. Mniejsza ilość zużytej paszy i wody pitnej to niższe koszty produkcji. Dodatkowo wciąż rozwijające się technologie masowej produkcji pozwalają na coraz większe uzyski owadów z jednostki powierzchni hodowlanej przy minimalizacji wkładu pracy (VAN HUIS I IN., 2013).

Owady jako pasza dla zwierząt

Oprócz spożycia przez ludzi, owady mogą być wykorzystywane jako pasza dla drobiu czy trzody chlewnej. W całej Afryce Zachodniej zbierane są odłamki kopców termitów i podawane zwłaszcza pisklętom (KENIS I HEIN, 2014). W tradycyjnych gospodarstwach w Ghanie każdy rolnik posiada kilka termitariów będących źródłem białka dla drobiu. Termity podaje się jako pierwszy posiłek dla ptaków zanim zaczną się pożywiać samodzielnie, a następnie kilkukrotnie w ciągu dnia w miarę dostępności owadów. Taka praktyka nie tylko zapewnia tanie i dobre pożywienie dla drobiu, ale również pomaga rolnikom utrzymywać go w ryzach. Ptaki te bowiem przyzwyczajone są, że w ciągu dnia otrzymują w gospodarstwie wartościową paszę w postaci termitów, przez co nie oddalają się znacznie od niego i same wracają na kolejny posiłek (ANANKWARE I IN., 2015). Na całym świecie kilka gatunków owadów jest hodowanych jako pasza dla zwierząt. Należą do nich m.in. *Hermetiailluscens*, mucha domowa (*Muscadomestica*). W Holandii larwy mącznika młynarka (*Tenebriomolitor*), pleśniakowca lśniącego (*Alphitobiusdiaperinus*) i drewnojada (*Zophobas morio*) hodowane są jako pasza dla ryb, drobiu i zwierząt domowych (ANANKWARE I IN., 2015).

Sposoby na wykorzystanie owadów w przemyśle spożywczym

Wprowadzenie owadów do diety Europejczyków nie musi być jednoznaczne z koniecznością spożywania ich w całości.

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Najprostszym sposobem na przetworzenie owadów do innej postaci jest ich zmielenie i w konsekwencji otrzymanie swego rodzaju mąki. Ta z kolei może być dodawana do różnych produktów spożywczych, takich jak pieczywo czy makarony. Naukowcy jednak wciąż pracują nad innymi możliwościami przetworzenia owadów – izolowanie czystego białka, ekstrahowanie tłuszczu czy chityny (VAN HUIS I IN., 2013). Sproszkowane owady oraz izolaty ich białka poddaje się wciąż szczegółowym badaniom mającym na celu ocenę ich właściwości funkcjonalnych, co pozwoli sprecyzować konkretne zastosowanie zgodne z wykazywanymi przez nie właściwościami, np. wysoka zdolność do absorpcji wody pozwoli stosować je w produktach piekarniczych, a stabilność tworzonych przez nie emulsji sprawia, że są dobrym środkiem teksturującym w produktach spożywczych (OMOTOSO, 2006).

Aspekty prawne

Z uwagi na wartościowy skład odżywczy owadów oraz korzyści jakie ich spożycie ze sobą niesie wydawałoby się, że oczywistym stanie się wkomponowanie ich do diety Europejczyków zwłaszcza, że Komisja Europejska zachęca do konsumpcji owadów oraz wspiera projekty i badania skoncentrowane na uzupełnieniu wiedzy na temat spożycia insektów. Przykładem jest projekt o wartości 3 mln euro „Owady jako nowe źródło białka" w ramach programu FP7 (RESEARCH AND INNOVATION PROGRAMME FP7). Największą przeszkodą do wprowadzenia owadów do masowej produkcji w przemyśle spożywczym jest jednak brak właściwych regulacji prawnych (VAN HUIS I IN., 2013). Obecnie procedura rejestracji nowej żywności jest skomplikowana i długotrwała, co znacznie utrudnia jej wprowadzenie na rynek.

Stosując termin „nowa żywność" należy wyjaśnić, że jest to żywność, której nie stosowano w znacznym stopniu w Unii do spożycia przez ludzi przed dniem 15 maja 1997 r., niezależnie od dat przystąpienia państw członkowskich do Unii, i która zalicza się do co najmniej jednej z kategorii wymienionych w rozporządzeniu. Obecnie obowiązujące rozporządzenie to Rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 1997 r. dotyczące nowej żywności i nowych składników żywności (Dz.U. L 43, 14.2.1997, s. 1–6). Obowiązuje ono od niemal 20 lat co pozwala wątpić o jego aktualności i możliwości zastosowania w nawiązaniu do najnowszych trendów. Jest jednak dobra wiadomość dla producentów chcących wprowadzić innowacyjne rozwiązania i dla konsumentów oczekujących na nowe innowacyjne produkty. Najnowsze Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001 (OJ L 327, 11.12.2015, s. 1–22) swoje zastosowanie będzie miało od dnia 1 stycznia 2018 roku. Ma ono na celu zharmonizowanie przepisów dotyczących zezwoleń na wprowadzanie nowej żywności i nowych składników żywności na szczeblu UE oraz na usprawnienie procedury rejestracji nowych produktów spożywczych zawierających owady.

Niektóre państwa europejskie nie czekając na wejście w życie nowego rozporządzenia, wprowadziły własne regulacje prawne zezwalające na sprzedaż owadów jako żywność. Belgijska Agencja ds. Bezpieczeństwa Żywności, jako pierwsza w Europie dopuściła do konsumpcji m.in. szarańczę pustynną, larwy mącznika, chrząszcze i świerszcze (FASFC, 2011).

W belgijskich sklepach można kupić potrawy przygotowane na bazie owadów np. burgery oraz kotlety. Na rynku działa również wiele sklepów internetowych oferujących produkty na bazie owadów np. batony, muesli, słodycze, makarony lub po prostu mąkę, którą możemy sami użyć do przygotowania domowych posiłków.

Podsumowanie

Entomofagia niewątpliwie posiada wiele zalet. Przede wszystkim owady stanowią źródło pełnowartościowego białka o wysokiej strawności, wielu składników mineralnych i witamin oraz nienasyconych kwasów tłuszczowych (RAMOS-ELORDUY I IN., 2012; RUMPOLD I SCHLÜTER, 2013; TZOMPA-SOSA I IN., 2014; ZIELIŃSKA I IN., 2015). Jednak poza wartością odżywczą, warty podkreślenia jest także aspekt ekologiczny ich hodowli. Poprzez niską emisję gazów cieplarnianych oraz małe zużycie wody pitnej i paszy w stosunku do zwierząt gospodarskich, hodowla owadów nosi miano przyjaznej dla środowiska (KRZYWIŃSKI I TOKARCZYK, 2011; OONINCX I IN., 2015).

Mimo różnych postaw Europejczyków, często nieprzychylnych entomofagii, liczne raporty ekspertów m.in. Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO, 2009; VAN HUIS I IN., 2013) łączą przyszłość przemysłu spożywczego z wykorzystaniem owadów jadalnych. Zmieniające się prawo obowiązujące w Unii Europejskiej pozwoli natomiast by prognozy te mogły stać się realne.

Entomofagianie musi być jednoznaczna ze spożywaniem owadów w całości, a dodatek insektów do tradycyjnie spożywanych produktów nie idzie w parze ze zmianą ich smaku i zapachu na obcy czy nietypowy. Metod przetwarzania i wykorzystania owadów jest wiele, a naukowcy wciąż pracują nad nowymi rozwiązaniami (VAN HUIS I IN., 2013). Innowacyjne technologie produkcji białka oraz wzbogacania żywności pozwolą na poprawę jego jakości przy zachowaniu cech organoleptycznych pożądanych przez konsumentów. Poprzez przełamywanie stereotypów, przekazywanie rzetelnych informacji oraz uświadamianie konsumentów o konieczności wprowadzenia zmian w ich przyzwyczajeniach żywieniowych możliwe będzie właściwe zareagowanie i rozwiązanie problemu braku białka na świecie.

Literatura

ANANKWARE, P. J., FENING, K. O., OSEKRE, E., & OBENG-OFORI, D. 2015. Insects as food and feed: a review. International Journal of Agricultural Research. 3(1), 143-151.

BRINCHMANN B. C., BAYAT M., BRØGGER T., MUTTUVELU D. V., TJØNNELAND A., SIGSGAARD T. 2011. A possible role of chitin in the pathogenesis of asthma and allergy. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 18, 7–12.

FAO, 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, How to feed the World in 2050, http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf

FASFC Rozporządzenie „Placing on the market of insects and insect-based foods intended for human consumption". 2011. http://www.favv-afsca.be/foodstuffs/insects/(dostęp: czerwiec 2016).

FINKE M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. Zoo Biology. 26, 105–115.

JONGEMA, Y. 2012. List of edible insects

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

of the world.Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, http://www.wageningenur.nl (dostęp: czerwiec 2016).

KENIS M., HIEN K. 2014. Prospects and constraints for the use of insects as human food and animal feed in West Africa. Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed The World. The Netherlands. 14-17 May 2014.

KRZYWIŃSKI T., TOKARCZYK G. 2011. Owady - źródło ekologicznego białka. Przemysł Spożywczy. 65, 34-38.

MUZZARELLI R. A. A. 2010. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. Marine Drugs. 8(2), 292–312.

OMOTOSO O. T. 2006. Nutritional quality, functional properties and anti-nutrient compositions of the larva of Cirinaforda (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae). Journal of Zhejiang University Science B. 7(1), 51-55.

OONINCX D. G., DE BOERI. J. 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans–a life cycle assessment. PloS one. 7(12), e51145.

OONINCX D. G., VAN BROEKHOVEN S., VAN HUIS A., VAN LOON J. J. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PloS one. 10(12), e0144601.

RAMOS-ELORDUY J., MORENO J. M. P., PRADO E. E., PEREZ M. A., OTERO J. L., DE GUEVARA O. L. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. Journal of Food Composition and Analysis. 10(2), 142-157.

RAMOS-ELORDUY J. 2008. Energy supby edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. Ecology of Food and Nutrition. 47, 280–297.

RAMOS-ELORDUY J., MORENO J. M. P., CAMACHO V. H. M. 2012. Could grasshoppers be a nutritive meal. Food and Nutrition Sciences. 3, 164–175.

RESEARCH AND INNOWATION PROGRAMME FP7 https://ec.europa.eu/research/fp7/ (dostęp: czerwiec 2016).

ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001.

RUMPOLD B. A., SCHLÜTER O. K. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 17, 1-11.

SIMOPOULOS A. P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental Biology and Medicine. 233(6), 674–688.

TZOMPA-SOSA D. A., YI L., VAN VALENBERG H. J., VAN BOEKEL M. A., LAKEMOND, C. M. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. Food Research International. 62, 1087-1094.

VAN HUIS A., VAN ITTERBEECK J., KLUNDER H., MERTENS E., HALLORAN A., MUIR G., & VANTOMME P. 2013.

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper. Rome.

XIA Z., CHEN J., WU S. 2013. Hypolipidemic activity of the chitooligosaccharides from Clanisbilineata (Lepidoptera), an edible insect. International Journal of Biological Macromolecules. 59, 96-98.

YANG L. F., SIRIAMORNPUN S., LI D. 2006. Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. Journal of Food Lipids. 13(3), 277-285.

ZIELIŃSKA E., BARANIAK B., KARAŚ M., RYBCZYŃSKA K., JAKUBCZYK A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Research International. 77, 460-466.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Aleksandra Gogół
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: aleksandra.gogol@up.lublin.pl

Przegląd i krótka charakterystyka gatunków z rodzaju *Triticum*

Review and short description of *triticum* species

Streszczenie

Pszenica jest trzecim pod względem uprawy zbożem. Wśród 19 gatunków pszenicy największe znaczenie gospodarcze mają pszenica zwyczajna oraz pszenica twarda. W ostatnim czasie znaczenia nabiera uprawa gatunków pszenicy tak zwanych. „starożytnych". Zaliczamy do nich pszenicę orkisz, pszenicę samopszą pszenicę płaskurkę oraz pszenicę Khorsan. Zainteresowanie tego typu zbożami wzrasta ze względu na zmieniającą się świadomość oraz gusta konsumentów, którzy szukają produktów o wysokiej jakości oraz posiadających wyróżniające się cechy takie jak: smak, zapach czy zawartość składników prozdrowotnych. Ponadto gatunki te odgrywają dużą rolę w utrzymywaniu bioróżnorodności, jak również są cennym źródłem cech w programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej i pszenicy twardej (NAWRACAŁA, 2004).

Słowa kluczowe: pszenica orkisz, pszenica płaskurka, pszenica samopsza, pszenica twarda, pszenica zwyczajna

Abstract

Wheat is third of the most commonly cropped cereal all around the world. Among 19 of wheat species the highest economic importance have common wheat and durum wheat. Additionally, the importance of cultivation of "ancient wheat" has recently been increasing These kind of species consist of spelt wheat, einkorn, emmer and Khorsan wheat, that cultivation has marginal significance. The increase of interest in ancient crops is caused by changing consumers' awareness and liking flavor, who are looking for products of high quality and possessing outstanding traits such as: taste, smell or nutrients content. Moreover, not only are these species important in maintaining biodiversity but also they appear to be a significant source of traits in breeding of common and durum wheat.

Key words: spelt wheat, emmer, einkorn, durum wheat, common wheat

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Wstęp

Pszenica jest, zaraz po kukurydzy i ryżu, trzecim, pod względem wielkości zasiewów zbożem na świecie (ponad 221 mln ha) (FAO, 2015). Stanowi ważne źródło białka w żywieniu ludzi i zwierząt. Pszenica charakteryzuje się większą zawartością białka w porównaniu do kukurydzy i ryżu. Wysoka wartość odżywcza oraz korzystne cechy produktów uzyskiwanych z przerobu ziarna sprawiają, że jest uznawana za gatunek o znaczeniu strategicznym. Obecnie na świecie gatunkami pszenicy o największym znaczeniu gospodarczym są: pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum ssp. aestivum* L.) i pszenica twarda (*Triticum durum* Desf.). W mniejszym stopniu uprawiane są gatunki już prawie zapomniane, które w przeszłości miały duże znaczenie gospodarcze, takie jak: orkisz, pszenica samopsza, pszenica płaskurka, pszenica Khorsan, pszenica polska, czy pszenica angielska, a także te o znaczeniu lokalnym: pszenica perska oraz pszenica Georgian (CYRKLER-DEGULIS I BULIŃSKA-RADOMSKA, 2007; CICCORRITI I IN., 2013). Według FAOSTAT, produkcja pszenicy z roku na rok wzrasta. W roku 2013 wyniosła około 711 mln ton, zaś 2014 wyniosła ok. 729 mln ton. Największymi producentami pszenicy na świecie są: Chiny, Indie, Stany Zjednoczone, Rosja oraz Francja. W 2014 produkcja pszenicy w Europie wyniosła ponad 249 mln ton, zaś w Polsce – ponad 11,6 mln ton (FAO, 2015). W artykule zostały opisane gatunki pszenicy o dużym znaczeniu gospodarczym, jak również te których uprawa ma znaczenie marginalne. Opisano również znaczenie poszczególnych gatunków, jak również cechy jakościowe mające wpływ na ich szerokie wykorzystanie.

Opis zagadnienia

Zarówno uprawne gatunki pszenicy, jak i blisko spokrewnione z nimi dzikie gatunki, należą do rodzaju *Triticum* L. oraz plemienia *Triticeae*. W rodzaju *Triticum* można wyodrębnić gatunki takie jak: *Triticum monococcum* L. (genom A^mA^m), *Triticum urartu* Tumanian i Gandilyan (genom AA), *Triticum turgidum* L. (genom BBAA), *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. (genom GGAA), *Triticum aestivum* L. (genom BBAADD) oraz *Triticum zhukovskyi* Menabde & Ericz. (genom $GGAAA^mA^m$). Według MAC KEY (2005), gatunki te dodatkowo można podzielić na trzy sekcje: sekcja *Monococcon* (gatunki diploidalne), sekcja *Dicoccoidea* (gatunki tetraploidalne) oraz sekcja *Triticum* (gatunki heksaploidalne). *T. urartu* występuje tylko jako gatunek dzikorosnący, a *T. aestivum* i *T. zhukovskyi* występują jedynie jako formy uprawne. Według MATSUOKA (2011), gatunki takie jak *T. monococcum*, *T. turgidum* oraz *T. timopheevii* występują w obydwu formach dzikiej i uprawnej (Tab.1) (MATSUOKA, 2011). Dodatkowo gatunki pszenicy można podzielić na wymłacalne i niewymłacalne. Gatunkami uprawnymi wymłacalnymi dającymi nieoplewione ziarno są: pszenica twarda (*T. turgidum ssp. durum* Desf.), pszenica polska (*T. turgidum ssp. polonicum* (L.) Thell.), pszenica Khorsan (*T. turgidum ssp. turanicum* Jakubz.), pszenica angielska (*T. turgidum ssp. turgidum* L.), pszenica perska (*T. turgidum ssp. carthlicum* Nevski in Kom.), pszenica zwyczajna (*T. aestivum ssp. aestivum* L.), pszenica zbitokłosa (*T. aestivum spp. compactum* Host) oraz pszenica indyjska karłowa (*T. aestivum spp. sphaerococcum* Percival). Do gatunków uprawnych niewymłacalnych o oplewionych ziarnach należą: pszenica samopsza (*T. monococcum spp. monococcum* L.), pszenica płaskurka (*T. turgidum spp.*

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Nazwa gatunku i podgatunku	Nazwa zwyczajowa	Uprawna/ dzika	Genom	Sekcja
Triticum monococcum L.				
ssp. aegilopoides (Link) Thell.	-	dzika	A^mA^m	*Monococcon*
ssp. monococcum	samopsza	uprawna		
Triticum urartu Tumanian i Gandilyan	-	dzika	AA	
Triticum turgidum L.				
ssp. dicoccoides (Korn. ex Asch. & Graebn.)Thell.	-	dzika	BBAA	*Dicoccoidea*
ssp. dicoccum (Schrank ex Schubler) Thell.	płaskurka	uprawna		
ssp. durum (Desf.) Husn.	twarda	uprawna		
ssp. polonicum (L.) Tell.	polska	uprawna		
ssp. turanicum (Jakubz.) Á. & D. Löve	Khorsan	uprawna		
ssp. turgidum	angielska	upawna		
ssp. carthlicum (Nevski in Kom) Á. & D. Löve	perska	uprawna		
ssp. paleocolchicum (Menabde) Á. & D. Löve	-	uprawna		
Triticum timopheevii (Zhuk.) Zhuk.			BBAA	
ssp. armeniacum (Jakubz.) McKey	-	dzika		
ssp. timopheevii	-	uprawna		
Triticum aestivum L.				
ssp. aestivum	zwyczajna	uprawna	BBAADD	*Triticum*
ssp. compactum (Host) MacKey	zbitokłosa	uprawna		
ssp. sphaerococcum (Percival) MacKey	indyjska karłowa	uprawna		
ssp. macha (Dekapr.&Mendabene) MacKey	-	uprawna		
ssp. spelta (L.) Thell.	orkisz	uprawna		
Triticum zhukovskyi Menabde & Ericz		uprawna	$GGAA^mA^m$	

Tab.1. Uprawne i dzikorosnące gatunki pszenicy (według VAN SLAGEREN, 1994).

dicoccon (Schrank ex Schubler) Thell.), *T. turgidum spp. paleocolchicum* (Menabde) Á. & D. Löve, *T. timopheevii spp. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., pszenica orkisz (*T. aestivum spp. spelta* (L.) Thell.) oraz *T. aestivum ssp. macha* (Dekapr. & Manabde) MacKey.

Wykorzystanie gatunków pszenicy

Gatunkiem pszenicy o największym znaczeniu gospodarczym jest pszenica zwyczajna. Ziarno pszenicy zwyczajnej wykorzystywane jest głównie do produkcji chleba. Według FAOSTAT w roku 2013 światowa produkcja chleba wyniosła około 362 tys. ton, w Europie 251 tys. ton, w Polsce utrzymywała się na poziomie 1,7 tys. ton (FAO, 2015). Mąka pszenicy zwyczajnej wykorzystywana jest również do produkcji wyrobów cukierniczych, klusek i makaronów, kasz, płatków śniadaniowych, suchego glutenu, a także produktów preparowanych. W przemyśle browarniczym wykorzystywana jest do produkcji słodu, natomiast w przemyśle gorzelniczym do otrzymywania whisky. Z ziarna pszenicy zwyczajnej produkowana jest również pasza dla trzody chlewnej, drobiu i bydła. Jednym z nowszych kierunków wykorzystania pszenicy zwyczajnej jest produkcja bioetanolu (SPARKS, 2002).

Pszenica zwyczajna swoje szerokie wykorzystanie w przemyśle spożywczym zawdzięcza bardzo dobrym właściwościom odżywczym (bogate źródło białka, skrobi, witamin i minerałów), jak również dobrym właściwościom technologicznym (FRANASZEK I IN., 2013). Jednym z kryteriów decydującym o przeznaczeniu technologicznym ziarna pszenicy jest zawartość oraz skład frakcji białka. W przemyśle zbożowo-młynarskim duże znaczenie ma udział ilościowy i jakościowy glutenu. W skład glutenu wchodzą gliadyny i gluteniny, zwane inaczej białkami glutenowymi, będące białkami zapasowymi zmagazynowanymi w bielmie skrobiowym ziarniaka. Białka te stanowią około 45% wszystkich białek zapasowych, od nich również w głównej mierze zależą cechy technologiczne mąki (SHEWRY I IN., 2003). Gliadyny i gluteniny odgrywają odmienną rolę w kształtowaniu właściwości reologicznych glutenu. Gliadyny mają wpływ na zwiększenie rozciągliwości glutenu, jak również nadają mu właściwości lepkiej cieczy. Liczne badania dowodzą, że istnieje dodatnia korelacja między ilością gliadyn a rozciągliwością glutenu mokrego oraz ciasta (KIM I IN., 1988). Natomiast wzrost zawartości gliadyn ma ujemny wpływ na oporność na rozciąganie glutenu i ciasta, jak również na ich elastyczność (MIMOUNI I IN., 1998). Gluteniny odpowiedzialne są za wytrzymałość i sprężystość glutenu, a ich wzrost przyczynia się do zwiększenia oporności ciasta na rozciąganie, wydłużenie czasu rozwoju ciasta oraz wzrostu objętości chleba. Udowodniono również, że w kształtowaniu pożądanych właściwości glutenu oraz ciasta i chleba większą rolę pełnią gluteniny wysokocząsteczkowe (HMW-GS), aniżeli niskocząsteczkowe (LMW-GS). Natomiast wyższy udział glutenin wysokocząsteczkowych przyczynia się do podniesienia objętości chleba i wytrzymałości ciasta (MIMOUNI I IN., 1998; VERBRUGGEN, 2001; FRANASZEK I IN., 2013).

Drugim gatunkiem o dużym znaczeniu gospodarczym jest pszenica twarda. Pszenica ta w porównaniu z pszenicą zwyczajną charakteryzuje się wyższą zawartością białka ogólnego i mokrego glutenu w ziarnie oraz wyższą szklistością. Ponadto gluten pszenicy twardej różni się od glutenu pszenicy zwyczajnej strukturą, gdyż zawiera więcej frakcji gliadynowej i glutenin wysokocząsteczkowych. Poza tym gliadyna pszenicy twardej charakteryzuje się wyższą wytrzymałością na działania mechaniczne i cieplne, co jest szczególnie ważne przy

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNPP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

produkcji makaronu. Ponadto ziarno pszenicy twardej charakteryzuje się wyższą zawartością barwników karotenoidowych, dzięki czemu produkty otrzymywane z tego rodzaju mąki nie wymagają sztucznego dobarwiania (BUDZYŃSKI I IN, 2002). Dzięki temu pszenica twarda jest najlepszym surowcem do produkcji semoliny, wykorzystywanej do wyrobu makaronów najwyższej jakości. W porównaniu do makaronu uzyskanego z pszenicy zwyczajnej, który jest miękki, lepki, o barwie jasno szarej, makaron wyprodukowany z pszenicy twardej charakteryzuje się gładką i półprzezroczystą powierzchnią, szklistym przełomem, dodatkowo jest niełamliwy i niekruszący się. Ponadto makaron uzyskany z semoliny posiada złocisto-bursztynową barwę oraz specyficzny smak i zapach zarówno przed, jak i po ugotowaniu. Ziarno pszenicy twardej jest również wykorzystywane do produkcji m.in. kaszy kuskus oraz bulgur, ziarna nadmuchiwanego i prażonego, legumin, a także licznych wyrobów regionalnych, szczególnie na obszarze basenu Morza Śródziemnego (WIEREMCZUK I GOGÓŁ, 2014). W ostatnim czasie potwierdzono przydatność ziarna pszenicy twardej do celów piekarniczych. Wykazano bowiem, że zmieszanie mąki uzyskanej z pszenicy zwyczajnej z mąką pszenicy twardej ma wpływ na uzyskanie luźniejszej struktury pieczywa, bez jednoczesnego pogarszania jego walorów smakowych i organoleptycznych. Uzyskane w ten sposób pieczywo posiada dobrą porowatość, charakterystyczny zapach i smak, żółtą barwę, jak również przedłużoną trwałość (RACHOŃ I IN., 2002; BUDZYŃSKI, 2012; WIEREMCZUK I GOGÓŁ, 2014).

Pszenica orkisz jest uznawana za najstarszy gatunek uprawny pszenicy. Małe zainteresowanie tym gatunkiem przez ostatnie lata związane było ze względu na niskie plonowanie, a także trudności związane z produkcją i przerobem orkiszu (RACHOŃ I IN., 2011). Pomimo, że najważniejsze parametry technologiczne mąki uzyskanej z orkiszu są zbliżone do mąki pszenicy zwyczajnej, to ziarno orkiszu pod wieloma względami wykazuje podobieństwo do ziarna pszenicy twardej. Orkisz według CEGLIŃSKIEJ (2003) zawiera 13-17% białka (30-47% więcej niż pszenica zwyczajna). Ponadto zawartość glutenu w mące orkiszowej jest wyższa od mąki uzyskanej z pszenicy zwyczajnej, dlatego jest ona częściej wykorzystywana do produkcji makaronów, gdzie dodanie glutenu z mąki orkiszowej do mąki o niewielkiej zawartości białka zwiększa jego ilość, co wpływa korzystnie na walory technologiczne makaronu. Ponadto mąka orkiszowa jest wykorzystywana także w piekarnictwie, jednak ze względu na strukturę glutenu podobną do pszenicy twardej stosuje się ją jako mieszankę z mąką pszenicy zwyczajnej. Chleb wypieczony z mąki orkiszowej charakteryzuje się silnym zapachem chleba, znakomitym smakiem, a także dłuższym okresem świeżości (GĄSIOROWSKI, 2004; RACHOŃ I IN., 2011). Na uwagę zasługuje fakt, że ze względu na swoje specyficzne właściwości żywieniowe, pszenica orkisz staje się coraz bardziej popularna w krajach wysokorozwiniętych. Ziarno pszenicy orkisz wykorzystuje się do produkcji ziarna prażonego, mąki razowej i białej, otrąb, płatków, kasz, makaronów, czy też chleba typu flat bread, bułek oraz pieczywa chrupkiego. Ponadto produkuje się z niego wafle, ciastka oraz kawę zbożową, jak również w przemyśle browarniczym służy do produkcji słodu. Natomiast odplewione i polerowane ziarno orkiszu można spotkać pod postacią tak zwanego. ryżu orkiszowego (GĄSIOROWSKI, 2004).

W ostatnim czasie wzrosło zainteresowanie konsumentów naturalnymi, niekonwencjonalnymi oraz charakteryzującymi się podwyższonymi wartościami odżywczymi produktami żywnościowymi. Doprowadziło to do pojawienia się na rynku tak zwanych

produktów specjalnych, które zawierają mieszanki różnych gatunków zbóż. Komponentami tego rodzaju pożywienia są często nazywane prymitywnymi bądź starożytnymi gatunkami pszenicy. Przykładami tego rodzaju gatunków są *T. monococcum* L. *spp. monococcum*, *T. turgidum spp. dicoccum* (Schrank ex Schubler) Thell, czy pszenica Khorsan (*T. turgidum spp. turanicum* Jakubz.), znana pod nazwą komercyjną Kamut® (PIERGIOVANNI I IN., 2009; DINELLI I IN., 2014). Gatunki te są zwykle wykorzystywane do produkcji różnych tradycyjnych produktów i chlebów, których receptura często opiera się na zwyczajach religijnych i obyczajowych. Wzrost produkcji tych gatunków wynika z rosnącego zapotrzebowania konsumentów na tradycyjne produkty (DESHEVA I IN., 2014).

Jednym z najstarszych, a zarazem najprostszych pod względem genetycznym gatunkiem pszenicy jest pszenica samopsza. Pszenica samopsza jest gatunkiem diploidalnym, złożonym z dwóch genomów A. Jej udomowienie nastąpiło około 10 000 lat temu. Uprawiana była aż do epoki brązu, kiedy została wyparta przez inne gatunki zbóż takich jak. pszenicę płaskurkę, orkisz czy jęczmień. Przyczyną spadku zainteresowania uprawą pszenicy samopszy było jej niskie plonowanie. Obecnie jest sporadyczne uprawiana w zachodniej Turcji, krajach bałkańskich, Niemczech, Hiszpanii oraz Włoszech (ZAHARIEVA I MONNEVEUX, 2014). W ostatnich kilku latach obserwujemy wzrost powierzchni uprawy pszenicy samopszy, głównie w gospodarstwach ekologicznych Ze względu na wysoką odporność na suszę, może być ona uprawiana na gorszych glebach, gdzie uprawa innych gatunków pszenicy jest utrudniona lub niemożliwa. Ponadto, ze względu na obecność plewek, które przylegają ściśle do ziarna, gatunek ten charakteryzuje się podwyższoną odpornością na choroby. Uważa się, że mąka z samopszy ma niską wartość wypiekową, dlatego też stosuje się ją, jako dodatek do innych rodzajów mąki. Wykazano, że mąka z pszenicy samopszy wykazuje mniejszą zdolność do pęcznienia niż układ białek glutenowych z mąki pszenicy zwyczajnej (JANKOWSKA I IN., 2011). Ponadto gluten mąki z pszenicy samopszy wykazuje więcej cech lepkich niż ten zawarty w mące z pszenicy zwyczajnej. Chleb wypieczony z dodatkiem tego rodzaju mąki ma naturalne żółte zabarwienie, ze względu na zawartość barwników karotenoidowych (20.7 mg·kg -1), dla porównania w mące pszenicy zwyczajnej (3.2 mg·kg -1) (LØJE I IN., 2003). Mąka z samopszy wykorzystywana jest do wypieku chleba (flat bread oraz bochenkowy), produkcji płatków śniadaniowych, muesli, kleików, kasz, ciasteczek oraz słodu (LØJE I IN., 2003; ZAHARIEVA I MONNEVEUX, 2014).

Jednym z najstarszych gatunków tetraploidalnych pszenicy jest pszenica płaskurka (*T. dicoccum* (Schrank ex Schubler) Thell). Była ona szeroko uprawiana w starożytnym Egipcie, natomiast współcześnie na małą skalę uprawia się ją m.in. na terenie Półwyspu Arabskiego, Azerbejdżanu, Chin, Danii, Etiopii, Francji, Grecji, Gruzji, Hiszpanii, Holandii, Indii, Polski, Portugalii, Rosji, Rumunii, Ukrainy, Węgier oraz Włoch. Uprawa tego zboża ogranicza się do uprawy w gospodarstwach ekologicznych ze względu na jej zdolność adaptacyjną na słabych glebach, jak również wysoką odporność na choroby zbóż. Głównym kierunkiem wykorzystania pszenicy płaskurki jest produkcja żywności, jednakże w niektórych krajach służy również jako pasza. W Rosji karmi się nią kurczęta, we Francji, Niemczech, Szwajcarii oraz Włoszech – konie, zaś na terenach byłej Jugosławii wykorzystywana jest do skarmiania koni oraz świń, natomiast w USA – bydła. Mąka pszenicy płaskurki służy do produkcji różnego rodzaju chlebów,

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNPP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

kasz, makaronów, płatków śniadaniowych, jak również ciast oraz naleśników. Ziarno pszenicy płaskurki charakteryzuje się wysoką zawartością związków mineralnych oraz białka (18-23%) (ZAHARIEVA I IN., 2010). Właściwości wypiekowe oraz przydatność do wyrobu makaronu mąki z pszenicy płaskurki nie są dokładnie poznane. Uważa się jednak, że pszenica ta ma akceptowalną jakość do produkcji makaronu ze względu na niską lepkość, wystarczającą twardość oraz ciemny kolor (STEHNO, 2007; ZAHARIEVA I IN., 2010). Ponadto uważa się, że mąka z płaskurki ma gorsze właściwości wypiekowe niż mąka pszenicy zwyczajnej, ze względu na niską objętość bochenka (PIERGIOVANNI I IN., 1996). DEGAONKAR I IN. (2005) dowiedli, że pszenica płaskurka może być wykorzystywana do wypieku chleba, jednakże właściwości te są różne w zależności od formy. Dlatego też, częściej wykorzystywana jest ona do produkcji chlebów typu flat bread oraz chlebków regionalnych, a także jako dodatek do pieczywa wypiekanego z mąki pszenicy zwyczajnej. Produkty takie charakteryzują się lepszym smakiem, zapachem oraz kolorem ciasta niż te bez dodatku mąki pszenicy płaskurki (ZAHARIEVA I IN., 2010).

Innym tetraploidalnym gatunkiem zaliczanym do starożytnych gatunków pszenicy jest pszenica Khorsan, syn. orientalna (*Triticum turgidum spp. turanicum* Jakubz.), znana również jako „pszenica Króla Tut'a". Ponadto, od roku 1990 odmiana pszenicy Khorsan „QK-77" występuje pod marką handlową Kamut, co w języku staroegipskim oznacza pszenica. Dawniej pszenica Khorsan była uprawiana okazjonalnie na terenach zachodniej i centralnej Azji (Turcja, obszar dawnej Mezopotamii, Iran, Kazachstan), jak również północnej Afryki (KHLESTKINA I IN., 2006). Obecnie zainteresowanie tym zbożem rośnie ze względu na możliwość jego uprawy w gospodarstwach ekologicznych. Uprawa tego gatunku, a w szczególności odmiany Kamut rozszerzyła się do regionu Ameryki Północnej (obszar stanów Montana, Północnej Dakoty, Alberta i Saskatchewan) oraz Austrii (GRAUSGRUBER I IN., 2004). Pszenica Khorsan charakteryzuje się dużymi ziarnami, czasami trzy razy większymi od innych gatunków pszenicy. Ziarno tej pszenicy zawiera 20-30% więcej białka, wyższą zawartość związków mineralnych oraz tłuszczy, a także 65% więcej różnych aminokwasów niż inne gatunki pszenicy (HAMMER I IN., 2000; RODRIGUEZ-QUIJANO I IN., 2010). Wykazano także, że ze względu na słodki smak mąka pszenicy Khorsan jest szeroko wykorzystywana w cukiernictwie do produkcji ciasteczek. Ponadto zawiera więcej antyoksydantów niż pszenica twarda. Ze względu na swoje właściwości pszenica Khorsan wykorzystywana jest głównie do produkcji żywności funkcjonalnej do wyrobu makaronu, płatków oraz ciasteczek. Wykazano również, że mąka pszenicy Khorsan jest przydatna do wypieku chleba (BENEDETTI I IN., 2012).

Podsumowanie

Pszenica ze względu na swoje właściwości technologiczne znalazła zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Najczęściej wykorzystywana jest do wypieku chleba oraz produkcji makaronu, jak również różnego rodzaju kasz, kleików oraz ciast i ciasteczek. Wykorzystywana również w przemyśle browarniczym do produkcji słodu, a także do wyrobu produktów regionalnych. Na przydatność danego gatunku pszenicy do wyrobu wyżej wymienionych produktów istotny wpływ ma udział ilościowy i jakościowy glutenu. W skład glutenu wchodzą gliadyny i gluteniny, zwane inaczej białkami glutenowymi. Białka te odgrywają odmienną rolę w kształtowaniu właściwości reologicznych glutenu. Obecność glutenin, a w szczególności glutenin

wysokocząsteczkowych (HMW-GS) ma istotny wpływ na właściwości ciasta. Odpowiedzialne są one za wytrzymałość i sprężystość glutenu, a ich wzrost przyczynia się do zwiększenia oporności ciasta na rozciąganie, wydłużenie czasu rozwoju ciasta oraz wzrostu objętości chleba. Natomiast wzrost zawartości gliadyn ma ujemny wpływ na oporność na rozciąganie glutenu i ciasta, jak również na ich elastyczność. Produkcja pszenicy z roku na rok wzrasta. Gatunkami pszenicy o największym znaczeniu gospodarczym są pszenica zwyczajna oraz pszenica twarda. Pszenica zwyczajna dzięki swym właściwościom znalazła wykorzystanie w wypieku wielu rodzajów pieczywa oraz wyrobów cukierniczych. Natomiast mąka z pszenicy twardej pozwala na uzyskanie wysokiej jakości makaronu i klusek. Ostatnimi czasy coraz większego znaczenia nabierają dawne gatunki pszenicy takie jak samopsza, płaskurka, orkisz i Khorsan. Zainteresowanie dawnymi gatunkami pszenicy wzrasta ze względu na ich zdolność adaptacyjną do słabszych gleb oraz odpornością na choroby, co pozwala na ich uprawę w gospodarstwach ekologicznych. Wykazano również, że ziarna starożytnych gatunków pszenicy charakteryzują się wyższą zawartością związków mineralnych, barwników karotenoidowych oraz antyoksydantów, a dodatek tego rodzaju mąki poprawia smak, zapach, kolor i teksturę produktów. Ze względu na właściwości reologiczne glutenu wykorzystywane są jedynie jako dodatek do chleba czy makaronu. Jednakże chleb lub makaron z dodatkiem mąki z tego rodzaju gatunków pszenicy jest pożądany przez konsumentów nie tylko ze względu na cechy sensoryczne, jak również na prozdrowotne właściwości tego rodzaju produktów.

Literatura

BENEDETTI S., PRIMITERRA M., TAGLIAMONTE M.C., CARNEVALI A., GIANOTTI A., BORDONI A. 2012. Counteraction of oxidative damage in the rat liver by an ancient grain. Nutrition. 28(4), 436-441.

BUDZYŃSKI W. 2012. Pszenice – zwyczajna, orkisz, twarda. Uprawa i zastosowanie. Wydawnictwo PWRiL. 185-220.

CANESTARI F. 2012. Counteraction of oxidative damage in the rat liver by an ancient grain. Nutrition. 28(4), 436-441.

CEGLIŃSKA A. 2003. Technological value of a spelt and common wheat hybrid. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Food Science and Technology. 6(1), 1-7.

CYRKLER-DEGULIS M, BULIŃSKA-RADOMSKA Z. 2007. Zaniechane gatunki i stare odmiany zbóż, czy współczesne odmiany hodowlane dla rolnictwa ekologicznego? Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 517, 827-840.

CICCORITTI R., CARBONE K., BELLATO S., POGNA N., SGRULLETTA D. 2013. Content and relative composition of some phytochemicals in diploid, tetraploid and hexaploid *Triticum* species with potential nutraceutical properties. Journal of Cereal Science. 57, 200-206.

DEGAONKAR A., TAMHANKAR S., RAO V. 2005. An assessment of cultivated emmer germplasm for gluten proteins. Euphytica. 145(1-2), 49-55.

DESHEVA G, VALCHINOVA E., KYOSEV B., STOYANOVA S. 2014. Grain

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

physical characteristics and bread-making quality of alternative cereals towards common and durum wheat. Emirates Journal of Food and Agriculture. 26 (5), 418-424.

DINELLI G., DI SILVESTRO R., MAROTTI I., BOSI S., BREGOLA V., DI LORETO A., NIPOTI P., PRODI A., CATIZONE P. 2014. Agronomic traits and deoxynivalenol contamination of two tetraploid wheat species (*Triticum turgidum spp. durum, Triticum turgidum spp. turanicum*) grown strictly under low input conditions. Italian Journal of Agronomy. 9, 583-592.

FAOSTAT 2015. http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

FRANASZEK S., LANGNER M., SALMANOWICZ M. 2013. Niskocząsteczkowe białka gluteninowe i ich wpływ na jakość wypiekową pszenicy. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. 269, 3-13.

GĄSIOROWSKI H. 2004. Pszenica orkisz – zboże ekologiczne. Przegląd Zbożowo-Młynarski. 5, 13-14.

GRAUSGRUBER H., SAILER C., RUCKENBAUER P. 2004 Khorasan wheat, Kamut and 'Pharaonenkorn': origin, characteristics and potential. Vereinigung der Pflanzenzuechter und Saatgutkaufleute Österreichs. 55, 75-80.

HAMMER K., FILATENKO A.A., KORZUN V. 2000. Microsatellite markers – a new tool for distinguishing diploid wheat species. Genetic Resources and Crop Evolution. 47,497–505.

JANKOWSKA M., KEDZIOR Z., PRUSKA-KEDZIOR A., CHOJNACKA E., BINDER M. 2011. Porównanie właściwości funkcjonalnych glutenu z pszenicy samopszy i pszenicy zwyczajnej. ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 6 (79), 79-90.

KIM J.J, KIEFFER R., BELITZ H.D. 1988. Rheological properties of reconstituted wheat glutens containing differing properties of prolamin fractions from non-wheat cereals (in German). Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung. 186, 16-21.

KHLESTKINA E.K., RÖDER M.S.; GRAUSGRUBER H., BÖRNER A. 2006. A DNA fingerprinting-based taxonomic allocation of Kamut wheat. Plant Genetic Resources. 4 (03), 172-180.

LØJE H. , B. MÙLLER B., LAUSTSEN A. M., HANSEN A. 2003. Chemical Composition, Functional Propertiesand Sensory Profling of Einkorn (*Triticum monococcum* L.). Journal of Cereal Science. 37, 231-240.

MAC KEY J. 2005. Wheat: its concept. evolution and taxonomy. In: Royo C et al. (eds) Durum wheat breeding. Current approaches and future strategies. CRC Press, Boca Raton 1. 3–61.

MATSUOKA Y. 2011. Evolution of Polyploid Triticum Wheats under Cultivation: The Role of Domestication, Natural Hybridization and Allopolyploid Speciation in their Diversification. Plant Cell Physiology. 52(5), 750-764.

MIMOUNI B., ROBIN J.M., AZANZA J.L. 1998. Wheat flour properties: isolation and functionality of gliadin and HMW glutenin enriched fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture. 78, 423-428.

NAWRACAŁA J. 2004. Genetyczne podstawy hodowli pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Zarys Genetyki Zbóż. Tom 1. Jęczmień, pszenica, żyto. Pod red. A.G. Górnego. Wyd. IGR PAN. Poznań. 181-327.

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

PIERGIOVANNI A.R., LAGHETTI G., PERRINO P. 1996. Characteristicsof meal from hulled wheats (*Triticum dicoccum* Schrankand T. *spelta* L.): an evaluation of selected accessions. Cereal Chemistry Journal. 73(6), 732-73.

PIERGIOVANNI A., SIMEONE R., PASQUALONE A. 2009. Composition of whole and refined meals of Kamut under South Italian conditions. Chemical Engineering Transactions. 17, 891-896.

RACHOŃ L., DZIAMBA SZ., OBUCHOWSKI W. KOŁODZIEJCZYK P. 2002. Ocena przydatności ziarna odmian pszenicy twardej (*Triticum durum*) i zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) do produkcji makaronu. Annales UMCS s. E. 57, 77-86.

RACHOŃ L, SZUMIŁO G, STANKOWSKI S. 2011. Porównanie wybranych wskaźników wartości technologicznej pszenicy zwyczajnej. Fragmenta Agronomica. 28(4): 52-59.

RODRIGUEZ-QUIJANO M., LUCAS R., RUIZ M., GIRALDO P., ESPI A., CARRILLO J.M. 2010. Allelic variation and geographical patterns of prolamins in the USDA-ARS Khorasan wheat germplasm collection. Crop Science. 50, 2383-2391.

SHEWRY P.R., NIGEL G., LAFIANDRA D. 2003. Genetics of Wheat Gluten Proteins. Advances in Genetics. 49, 111-184.

SPARKS COMPANIES INC. 2002. New and Improved Wheat Uses Audit – Final Report. Washington DC: National Association of Wheat Growers. 1,1-17.

STEHNO Z. 2007. Emmer wheat Rudico can extend the spectra of cultivated plants. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 43(3), 113-115.

VAN SLAGEREN M.W. 1994. Wild Wheats: A Monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agricultural University papers, The Netherlands. 1-512.

VERBRUGGEN I.M., VERAVERBEKE W.S., DELCOUR J.A. 2001. Significance of LMW-GS and HMW-GS for dough extensibility: 'addition' versus 'incorporation' protocols. Journal of Cereals Science. 33, 253-260.

WIEREMCZUK M., GOGÓŁ A. 2014. Parametry jakościowe pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Dokonania Młodych Naukowców. 4(3), 263-265.

ZAHARIEVA M., AYANA N.G., AL HAKIMI A., MISRA S.C., MONNEVEUX P. 2010. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. Genetic Resources and Crop Evolution. 57, 937-962.

ZAHARIEVA M., MONNEVEUX P. 2014. Cultivated einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. *subsp. monococcum*): the long life of a founder crop of agriculture. Genetic Resources and Crop Evolution. 61, 677-706.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

Anna Siemińska
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Wydział Biologii i Biotechnologii
Zakład Immunobiologii
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin
e-mail: asieminska.bio@gmail.com

Jakub Knurek
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Wydział Biologii i Biotechnologii
Zakład Biochemii
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin
e-mail: knurekjakub@op.pl

Charakterystyka wybranych alkalicznych proteaz bakteryjnych

Characteristic of selected bacterial alkaline proteases

Streszczenie

Enzymy proteolityczne należą do najbardziej rozpowszechnionej grupy enzymów. Pełnią istotną rolę w fizjologii i zachowaniu homeostazy organizmów prokariotycznych, jak i eukariotycznych. Dzięki swoim właściwościom są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu. Przykładem takiego enzymu jest alkaliczna proteaza, która jest wytwarzana zewnątrzkomórkowo przez liczne bakterie, m. in. przez *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteria ta jest oportunistycznym patogenem człowieka, czyli powoduje rozwój choroby u osób z obniżoną odpornością. Endopeptydaza ta jest znanym czynnikiem wirulencji i znalazła liczne zastosowania komercyjne. Z uwagi na obecność tego enzymu u wielu mikroorganizmów i występujące różnice, wyodrębniono kilka takich enzymów nadając im odpowiednie numery EC. W dalszej części artykułu, uwaga zostanie skupiona na budowie, właściwościach, występowaniu oraz zastosowaniu wybranych alkalicznych proteaz bakteryjnych (EC 3.4.24.40. oraz EC 3.4.24.62.).

Słowa kluczowe: alkaiczne proteazy bakteryjne, metaloproteazy, *Pseudomonas aeruginosa*

Abstract

Proteolytic enzymes are one of the most widespread group of enzymes. They play an important role in physiology and maintaining homeostasis of prokaryotic and eukaryotic cells. Due to the properties, the enzymes are widely used in various industries. An example of this enzyme type is an alkaline protease, which is produced extracellularly by a numerous of bacteria such as *Pseudomonas aeruginosa*. The bacterium is a human opportunistic pathogen and it contributes to development of disease among people with weakened immune system. The endopeptidase is a known virulence factor and has many commercial applications. Due to the presence of the enzyme in a large number of microorganisms and the differences between them, scientists have identified the enzymes and assign appropriate EC numbers. The article is focused on structure, properties, occurrence and applications of selected bacterial alkaline proteases (EC 3.4.24.40. and EC 3.4.24.62.).

Key words: bacterial alkaline protease, metalloproteases, *Pseudomonas aeruginosa*

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Wstęp

Metaloproteazy to enzymy należące do grupy hydrolaz, powodujące rozerwanie wiązania peptydowego. W swojej strukturze zawierają jon metalu, który wiązany jest kowalencyjnie przez trzy reszty aminokwasowe, do których możemy zaliczyć histydynę, argininę, lizynę, kwas glutaminowy lub kwas asparaginowy. Czwarta pozycja koordynacyjna jonu jest zajęta przez cząsteczkę wody, która umożliwia stabilizację struktury enzymu. Jon ten aktywuje cząsteczkę i działając jako nukleofil, atakuje grupę karbonylową peptydu. Atak ten w środowisku protonów skutkuje rozerwaniem wiązania peptydowego i przecięciem białka (VEVODOVA I IN., 2010). Wyróżniamy dwa rodzaje metaloproteaz: egzometaloproteazy (EC 3.4.17), które odcinają ostatni aminokwas z końca białka oraz endometaloproteazy (EC 3.4.24), przecinające łańcuch polipeptydowy w dowolnym miejscu w środku białka (RAWLINGS I IN., 1995). Jest to stosunkowo dobrze poznana grupa enzymów, do której zaliczamy m.in. metaloproteinazy macierzy zewnątrzkomórkowej czy alkaliczną proteazę. Obecnie sklasyfikowano ponad 50 rodzin metaloproteaz, co sprawia, że jest to najbardziej zróżnicowany z czterech głównych typów proteaz (SIEBER, 2006). Enzymy te kontrolują liczne procesy komórkowe, a zaburzenia w ich aktywności mogą prowadzić do stanów patologicznych: chorób autoimmunologicznych, chorób układu krążenia, choroby Alzheimera, angiogenezy nowotworów (KUPAI I IN., 2010). Regulacja obrotu białkowego wiąże działanie metaloproteaz w ścisły sposób z procesami migracji komórek oraz procesem apoptozy.

Alkaliczna proteaza (EC 3.4.24.40.)

Alkaliczna proteaza (EC 3.4.24.40.) po raz pierwszy została wyizolowana w 1963 roku z supernatantu pohodowlanego. Ta zewnątrzkomórkowa hydrolaza należy do metaloendopeptydaz i zwana jest serralizyną, należącą do rodziny termolizyn, podrodziny M10. Enzymy z tej podrodziny są syntetyzowane jako nieaktywne prekursory, różniące się mechanizmem aktywacji (www.merops.sanger.ac.uk). Cięcie 9 N-końcowych reszt alkalicznej proteazy prowadzi do powstania dojrzałego białka zbudowanego z 480 reszt. Osiąga najwyższą aktywność przy pH 9-10. Endopeptydaza ta, o masie 50 kDa, przeprowadza reakcję rozszczepienia wiązań hydrofobowych reszt P1. Katalizuje reakcję, która przedstawia się następująco:

białko A + H_2O ⟶ peptyd A + peptyd A

Kofaktorem alkalicznej proteazy jest jon Zn^{2+}, który jest niezbędnym do jej działania (www.chem.qmul.ac.uk). Należy podkreślić, że alkaliczna proteaza posiada szeroki zakres substratowy i przypuszcza się, że działa synergistycznie z innymi proteazami występującymi u bakterii *P. aeruginosa* takimi, jak elastaza (www.mgc.ac.cn). Wyniki eksperymentów wskazują, że jest ona głównym enzymem produkowanym w podłożu syntetycznym przez *P. aeruginosa* (ANDREJKO I IN., 2011).

Alkaliczna proteaza jest wydłużoną cząsteczką osiągającą wielkość 90 x 35 x 25 Å. Enzym ten tworzą dwie domeny. Jedna z nich (N- końcowa), zbudowana jest z 18-251 helis i pełni funkcję proteolityczną. Ponadto, posiada III-rzędową strukturę, a w jej centrum aktywnym obecny jest cynk. Druga z domen, nazywana jest C–końcową i składa się z 252 470 reszt, zbudowana jest z 21 pasm β ułożonych

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

w dwie warstwy. Między poszczególnymi domenami występują zazwyczaj oddziaływania hydrofobowe. Wykryto także 10 wewnętrznie położonych cząsteczek H_2O wraz z kilkoma resztami seryny i treoniny, występującymi pomiędzy domenami (BAUMANN, 1993).

Potwierdzono jej występowanie u takich mikroorganizmów jak *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia freundii*, *Serratia marcescens* i *Erwinia chrysanthemi* (www.chem.qmul.ac.uk). Alkaliczna proteaza pochodząca z bakterii *P. aeruginosa* jest wydzielana z udziałem systemu sekrecji typu I, w który zaangażowane są peptydy błony zewnętrznej oraz błony komórkowej. Powoduje rozpad białka fibryny, zakłócając jej formowanie, co w konsekwencji prowadzi do uszkodzeń rogówki lub innych tkanek zawierających to białko. Obecność alkalicznej proteazy w komórkach gospodarza przyczynia się również do rozwoju bakteriemii, infekcji ucha środkowego oraz zakażeń układu oddechowego u chorych na mukowiscydozę (KIPNIS I IN., 2006). Hamuje działanie komórek układu odpornościowego człowieka (limfocytów T, komórek Natural Killers oraz fagocytów), bierze udział w degradacji przeciwciał, a także inaktywuje cytokiny (IL-1, IL-2, INF-γ, TNF-α) oraz degraduje składniki układ dopełniacza (C3, C1q) (KHARAZMI, 1991).

Immobilizowana alkaliczna proteaza otrzymywana z *P. aeruginosa,* dzięki swojej stabilnej aktywności może służyć do klarowania soków. Enzym ten posiada również zdolność do wytrawiania niektórych naturalnych substratów, zawierających w swoim składzie fibrynę, albuminę oraz kolagen. Dzięki tym właściwościom może być stosowany do oczyszczania ścieków. Odkryto także jego zdolność do usuwania plam krwi z ubrań, bez stosowania żadnych innych detergentów. Ponadto może być stosowana, jako dodatek do proszków lub płynów do prania, dzięki możliwości funkcjonowania tego enzymu w ich obecności. Kolejnym możliwym wykorzystaniem jest stosowanie go do usuwania sierści ze skór w przemyśle skórzanym, jednak proces ten powinien być kontrolowany z uwagi na możliwość trawienia kolagenu, co może znacznie obniżyć jakość produktu garbarskiego. Wykorzystanie alkalicznej proteazy do tego celu umożliwi zmniejszenie ilości używanych chemikaliów, a w konsekwencji do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska. Enzym ten jest sprzedawany pod różnymi nazwami, a przykładowe jego zastosowanie przedstawia tab. 1 (NAJAFI I IN., 2005).

Alkaliczna proteaza (EC 3.4.24.62.)

Alkaliczna proteaza (EC 3.4.24.62), inaczej nazywana magnolizyną, jest asymetrycznym monomerem o masie ok. 29 kDa (CHOI I IN., 2004; KIM I IN., 2000). W zależności od badanego organizmu obserwowane są niewielkie zmiany wielkości tego enzymu. Odkry-

Nazwa handlowa	Pochodzenie	Zastosowanie
Durazym	*Bacillus sp.*	detergent
Primatan	pochodzenia bakteryjnego	przemysł skórzany
HT-proteolytic	*Bacillus subtilis*	produkcja alkoholu
Bioprase concentrate	*Bacillus subtilis*	przemysł kosmetyczny
Ps. protease	*Pseudomonas aeruginosa*	badania naukowe

Tab.1 Przykłady handlowych alkalicznych proteaz (GUPTA I IN., 2002).

to także możliwość tworzenia dimerów przez ten enzym (GAMBLE I IN., 2012; VEVODOVA I IN., 2010). U *Bacillus subtilis* niezbędne do konformacyjnego złożenia natywnej formy enzymu, jest wytworzenie białka w formie propeptydu (SUBBIAN I IN., 2004).

Enzym ten wykazuje aktywność w szerokim zakresie pH oraz temperatur. Optimum tych czynników wynosi pH 6,0-10,5, natomiast temperatura: 30-60°C (KAZAN I IN., 2005). W przypadku wspomnianych wyżej kryteriów dużą rolę pełni dany gatunek, gdyż do grupy bakterii zdolnych do syntezy alkalicznej proteazy zaliczamy zarówno gatunki termostabilne, jak i adaptujące się do zmian temperatury (SIEZEN I IN., 1997). Jony wapnia stabilizują enzym po obróbce cieplnej i zapobiegają autolizie (SMITH I IN., 1999). Proteaza ta jest obecna w koloniach bakteryjnych należących do rodzaju *Bacillus sp.* Aktywność tej proteazy wykryto także u innych bakterii, m.in. *Alkalimonas collagenimarina* (KURATA I IN., 2010), *Dichelobacter nodosus* (WONG I IN., 2010), *Streptococcus suis* (BONIFAIT I IN., 2010), *Vibrio sp.* (ARNORSDOTTIR I IN., 2002).

Pod względem biochemicznym jest to subtylizyna, której aktywność może być hamowana za pomocą EDTA (SUNG I IN., 2010), Cu^{2+} (KIM I IN., 2000), pepstatyny (SUNG I IN., 2010) czy PMSF (CHU I IN., 1995). Aktywację tego enzymu katalizuje m.in. toluen (NAKASHIMA I IN., 2006) czy dichloroizokumaryna (LANIGAN-GARDES I IN., 2007). Alkaliczna proteaza (EC 3.4.24.62) to enzym należący do grupy metaloendoproteaz. Przeprowadza ona reakcję hydrolizy polipeptydów zawierających reszty lizyny i argininy. Enzym ten wykazuje niską specyficzność substratową wobec cięcia wiązań peptydowych – w zależności od rodzaju dostępnej reszty w pozycji P1. Specyficzność substratowa zależy od organizacji struktur α-helis i β-zakrętów połączonych w części centralnej, za pomocą sparowania dziewięciu lub więcej reszt aminokwasów.

Bakterie *Bacillus sp.* są powszechnie wykorzystywane w przemyśle enzymatycznym. Najważniejsze z wytwarzanych przez nie enzymów to proteazy (w tym subtylizyny) oraz enzymy amylolityczne, które znalazły zastosowanie w produkcji detergentów, przetwórstwie skrobiowym, przemyśle tekstylnym, spożywczym i w produkcji pasz (HAREWOOD I IN., 2008). W medycynie stosuje się subtylizynę jako środek trombolityczny (KIM I IN., 2000) oraz w analizach klinicznych. Enzym ten jest wykorzystywany także jako detergent (LIU I IN., 2005).

Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawiono podstawową charakterystykę wybranych alkalicznych proteaz wytwarzanych przez bakterie. Enzym ten pełni kluczową rolę w patogenezie bakteryjnej, jako czynnik wirulencji. Rozwój choroby może być hamowany poprzez podanie antybiotyków lub inhibitorów metaloproteaz. Eksploracja tego kierunku badań jest niezwykle potrzebna, z powodu stale rosnącej liczby szczepów bakteryjnych opornych na działanie leków przeciwdrobnoustrojowych.

Alkaliczna proteaza jest wykorzystywana w różnych gałęziach przemysłu, np. chemicznego i spożywczego. Dzięki zdolności do zachowywania swojej aktywności w zasadowym pH, enzym ten może być wykorzystywany przede wszystkim jako detergent. Dodatkowo, techniki rekombinacji DNA otwierają nowe możliwości, umożliwiając zwiększenie wydajności szczepów. Obecnie naukowcy dążą do przesunięcia granic w stronę środowiska ekstremalnie alkalicznego lub poszerzenia zakresu pH proteazy. Endopeptydaza ta może być stosowana również do oczyszcza-

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

nia ścieków, wyprawiania skór, odzysku srebra (biofilmy). Poznanie dokładnego mechanizmu działania metaloproteaz oraz modelowanie ich inhibitorów pozwoli na rozwój nowych terapii zwalczających choroby wywoływane przez patogenne mikroorganizmy.

Literatura

AGASTHYA A.S., SHARMA N., MOHAN A., MAHAL P. 2013. Isolation and molecular characterisation of alkaline protease producing *Bacillus thuringiensis*. Cell. Biochem. Biophys. 66, 45-51.

ANDREJKO M., MIZERSKA-DUDKA M. 2011. Elastase B of *Pseudomonas aeruginosa* stimulates the humoral immune response in the greater wax moth, Galleria mellonella. J. Invertebr. Pathol. 107, 16-26.

ARNOSDOTTIR J., SMARADOTTIR R. B., MAGNUSSON O. T., THORBJARNARDOTTIR S. H., EGGERTSSON G., KRISTJÁNSSON MM. 2002. Characterization of a cloned subtilisin-like serine proteinase from a psychrotrophic *Vibrio species*. Eur. J. Biochem. 269(22), 5536-5546.

BAUMANN U., SHAN W., FLAHERTY K. M., MCKAY D.B. 1993. Three-dimensional structure of the alkaline protease of *Pseudomonas aeruginosa*: a two-domain protein with a calcium binding parallel beta roll motif. The EMBO Journal. 12 (9), 3357-3364.

BONIFAIT L., VAILLANCOURT K., GOTTSCHALK M., FRENETTE M., GRENIER D. 2010. Purification and characterization of the subtilisin-like protease of *Streptococcus suis* that contributes to its virulence. Vet. Microbiol. 148(2-4), 333-340.

CHOI N. S., CHANG K. T., JAE MAENG P., KIM S. H. 2004. Cloning, expression, and fibrin(ogen)olytic properties of a subtilisin DJ-4 gene from *Bacillus sp*. DJ-4. FEMS. Microbiol. Lett. 236(2), 325-331.

CHU N. M., CHAO Y., BI R. C. 1995. The 2 A crystal structure of subtilisin E with PMSF inhibitor. Protein. Eng. 8(3), 211-215.

GAMBLE M., KÜNZE G., BRANCALE A., WILSON K. S., JONES D. D. 2012. The role of substrate specificity and metal binding in defining the activity and structure of an intracellular subtilisin. FEBS. Open. Bio. 2, 209-215.

GODDETTE, D. W., PAECH, C., YANG, S. S., MIELENZ, J. R., BYSTROFF, C., WILKE, M. E., FLETTERICK R. J. 1992. The crystal structure of the *Bacillus lentus* alkaline protease, subtilisin BL, at 1.4 A resolution. J. Mol. Biol. 228, 580-595.

GUPTA R., BEG Q. K., LORENZ P. 2002. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications. Appl. Microbial. Biotechnol. 59, 15-32.

HAREWOOD C. R., CRANENBURGH R. 2008. *Bacillus* protein secretion: an unfolding story. Trends. Microbiol. 16(2), 73-79.

KAZAN D., DENIZCI A. A., ONER M. N., ERARSLAN A. 2005. Purification and characterization of a serine alkaline protease from *Bacillus clausii* GMBAE 42. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 32(8), 335-344.

KHARAZMI A, 1991. Mechanisms involved in the evasion of the host defence by *Pseudomonas aeruginosa*. Immunol. Lett. 30(2), 201-205.

KIM S. H., CHOI N. S. 2000. Purification and characterization of subtilisin DJ-4 secreted by *Bacillus sp.* strain DJ-4 screened from Doen-Jang. Biosci. Biotechnol. Biochem. 64(8): 1722-1725.

KIPNIS E., SAWA T., WIENER-KRONISH J. 2006. Targeting mechanisms of *Pseudomonas aeruginosa* pathogenesis. Med. Mal. Infect. 36, 78-81.

KUPAI K., SZUCS G., CSEH S., HAJDU I., CSONKA C., CSONT T., FERDINANDY P. 2010. Matrix metalloproteinase activity assays: Importance of zymography. J. Pharmacol. Toxicol. Methods. 61(2), 205-209.

KURATA A., UCHIMURA K., KOBAYASHI T., HORIKOSHI K. 2010. Collagenolytic subtilisin-like protease from the deep-sea bacterium *Alkalimonas collagenimarina* AC40T. Appl. Microbiol. Biotechnol. 86(2), 589-598.

LANIGAN-GERDES S., DOOLEY A. N., FAULL K. F., LAZAZZERA B. A. 2007. Identification of subtilisin, Epr and Vpr as enzymes that produce CSF, an extracellular signalling peptide of *Bacillus subtilis*. Mol. Microbiol. 65(5), 1321-1333.

LIU Z. M., BECKER T., NEUFELD R. J. 2005. Spherical alginate granules formulated for quick-release active subtilisin. Biotechnol. Prog. 21(2), 568-574.

NAJAFI M. F., DEOBAGKAR D., DEOBAGKAR D., 2005, Potential application of protease isolated from *Pseudomonas aeruginosa* PD100. Electron. J. Biotechn. 8 (2), 197-203.

NAKASHIMA K., MARUYAMA T., KAMIYA N., GOTO M. 2006. Homogeneous enzymatic reactions in ionic liquids with poly(ethylene glycol)-modified subtilisin. Org. Biomol. Chem. 4(18), 3462-3467.

RAWLINGS N. D., BARRETT A. J. 1995. Evolutionary families of metallopeptidases. Methods. Enzymol. 248, 183-228.

SIEBER S. A., NIESSEN S., HOOVER H. S., CRAVATT B. F. 2006. Proteomic profiling of metalloprotease activities with cocktails of active-site probes. Nat. Chem. Biol. 2(5), 274-281.

SIEZEN R. J., LEUNISSEN J. A. 1997. Subtilases: the superfamily of subtilisin-like serine proteases. Protein. Sci. 6(3), 501-523.

SMITH C. A., TOOGOOD H. S., BAKER H. M., DANIEL R. M., BAKER E. N. 1999. Calcium-mediated thermostability in the subtilisin superfamily: the crystal structure of *Bacillus* Ak.1 protease at 1.8 A resolution. J. Mol. Biol. 294(4), 1027-1040.

SUBBIAN E., YABUTA Y., SHINDE U. 2004. Positive selection dictates the choice between kinetic and thermodynamic protein folding and stability in subtilases. Biochemistry. 43(45), 14348-14360.

SUNG J. H., AHN S. J., KIM N. Y., JEONG S. K., KIM J. K., CHUNG J. K., LEE H. H. 2010. Purification, molecular cloning, and biochemical characterization of subtilisin JB1 from a newly isolated *Bacillus subtilis* JB1. Appl. Biochem. Biotechnol. 162(3), 900-911.

SWENERTON R. K., KNUDSEN G. M., SAJID M., KELLY B. L., MCKERROW J. H. 2010. *Leishmania* subtilisin is a maturase for the trypanothione reductase system and contributes to disease pathology. J. Biol. Chem. 285(41), 31120-31129.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

VÉVODOVÁ J., GAMBLE M., KÜNZE G., ARIZA A., DODSON E., JONES D. D., WILSON K. S. 2010. Crystal structure of an intracellular subtilisin reveals novel structural features unique to this subtilisin family. Structure. 18(6), 744-755.

WONG W., KENNAN R. M., ROSADO C. J., ROOD J. I., WHISSTOCK J. C., PORTER C. J. 2010. Crystallization of the virulent and benign subtilisin-like proteases from the ovine footrot pathogen. Acta. Crystallogr. Sect. F. Struct. Biol. Cryst. Commun. 66, 289-293.

http://merops.sanger.ac.uk/cgi-bin/famsum?family=M10

http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/EC3/4/24/40.html

http://www.mgc.ac.cn/cgi-bin/VFs/vfs.cgi?Genus=Pseudomonas&Keyword=Protease

http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/EC3/4/24/40.html

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Ewa Broda
Stowarzyszenie Studentów Nauk Przyrodniczych
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Mateusz Gortat
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: mgortat@poczta.pl

Dariusz Wolski
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Fizjologii Zwierząt
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: darek.wolski@o2.pl

Przegląd i charakterystyka najczęściej występujących mikotoksyn

A review and characteristic of the most common mycotoxins

Streszczenie

Mikotoksyny jako wtórne metabolity grzybów stanowią coraz częściej przyczyny zatruć u zwierząt. Najczęściej występującymi mikotoksynami są: aflatoksyny, ochratoksyny, fumonizyny oraz trichoteceny, które przyjmowane z paszą mogą przyczyniać się do występowania mikotoksykozy, wpływającej bezpośrednio na zdrowie i produkcyjność zwierząt. Do najczęściej występujących zaburzeń powodowanych przez mikotoksyny zaliczyć można: niewydolność nerek, niewydolność wątroby, działanie teratogenne, karcinogenne, problemy z płodnością, zaburzenia ze strony przewodu pokarmowego, czy też działanie immunosupresyjne. W pracy przedstawione zastały podział i charakterystyka mikotoksyn, zapobieganie występowania i neutralizacja w paszy oraz objawy zatrucia toksynami grzybiczymi.

Słowa kluczowe: mikotoksykozy, aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny, zearalenon

Abstract

Mycotoxins are secondary metabolites of microscopic fungi. They are major cause of animal intoxication, the most common mycotoxins are: aflatoxins, ochratoxins, fumonisins and trichotecenes which cause mycotoxicosis dangerous for animal health and decrease animal production. Mycotoxins can cause fertility problems, immunosupresion, liver and kidney failure and problems with digestive tract. They are also teratogenic and carcinogenic. In this article authors present division and characterisation of the mycotoxins, their toxic effect in animals, prevention and neutralization in feed.

Key words: myxotoxicosis, aflatoxins, ochratoxins, trichotecenes, zearalonenone

Wstęp

Mikotoksyny to toksyczne metabolity wytwarzane przez grzyby mikroskopijne z rodzaju *Aspergillus*, *Claviceps*, *Fusarium* oraz *Penicillium* pasożytujące na zbożach, roślinach uprawnych oraz szeroko pojętych produktach pochodzenia roślinnego. Wytworzenie mikotoksyn jest możliwe w odpowiedniej temperaturze i wilgotności. Rośliny mogą zostać zainfekowane podczas ich uprawy, przechowywania w magazynach lub w trakcie procesów technologicznych, którym są poddawane. Metabolity grzybów wykazują działanie toksyczne dla drobnoustrojów, roślin, zwierząt hodowlanych oraz ludzi. Szereg negatywnych skutków dla zwierząt w postaci zaburzeń rozrodu ma znaczenie ekonomiczne dla hodowców. Do niekorzystnych konsekwencji działania mikotoksyn zaliczyć można: zmniejszenie przyrostów masy ciała, zwiększenia odsetka upadków w stadach, słabsze wskaźniki płodności. Grzyby mikroskopijne wykazują również pozytywne efekty, wytwarzając antybiotyki, będące produktem ich przemian metabolicznych.

Przegląd najczęściej występujących mikotoksyn

Aflatoksyny

Aflatoksyny są produkowane przez grzyby z rodzaju *Aspergillus* (głównie *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasitum*) w temperaturze 23-24˚C i wilgotności 55-80%. Występują na surowych produktach takich jak: zboża, owoce suszone, przyprawy, figi, orzechy (CLOSE, 2013; SELWET, 2010). Zidentyfikowano 20 aflatoksyn, z których 4 występują w produktach spożywczych. Są to aflatkosyna B1, B2, G1, G2 (świecące w UV na zielono i niebiesko) oraz ich metabolity, które występują w mleku zwierząt skarmianych paszą zawierającą aflatoksyny (tab. 1). Mikotoksyny z tej grupy mogą pojawić się w jajach kurzych, przy wysokich poziomach koncentracji w paszy (DIDAWANIA I JOSHI, 2013). Aflatoksyny są odporne na działanie wysokich temperatur, wrażliwe na światło i są dobrze rozpuszczalne w wodzie, co pozwala na ich łatwe przenikanie przez błony komórkowe roślin i zwierząt. Wchłaniane są przez przewód pokarmowy, skórę oraz na drodze aerogennej. Kumulują się w organizmach zwierząt prowadząc do występowania zaburzeń czynnościowych narządów wewnętrznych i wystąpienia objawów klinicznych. Najbardziej wrażliwe zwierzęta na działanie toksyn grzybiczych to: drób, trzoda chlewna, bydło, ryby, psy i koty oraz zwierzęta laboratoryjne. Udowodniono, że zwierzęta monogastryczne takie jak świnie, konie, drób są bardziej wrażliwe niż przeżuwacze. Bydło, owce i kozy mają zdolność do neutralizacji aflatoksyn w żwaczu nawet w 42% (UPADHAJA I IN., 2010). Aflatoksyny jako pochodne difuranokumaryny są najbardziej karcinogennymi związkami wytwarzanymi przez organizmy żywe na świecie. Mają największe powinowactwo do tkanek wątroby. Objawami ostrego zatrucia są: letarg, ataksja, nagłe pogorszenie wyglądu okrywy włosowej, powiększenie i stłuszczenie wątroby (sekcyjnie blada z hipertrofią przewodów żółciowych). Atakują wątrobę, działając hepatotoksycznie (prowadząc do marskości wątroby) oraz mają działanie karcinogenne. Objawy kliniczne, jakie obserwujemy to całkowity brak apetytu bądź zmniejszone pobieranie paszy, co ma konsekwencje w postaci zmniejszenia przyrostów młodych zwierząt oraz utraty masy ciała u zwierząt dorosłych (WACCO I IN., 2014). U bydła zauważalna jest zmniejszona produkcja mleka (DIDAWANIA I JOSHI, 2013). Niskie poziomy aflatoksyn przyjmowane przez zwierzęta objawiają się zwiększona wrażliwością stada na choroby oraz nieskuteczność

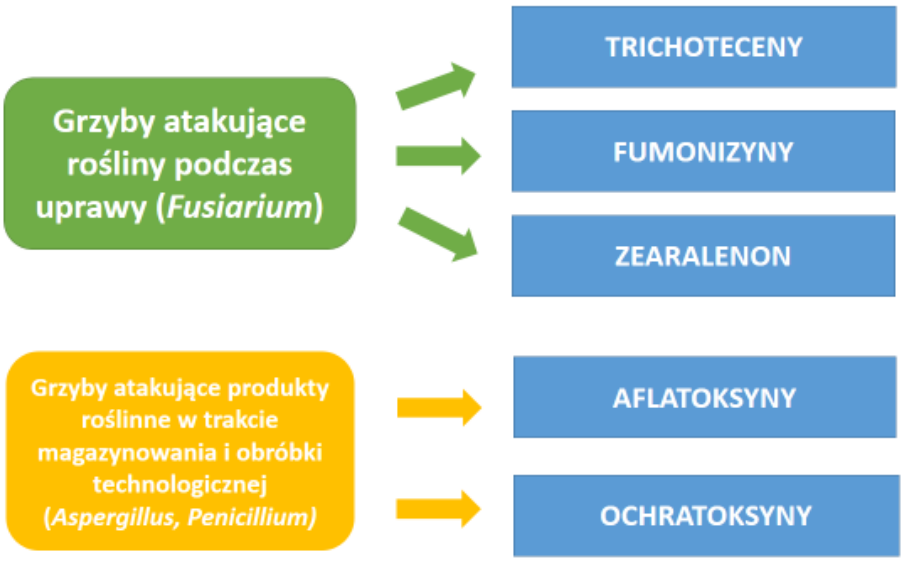
www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

szczepień (wytworzenie niepełnej odporności) – obserwowane szczególnie u drobiu, świń i bydła (UPADHAJA I IN., 2010). Chroniczne przyjmowanie aflatoksyn (głównie AFB1) w paszy powoduje osłabienie układu immunologicznego, co zwiększa szanse na wystąpienie chorób wirusowych i bakteryjnych (RAZZAGHI-ABYANEH I IN., 2014). Leczenie zatruć aflatoksynami opiera się na odstawieniu paszy zanieczyszczonej toksynami, podawanie witaminy E i selenu oraz leczeniu objawowym (KANORA I MAES, 2009).

Ochratoksyny

Ochratoksyny wytwarzane są przez grzyby *Penicillium verrucosu*, w klimacie chłodnym, umiarkowanym oraz przez niektóre gatunki *Aspergillus*, w klimacie ciepłym i tropikalnym. Optymalna temperatura dla wzrostu grzybów produkujących te toksyny to 12-37°C przy wilgotności co najmniej 17%. Najczęściej występuje ochratoksyna A (OTA), ponadto występują ochratoksyny B i C (CZABAN I IN., 2006). Mikotoksyny te powstają podczas nieodpowiedniego magazynowania surowca roślinnego - zbyt duża wilgotność i wysoka temperatura. Ochratoksyny występują na zbożach, przyprawach, ziarnach kawy oraz w suszonych owocach (tab. 1). Mogą one również pojawiać się na ziarnach fasoli, ziarnach kakaowca, soi oraz ciecierzycy (POKRZYWA I IN., 2007). Najbardziej wrażliwe zwierzęta na ochratoksyny to drób oraz trzoda chlewna. Zawartość ochratoksyn na poziomie 5-20 mg/kg paszy powoduje wystąpienie redukcję masy ciała, przyjmowanie większych dawek prowadzi do wystąpienia immunosupresji (UPADHAYA I IN., 2010). Toksyny te wchłaniają się z przewodu pokarmowego zwierząt i ulegają szybkiej dystrybucji. Przy ostrych zatruciach może dochodzić do zaburzeń koordynacji ruchowej oraz nagłych upadków zwierząt. Ochratoksyna A odkłada się w nerkach i wątrobie oraz ma silne działanie hepatotoksyczne i nefrotoksyczne. W nerkach powoduje martwicę tkanki podstawnej nefronu (ZACHARIASOVA I IN., 2014). Prowadzi to do poważnej dysfunkcji tego narządu. Wywołane zmiany mogą mieć charakter ostry lub przechodzić w formę chroniczną, w zależności od stopnia ekspozycji (MILIĆEVIĆ I IN., 2008). Ochratoksyny kumulują się w mięsie i produktach pochodzenia zwierzęcego, co stwarza



Rys. nr 1. Podział mykotoksyn ze względu na miejsce i czas rozwoju.

zagrożenie dla konsumentów. Przyjmowanie z pokarmem tego rodzaju mikotoksyn prowadzi do rozwoju nefropatii ochratoksynowej u ludzi (PERAICA I IN., 1999). Przeżuwacze mają zdolność do rozkładania ochratoksyny A przez swoistą mikroflorę w przewodzie pokarmowym, dlatego zatrucia ochratoksyną są rzadsze u bydła niż u innych gatunków zwierząt gospodarskich (PAKTAMAN I IN., 2013).

Trichoteceny

Trichoteceny to toksyny produkowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, w temperaturze 8-25°C i przy wilgotności 20%. Do trichotecenów zaliczamy 200 różnych toksyn, jednak najważniejsze z nich to deoksyniwalenol (DON), niwalenol (NIV), toksyna T2 oraz toksyna HT2 (McKORMICK I IN., 2011). Wszystkie z nich występują na zbożach i jego przetworach. Trichoteceny są toksyczne dla trzody chlewnej, drobiu, koni oraz bydła. Do zakażenia może dochodzić drogą pokarmową, oddechową, a także przez skórę. Trichoteceny mogą powodować uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, szpiku kostnego, a także wpływać niekorzystnie na narządy miąższowe (BALAS, 2006).

Deoksyniwalenol (inaczej womityna) oraz niwalenol powodują w pierwszej kolejności utratę łaknienia, a następnie wymioty i biegunkę. Przy dłuższym przyjmowaniu występuje także zapalenie skóry i tkanek podskórnych, a także mogą pojawić się krwotoki w narządach wewnętrznych (żołądku, jelitach, płucach czy nerkach). Ostre zatrucie prowadzi do zatrzymanie krążenia i śmierci. Jednym z typowych objawów zatrucia u bydła jest zmniejszenie produkcji mleka (HALLEN-ADAMS I IN., 2011; WHITLOW I HAGLER., 2005; PAKTAMAN I IN., 2013).

Toksyna T2 – zatrucia objawiają się zmniejszonym przyjmowaniem paszy, bólami brzucha, zapaleniem żołądka (u przeżuwaczy mogą powodować wrzody w przedżołądkach) i krwawieniem z przewodu pokarmowego. Toksyna T2 powoduje zaburzenia w rozrodzie. Wysokie stężenia tej mikotoksyny wywołują niepłodność, ronienia oraz mumifikacje płodów (BENNET I KLICH, 2003). Regularne pobieranie toksyny T2 z paszą prowadzi do zatrzymania syntezy DNA i RNA w skórze, przewodzie pokarmowym i szpiku kostnym, co powoduje żywieniową toksyczną aleukię (WHITLOW I HAGLER., 2005). Immunosupresyjne działanie tej toksyny nie jest do końca poznane, przypuszcza się, że toksyna T2 jest inhibitorem biosyntezy makromolekuł układu immunologicznego. Jako jedna z niewielu mikotoksyn nie ma działania karcinogennego (DIDAWANIA I JOSHI, 2013).

Fumonizyny

Fumonizyny – związki wytwarzane przez grzyby z rodzaju *Fusarium spp.* i *Alternaria spp.* Jak do tej pory zidentyfikowano 12 fumonizyn, podzielono je na grupy A, B, C oraz P (OANCEA I STOIA, 2008). Najczęściej występującą i najbardziej toksyczną jest fumonizyna B1. Do rozwoju grzybów na roślinach potrzebne są odpowiednie warunki – temperatura powyżej 20°C i duża wilgotność przez co najmniej 48 h. Grzyby wytwarzające fumonizyny infekują głównie kukurydzę i ryż (AMMAR I EL-NAGGAR, 2014, 2014). Zwierzęta skarmiane zanieczyszczonymi paszami wydalają toksyny z mlekiem (tab. 1). Najgroźniejsze są dla koni, u których przy skarmianiu w paszy na poziomie 8 ppm przez 7-35 dni przyczyniają się do rozwoju leukoencefalomalacji (ELEM), a w konsekwencji do upadków zwierząt. U trzody chlewnej powodują wodopiersie, obrzęk płuc i mózgu, co może być bezpośrednią przyczyną upadków tych zwierząt. U wszystkich gatunków zwierząt i człowieka

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNPP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

działają hepatotoksycznie, nefrotoksycznie, neurotoksycznie i immunotoksycznie (tab. 2). U przeżuwaczy objawy są łagodniejsze, ponieważ są one mniej wrażliwe na fumonizyny (KOLENDA I MROCZKOWSKI, 2013; BENNET I KLICH, 2003; SELWET, 2010).

Patulina

Patulina produkowana jest przez wiele gatunków grzybów z rodzaju *Penicillium* i *Aspergillus*. Występuje głównie na jabłkach, gruszkach (oraz w ich przetworach). Toksyna ta może występować również na owocach dotkniętych brązową zgnilizną (AMMAR I IN., 2014; GRAJEWSKI I IN., 2012), (tab. 1). Patulina wywołuje u zwierząt i ludzi zatrucia o przebiegu ostrym (rzadko), podostrym (objawy z przewodu pokarmowego) oraz przewlekłym. Długotrwałe przyjmowanie patuliny z pokarmem może działać karcinogennie i teratogennie. Nowotwory rozwijają się najczęściej w obrębie wątroby i nerek (tab. 2). Mikotoksyna ta działa również toksycznie na układ immunologiczny, co powoduje spadek odporności i zwiększone ryzyko zapadalności na inne choroby (POKRZYWA I IN., 2007).

Zearalenon

Zearalenon (ZEN) jest mikotoksyną wytwarzana przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. ZEN to lakton kwasu rezorcynowego – związek ten zaliczamy do fitoestrogenów, co w praktyce oznacza szczególny wpływ na rozrodczość ludzi i zwierząt. Działanie zearalenonu jest kilka razy silniejsze niż w przypadku naturalnego estrogenu (GAJĘCKI I GAJĘCKA, 2013). Optymalna temperatura do wzrostu grzybów z rodzaju Fusarium to 25°C oraz wilgotność 16%. Najczęściej zainfekowane rośliny przez grzyby wytwarzające ZEN to kukurydza, soja, owies, sezam i ryż. Najbardziej wrażliwe na działanie zearalenonu zwierzęta to trzoda chlewna, małe i duże przeżuwacze oraz drób (KOLENDA I MROCZKOWSKI, 2013). Objawy zatrucia wiążą się z zaburzeniami układu rozrodczego. U macior przy poziomie ZEA 6 mg/kg w paszy, obserwujemy obrzęk narządów rodnych, objawy podobne do rui oraz przedłużającą się ruję, pogrubienie ściany macicy, wczesną resorpcję zarodków, poronienia, mumifikacje płodów, mało liczne i słabo żywotne mioty, bezmleczność loch, atrofię jajników. U macior skarmianych paszą z zawartością ZEA 100 mg/kg paszy, występuje bezpłodność. U młodych loszek, które pobierają zearalenon z mlekiem matki może dochodzić do immunosupresji, obrzęku i zaczerwienienia sromu, a nawet do martwicy ogona. U samców występuje zespół feminizacji oraz przerost gruczołu mlekowego (KANORA I MAES, 2009; TRUSZCZYŃSKI I PEJSAK, 2010). Małe i duże przeżuwacze, zatrucie ZEA manifestują zaburzeniami płodności i przedłużeniem rui (ZACHARIASOVA I IN., 2014). Efekt jaki wywołają te mikotoksyny u zwierząt zależy od poziomu zanieczyszczenia, wieku, płci oraz stanu ogólnego zwierząt. Zaburzenie rozrodu mogą mieć inne podłoże, dlatego przeprowadzenie szczegółowego wywiadu i prześledzenie historii stada jest kluczowe, aby rozważać zatrucie ZEA (JĘDRYCZKO, 2016).

Zapobieganie powstawania i rozwoju mikotoksyn

Dobra praktyka rolnicza jest kluczowym czynnikiem dla zapobieganie występowania mikotoksyn. Dobór gatunków odpornych, bądź mało wrażliwych na porażenie grzybami mikroskopijnymi, zachowanie zasady płodozmianu, nie pozostawianie zainfekowanych grzybami roślin na polu, stosowanie środków ochrony roślin to pierwsze kroki do „zdrowych plonów". Następny punkt

MIKOTOKYSNA	GATUNEK GRZYBA	WYSTĘPOWANIE
Aflatoksyna B1, B2, G1, G2	*Aspergillus arachidicole* *Aspergillus flavus* *Aspergillus nomius* *Aspergillus parasiticus*	orzechy, kukurydza, pszenica, ryż, przyprawy, migdały, suszone owoce, mięso, jaja
Aflatoksyny M1, M2	metabolity aflatoksyn B1 i B2	mleko
Ochratoksyny A,B,C	*Aspergillus niger* *Aspergillus ochraceus* *Aspergillus pseudolegans* *Aspergillus sclerotiorum* *Penicillum verrucosum* *Penicillum cyclopium*	zboża nieprzetworzone, ziarna kawy, owoce, przyprawy, wino
Fumonizyna B1	*Alternaria Alternata* *Fusarium moniliforme* *Fusarium dlamini* *Fusarium proliferatum* *Fusarium nygamai* *Fusarium verticillioides*	kukurydza i jej przetwory, ryż , mleko
Patulina	*Aspergillus clavatus* *Aspergillus expnsum* *Aspergillus terreus* *Penicillium griseofulvum* *Byssochlamys sp.*	jabłka, gruszki, wiśnie, winogron, płatki zbożowe
Trochoteceny T-2, HT-2, DON, NIV	*Fusarium sporotrichoides* *Fusarium poae* *Fusarium culmorum* *Fusarium equiseti* *Fusarium graminearum* *Cephalosporium sp.*	pszenica, kukurydza, płatki zbożowe
Zearalenon	*Fusiarium culmorum* *Fusarium crokwellense* *Fusarium equiseti* *Fusarium graminearum*	kukurydza, ryż , pszenica, owies, sezam, soja

Tab. 1. Występowanie mikotoksyn (AMMAR I EL-NAGGAR, 2014; DE MEDEIROS I IN., 2012; SELWET, 2010).

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

MIKOTOKSYNA	WRAŻLIWE GATUNKI ZWIERZĄT	OBJAWY I DZIAŁANIE
Aflatoksyny	drób trzoda chlewna(głównie młode) bydło (dorosłe i cielęta) owce ryby psy	mutagenne karcinogenne teratogenne immunosupresyjne hepatotoksyczne i nefrotoksyczne krwawienia z PP
Ochratoksyny	drób trzoda chlewna szczury psy	mutagenne karcinogenne teratogenne immunosupresyjne hepatotoksycznie i nerfotoksyczne
Trichoteceny	konie bydło drób trzoda chlewna koty i psy szczury	mutagenne immunosupresyjne neurotoksyczne krwawienie z PP
Fumonizyny	konie trzoda chlewna szczury	Leukoencefalomalacja u koni ELEM immunotoksyczne hepatotoksyczne obrzęk mózgu i płuc u świń neurotoksyczne
Patulina	drób bydło króliki koty	immunosupresyjne karcinogenne zapalenie żołądka obrzęk płuc i mózgu drgawki, paraliż
Zearalenon	drób trzoda chlewna bydło, owce szczury, myszy	obrzęk narządów rozrodczych wczesna zamieralność zarodków poronienia mumifikacja płodów mioty słabe niepłodność przerost gruczołu mlekowego u samców feminizacja samców

Tab. 2. Objawy zatrucia mikotoksynami (KANNORA I MAES, 2009; BENNET I KLICH, 2003; CLOSE, 2013).

krytyczny to magazynowanie, przetwarzanie i dystrybucja. Częste czyszczenie i dezynfekcja magazynów zapobiegają rozwojowi grzybów. Występowanie mikotoksyn na produktach zbożowych można ograniczyć poprzez wysuszenie ziarna po zbiorze do 14% wilgotności i przechowywanie w niskich temperaturach. Usunięcie uszkodzonych ziaren, części roślin oraz stosowanie środków konserwujących ziarno (kwas propionowy, askorbinowy, octowy i amoniak) również przeciwdziała rozwoju niepożądanych grzybów na płodach rolniczych (DE MEDEIROS I IN., 2012; KOBRAS I HOROSZKIEWICZ-JANKA, 2007).

Stosowanie w paszach binderów mikotoksyn (substancje wiążące mikotoksyny) prowadzi do dezaktywacji toksyn. Dostępne są dodatki w postaci bantonitów, glikorzemianów sodu i wapnia, które wiążą aflatoksyny B1 w 100%, ale ich działanie wiążące w stosunku zearalenonu i ochratoksyn nie jest zadowalające (DE MIL I IN., 2015), dla trichotecenów nie wykazują działania wiążącego. Alternatywną metodą jest użycie mikroorganizmów i enzymów, które przeprowadzają detoksykację mikotoksyn na drodze biotransformacji. Zaliczamy do nich *Eubacterium spp.* (rozkłada DON), drożdże *Trichosporon mycotoxinicorans* MTV (dezaktywacja ZEA i OCH), enzymy rozkładające fumonizyny FUMzyme (FDE). Problem stanowi jedynie fakt, iż nie ma uniwersalnego bindera, który wiązałby wszystkie rodzaje mikotoksyn (WHITLOW I HAGLER, 2005; MAYR I IN., 2013; YU, 2012).

Ze względu na oddziaływanie mikotoksyn na zdrowie człowieka, wprowadzone zostały systemy monitoringu i oceny zawartości toksyn w produktach roślinnych i zwierzęcych na każdym etapie produkcji. Najważniejszym systemem dla bezpieczeństwa żywności jest HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) – analiza zagrożeń i krytycznych punktów kontroli. Wykrywa i eliminuje zagrożenia na etapie przygotowania, produkcji i magazynowanie żywności. Składową HACCP jest GMP (zbiór zasad, które są wprowadzane na wszystkich etapach produkcji, a ich przestrzeganie zapewnia właściwą jakość zdrowotną) i GHP (czyli dobra praktyka higieniczna, określa zasady sanitarne i higieniczne zakładów) (PŁAWIŃSKA-CZARNAK I ZARZYŃSKA, 2010; SIERAKOWSKI, 2015). Aktualnym aktem prawnym obowiązującym w Polsce w zakresie zanieczyszczenia środków spożywczych, w tym zanieczyszczenia roślin uprawnych oraz ziarna zbóż jest Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006. Mówi ono o najwyższych dopuszczalnych limitach zanieczyszczeń w środkach spożywczych, w tym mikotoksyn w produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (DZ. URZ. WE L 364 z dnia: 20.12.2006).

Podsumowanie

Chemicznie scharakteryzowano 300 mikotoksyn, z czego 20 to substancje występujące na artykułach spożywczych, co ma duże znaczenie dla bezpieczeństwa żywności. Wpływ mikotoksyn na zdrowie ludzi i zwierząt jest bardzo zróżnicowany, w głównej mierze zależy od rodzaju, dawki oraz czasu przyjmowania mikotoksyny z pożywieniem lub paszą. Schorzenia powstające u zwierząt w konsekwencji przyjmowania mikotoksyn są niekorzystne ekonomicznie - mniejsza wydajność zwierząt, zaburzenia rozrodu, upadki, niezdatność do spożycia przez ludzi i inne zwierzęta z powodu bezpośredniego narażenia na mikotoksyny znajdujące się w mięsie zwierząt chorych. Sposobem na uniknięcie zatrucia jest zapobieganie wystąpienia grzybów na roślinach już na etapie wzrostu, bądź szybkie wykrywanie i eliminacja skażonych produktów. Niezwykle istotne są działania profilaktyczne zmierzające do minimalizacji

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNPP.ORG.PL

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

powstawania i rozwoju mykotoksyn na produktach żywnościowych i paszach, dzięki czemu można ograniczać w znaczący sposób rozwój mikotoksykoz przez nie powodowanych.

Literatura

AMMAR M.I., EL-NAGGAR M.A. 2014. Screening and characterization of fungi and their associated mycotoxins in some fruit crops. International Journal of Advanced Research. 2, 1216-1227.

BALAS J. 2006. The mycotoxins as a source of contamination of food and fodder of plant origin. Postępy Fitoterapii. 2, 98-104.

BENNET J.W., KLICH M. 2003. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. 16, 497-516.

CLOSE W. H. 2013. Mikotoksyny w produkcji trzody chlewnej- konsekwencje i kontrola. Choroby świń – monografia 2013. 533-538.

CZABAN J., WRÓBLEWSKA B., STOCHMAL A., JANDA B. 2006. Growth of *Penicillium verrucosum* and production of ochratoxin A on nonsterilized wheat grain incubated at different temperatures and water content. Polish Journal of Microbiology. 55, 321-331.

DE MEDEIROS F.H.V., MARINS S.J., ZUCCHI T.D., DE MELO I.S., BATISTA L.R., MACHADO J.C. 2012. Biological control of mycotoxin- producing molds. Cienc. Agrotec., Lavras. 36, 483-497.

DE MIL T., DEVREESE M., DE BAERE S., VAN RANST E., EECKHOUT M., DE BACKER P., CROUBELS S. 2015. Characterization of 27 mycotoxin binders and the relation with *in vitro* Zearalenone Adsorption at a single concentration. Toxins. 7, 21-33.

DIDAWANIA N., JOSHI M. 2013. Mycotoxins: A critical review on occurrence and significance. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5, 1014-1019.

GAJĘCKI M., GAJĘCKA M. 2013. Mikotoksyny w produkcji trzody chlewnej- konsekwencje i kontrola. Choroby świń- monografia 2013. 539-542.

GRAJEWSKI J., BŁAJET-KOSICKA A., TWARUŻEK M., KOSICKI R. 2012. Occurence of mycotoxins in Polish animal feed in years 2006-2009. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 96, 870-877.

HALLEN-ADAMS H.E., WENNER N., KULDAU G.A., TRAIL F. 2011. Deoxynivalenol biosynthesis- related gene expression during wheat kernel colonization by *Fusarium graminearum.* Phytopathology. 101(9), 1091-1096.

JĘDRYCZKO R. 2016. Dlaczego warto przeprowadzać badania? Interpretacja wyników badań. Mikotoksyny. Weterynaryjna Diagnostyka Laboratoryjna w Giertrzwałdzie. http://vetlabgroup.pl/artykuly/mikotoksyny-interpretacja-wynikow-badan/ (dostęp: maj 2016 r.)

KANORA A., MAES D. 2009. The role of mycotoxins in pig reproduction: a review. Veterinarni Medicina. 54, 565-576.

KOBRAS M., HOROSZKIEWICZ-JANKA J. 2007. Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego. Progress in Plant Protection. 47(2), 141-148.

KOLENDA M., MROCZKOWSKI S. 2013.*Fusarium mycotoxins* and methods of assessing the mycotoxicity: a review. Journal of Central European Agriculture. 14, 169-180.

McCORMICK S.P., STANLEY A.M., STOVER N.A., ALEXANDER N.J. 2011. Trichotecenes: From simple to complex mycotoxins. Toxins. 3, 802-814.

MILIćEVIć D., JURIć V., STEFANOWIć S, JANOVIć M., JANKOVIć S. 2008. Survey of Slaughtered Pigs for Occurrence of Ochratoxin A and Porcine Nephropathy in Serbia. International Journal of Molecular Sciences. 9, 2169-2183.

OANCEA S., STOIA M. 2008. Mycotoxins: A review of toxicology, analytical methods and health risks. Acta Universitatis Cibininesis Series E: Food technology XII. 19-36.

PAKTAMAN B. S., MOHAMMADI GOLTAPETH E., ALLAMEH A. A. ALIZADEH A. 2013, Production of deoxynivalenol by *Fusarium graminearum* Schwabe in culture and its toxicity to wheat germlings in relation to virulence. African Journal of Agricultural Research. 8, 3598-3603.

PERAICA M., RADIĆ B., LUCIĆ A., PAVLOWIĆ M. 1999. Toxic effects of mycotoxins in humans. Bulletin of World Health Organization. 77, 754-766.

POKRZYWA P., CIESLIK E., TOPOLSKA K. 2007.Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. Żywność, nauka, technologia, jakość. 3(52), 139-146.

PŁAWIŃSKA-CZARNAK J., ZARZYŃSKA J. 2010. Mikotoksyny w żywności pochodzenia zwierzęcego. Mikologia Lekarska. 2, 128-133.

RAZZAGHI-ABYANEH M., CHANG P.K., SHAMS-GHAHFAROKHI M., RAI M. 2014. Global health issues of aflatoxins in food and agriculture: challenges and opportunities. Front Microbiology. 5, 420.

ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006r. Ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. L364, 5-24.

MAYR G., SCHWARTZ H., NAHRER K., MOLL D. 2013. Mikotoksyny w produkcji trzody chlewnej- konsekwencje i kontrola. Choroby świń- monografia 2013. 543-545.

SELWET M. 2010. Negatywne aspekty występowania wybranych mikotoksyn w paszach. Wiadomości Zootechniczne R. XLVIII. 9-13.

SIERAKOWSKI M. 2015. Standardy jakości żywności zabezpieczeniem przed mikotoksynami. Fides El Ratio. 2(22), 215-231.

TRUSZCZYŃSKI M., PEJSAK Z. 2010. Mycotoxins as a cause of immunosupression in swine. Veterinarni medicina. 66, 435-438.

UPADHAYA S.D., PARK M.A., JONG K. HA. 2010. Mycotoxins and their biotransformation in the rumen: a review. Asian-Aust. j. Anim. Sci. 23, 1250-1260.

WACOO A.P., WENDIRO D., VUZI P.C., HAWUMBA J.F. 2014. Methods for detecion of aflatoxins in agricultural food crops. Journal of Applied Chemistry 2014. http://dx.doi.org/10.1155/2014/706291 (dostęp: maj 2016 r.)

WHITLOW L.W., HAGLER W. M. Jr. 2005.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnpp.org.pl

Mycotoxins: A review of dairy Concerns. Mid-South Ruminant Nutrition Conference. 47-58.

YU J. 2012. Current understanding of aflatoxin biosynthesis and future perspective in reducing aflatoxin contamination. Toxins. 4, 1024-1057.

ZACHARIASOVA M., DZUMAN M., VERIKOVA Z., HEJKOVA K., JIRU., VACLAVIKOVA M., ZACHARIASOVA A.., OSICHALOVA A., FLORIAN M., HAJSLOVA J. 2014. Occurrence of multiple mycotoxins in European feedingstuffs, assessment of dietary intake by farm animals. Animal Feed. Science and technology. 193, 124-140.

WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL 2 (12)/2016 WWW.NAUKIPRZYRODNICZE.SSNP.ORG.PL

Nauki Przyrodnicze

Warunki publikacji

1. Czasopismo działa w systemie Open Acces.

2. Redakcja szczególnie jest zainteresowana artykułami z następujących dziedzin nauk przyrodniczych: agrobioinżynierii, biochemii, biologii, biotechnologii, chemii, ekologii, farmacji, medycyny, ochrony środowiska, ogrodnictwa, technologii przetwórstwa żywności, toksykologii, zoologii, zootechniki, żywienia człowieka i inne.

3. Tekst musi zwierać następujące informacje: tytuł pracy, imię (w pełnym brzmieniu) i nazwisko(a) autora(ów), nazwę i adres zakładu pracy (w przypadku uczelni: nazwę uczelni, wydział, katedrę/za- kład/ instytut, adres), adres poczty elektronicznej (e-mail).

4. Do pracy należy dołączyć krótkie (nieprzekraczające 300 wyrazów) streszczenie w jęz. angielskim (wraz z tytułem) i polskim, informujące o zasadniczej jej treści. Dodatkowo w obu językach należy podać maksymalnie 5 słów kluczowych.

5. Czasopismo publikuje prace w języku polskim lub angielskim.

6. Tekst:
- musi zawierać wstęp, podsumowanie/wnioski i literaturę oraz podział tekstu właściwego na nagłówki;
- czcionka Times New Roman;
- odstępy między wierszami: 1;
- bez używania wyróżnień (np. podkreślenia), z wyjątkiem kursywy;
- wyraźne odznaczenie tytułów i nagłówków bez ich centrowania;
- zaznaczenie akapitów;
- wszystkie śródtytuły bez numeracji, czcionką tej samej wielkości;
- cytowane w tekście prace zaznaczamy przez podanie nazwiska autora(ów) (pisanych kapitalizowanymi literami) i roku publikacji w nawiasie półokrągłym, np. (BORKOWSKI, 2013); (FORNALIK I IN., 2011);
- cytowaną literaturę należy zestawić na końcu maszynopisu bez numeracji, w alfabetycznej kolejności, według nazwisk autorów, w następujących formatach:

artykuł:
TAMASKI J. S., ZOMBAN M. 1999. Jak pisać artykuł. Nauki Przyrodnicze. 1, 11-15.
rozdział:
GORTAT M. 2012. Fityniany – substancje antyodżywcze w żywieniu ludzi i zwierząt.[W:] Toksyczne substancje chemiczne. LIPIŃSKI W. (red.). Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATUM., Radom. 107-127.
książka:
SEIDENSTICKER J. 1992. Wielkie koty, królewskie stworzenia dzikiego świata. Elipsa.Warszawa. 100-115.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Nauki Przyrodnicze

Warunki publikacji

7. Rysunki, schematy i fotografie:
- mają być wykonane w jednym z formatów: *.cdr, *.eps, *.tif, *.psd i dostarczone jako osobne pliki wraz ze zbiorem tekstowym. Redakcja nie przyjmuje figur w formacie: .doc czy .rtf;
- opisy na rysunkach powinny być wykonane czcionką odpowiedniej wielkości, nie mniejszą niż 12 punktów;
- podpisy pod rycinami powinny być zamieszczone na końcu artykułu na osobnej stronie;
- redakcja zaznacza sobie prawo odmówienia przyjęcia artykułu z uwagi na nieczytelny rysunek;
- autor artykułu oświadcza, że ma prawa autorskie do publikowanej grafiki;
- w przypadku, gdy Autorzy zamierzają włączyć do swego artykułu ilustracje publikowane przez autorów cytowanych prac oryginalnych, należy uzyskać z wydawnictwa zgodę na przedruk;

8. Do pracy należy dołączyć list przewodni, podpisany przez wszystkich autorów, zawierający następujące informacje (wzory pism znajdują się na stronie www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl):
- oświadczenie o oryginalności artykułu i nieskładaniu analogicznej pracy do druku w innym czasopiśmie;
- określenie wkładu poszczególnych autorów w powstanie tekstu;
- informacje o źródłach finansowania (np. grant) w przypadku prac oryginalnych (podpisanie zgody na opublikowanie artykułu).

9. Autorzy są zobowiązani do wykonania korekty artykułu i zwrotu poprawionego tekstu wiadomością e-mail do Redakcji w ciągu 4 dni od chwili otrzymania.

10. Przyjęcie pracy do druku jest równoznaczne z przeniesieniem przez Autora (Autorów) praw autorskich na rzecz Wydawcy.

11. Recenzja artykułu:
- do każdej oceny powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów;
- rekomendowanym rozwiązaniem jest model, w którym autor(rzy) i recenzenci nie znają swoich tożsamości (tzw. „double-blind review proces”);
- ma mieć formę pisemną i kończyć się jednoznacznym wnioskiem co do dopuszczenia artykułu do publikacji lub jego odrzuceniu.

12. Kontakt z Redakcją:
Stowarzyszenie Studentów Nauk Przyrodniczych
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
e-mail: kontakt@ssnp.org.pl
Redaktor naczelny: Mateusz Gortat, tel. 661 657 875

13. Artykuły prosimy nadsyłać na adres e-mail: kontakt@ssnp.org.pl

14. Autor ponosi koszty wszystkich pozytywnych recenzji w wypadku nie naniesienia poprawek do artykułu, co skutkuje brakiem możliwości publikacji.

Nauki Przyrodnicze

Acceptance rules of article to publish

1. The academic journal functions in Open Access system.

2. The editorial office is particularly interested in the articles concerning the following branches of natural science: agrobioengineering, biochemistry, biology, biotechnology, chemistry, ecology, pharmacy, medicine, environmental protection, horticulture, food processing technology, toxicology, zoology, zootechnics, human nutrition etc.

3. The text must contain the following information: the title of paper, full name and surname(s) of author(s), the name and address of workplace (in case of collage: the name of collage, faculty, department/section/institute, address), e-mail.

4. It is obligatory to include a short (up to 300 words) summary (with the title) in English and Polish, informing about the basic content of the paper. Additionally, up to five key words in English and Polish must be added.

5. The text:

- must contain an introduction, conclusion(s), references and a division of the main text into section headings;
- Times New Roman font;
- line spacing: 1;
- cannot contain highlighting (such as underlying), using italics is an exception;
- clear distinction of titles and headers, without centering of the text;
- marking paragraphs (indention);
- all the subheadings must be without numeration and with the same font size;
- indicating the relevant reference in the cited text needs to be done by providing surname(s) of author(s) (all letters capitalized) and a year of publication in round brackets, e.g. (BORKOWSKI, 2013); (FORNALIK ET. ALL, 2011);
- the cited literature needs to be arranged in the end of typescript, without numeration, in the alphabetic order according to surnames of the authors, in the following way:

the paper:

Makarski B., Gortat M. 2011. Effect of supplementation with copper in different chemical forms on selected physiological blood markers and content of minerals In selected tissues of turkeys. J. Elem. 16/4: 591-602, DOI - 10.5601/jelem.2011.16.4.08.

section:

Kulus D. 2014a. Biotechnological methods of ornamental plants reproduction. [In:] Jakość życia w badaniach młodych naukowców. Mucha-Szajek E. (ed.). Instytut Naukowo Wydawniczy Maiuscula. Poznań. 87-104.

book:

Sharma P. 2010. Emerging biotech business opportunities. Biotech Consortium India. 33-43.

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl 2 (12)/2016 www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl

Nauki Przyrodnicze

Acceptance rules of article to publish

6. Drawings, diagrams and photographs:
- need to be provided in one of the following formats: *.cdr, *.eps, *.tif, *.psd and delivered as separate files with the text concerning them. The editorial office does not accept the files presented in .doc and .rtf format;
- descriptions on the drawing should be presented with the adequate font size (no less than 12);
- signatures under the drawing should be placed in the end of the article on a separate page;
- the editorial office reserves the right to refuse acceptance of the article due to unclear drawing;
- author of the article declares having copyright to the published graphics;
- if the authors intend to include in the article the illustrations of the cited authors of original works, the permission of the publisher to reprint the illustrations must be obtained.

7. Covering letter, signed by all the authors, needs to be included with the paper and should contain the following information:
- the statement about the originality of the article and not submitting the similar paper for publication in another journal;
- defining the contribution of individual authors in the creation of the text;
- information about the source of funding (e. g . grant) in the case of original works (signing permission to publish the article). The sample is available at www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl.

8. The authors are obliged to do proofread of the article and return the revised text via e-mail to the editorial office within four days from the date of receiving the article.

9. Acceptance for publication is tantamount to the transfer of copyright from the author(s) to the publisher.

10. The review of article:
- for each assessment at least two independent reviewers are appointed;
- the recommended solution is "double-blind evaluation process" in which both the reviewers and the authors do not know each other's identity;
- is to be prepared in written form with the conclusion in the end which specify whether the article is going to be published or refused.

11. Contact:
Students Association of Natural Sciences
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
e-mail: kontakt@ssnp.org.pl
Editor in Chief: Mateusz Gortat, tel. 661 657 875

12. Please, send your article to the following e-mail: kontakt@ssnp.org.pl

13. The author bears the costs of all the positive reviews in the case of not making corrections to the article, as a result the article will not be approved for publication.

Stowarzyszenie Studentów
Nauk Przyrodniczych

www.ssnp.org.pl

www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl