

Strategiczne kierunki rozwoju produkcji zwierzęcej uwarunkowane oczekiwaniem społecznym, ochroną środowiska i dobrostanem zwierząt

¹Jędrzej Krupiński, ²Jarosław O. Horbańczuk, ³Roman Kolacz, ⁴Zygmunt Litwińczuk, ⁵Jan Niemiec, ⁶Adam Zięcik

¹Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa,

²Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu, ³Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,

⁴Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ⁵Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,

⁶Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

Abstrakt. W pracy odniesiono się do zagadnień związanych z wykorzystaniem zaawansowanych technologii molekularnych w genetycznym doskonaleniu cech produkcyjnych i funkcjonalnych zwierząt gospodarskich. Przedstawiono najnowsze metody badania asocjacji markerów genetycznych z cechami produkcyjnymi i funkcjonalnymi (mikromacierze SNP – single nucleotide substitution) oraz sekwencjonowania następnej generacji (next generation sequencing), nowe technologie (GWAS – genome-wide association study), techniki molekularne (transkryptomika, proteomika, metabolomika), rozwój nutrigenomiki i farmakogenomiki.

Omawiając możliwości kształtowania jakości surowców i produktów zwierzęcych w aspekcie oczekiwań konsumentów zwrócono szczególną uwagę na wykorzystanie metod żywieniowych dla wzbogacania surowców i produktów zwierzęcych w składniki bioaktywne, zwiększenie zawartości bioaktywnych składników mleka w aspekcie zdrowia konsumentów oraz ocenę ryzyka związanego z wykorzystaniem roślin GMO w żywieniu zwierząt.

Wiele miejsca poświęcono wykorzystaniu metod biotechnologii w hodowli, farmacji i biomedycynie, zwłaszcza do celów ksenotransplantacji i wytwarzania biofarmaceutyków.

Poruszono zagadnienia dotyczące zachowania bioróżnorodności zwierząt metodami *in situ* i *ex situ* w warunkach zrównoważonego rolnictwa.

Zwrócono również uwagę na elementy kształtowania nowoczesnej produkcji zwierzęcej, uwzględniające ochronę środowiska i podwyższony dobrostan zwierząt.

Wskazano, że główny cel strategiczny rozwoju produkcji zwierzęcej w naszym kraju dotyczy modyfikacji metod produkcji zwierzęcej, uwzględniających zaawansowane technologie molekularne, zachowanie bioróżnorodności, ekologii, dobrostanu zwierząt oraz środowiska rolniczego jako źródła surowców i produktów bezpiecznych dla zdrowia konsumentów.

słowa kluczowe: hodowla, genomika, biotechnologia, jakość żywności, bioróżnorodność, ekologia

Autor do kontaktu:

Jędrzej Krupiński,

e-mail: asas@izoo.krakow.pl;

tel. 666 081 133, 666 081, 136

Praca wpłynęła do redakcji 3 października 2011 r.

WSTĘP

Refleksja nad aktualnym stanem i trendami w hodowli i produkcji zwierzęcej upoważnia nas do stwierdzenia, że w nadchodzących dziesięcioleciach dziedzina ta będzie podlegać dynamicznym i głębokim przemianom. To wielkie wyzwanie dla nauki, wynikające z szybkiego rozwoju nowych metod i technologii, jak też odmiennych od dotychczasowych preferencji konsumentów i zmieniającego się stosunku człowieka do zwierząt oraz środowiska (Krupiński, 2009).

Zwierzęta będą w coraz większym stopniu służyć człowiekowi do celów wykraczających daleko poza hodowlę i produkcję, stając się również środkami realizacji potrzeb biomedycznych. Z drugiej strony, należy zdawać sobie sprawę z tego, że w 2050 r. rolnictwo światowe będzie zmuszone produkować ponad 50% żywności więcej niż obecnie (FAO, 2009a). Wyzwanie to, realizowane będzie przede wszystkim w warunkach rolnictwa intensywnego, ale także zrównoważonego i ekologicznego. Badania naukowe muszą więc uwzględniać te czynniki, przewidywać oczekiwania konsumentów i tak kształtować produkcję zwierzęcą, aby spełniała coraz wyższe wymagania w odniesieniu do dobrostanu zwierząt oraz ochrony środowiska. Biorąc pod uwagę wymienione uwarunkowania należy stwierdzić, że rozwój badań z zakresu hodowli i produkcji zwierzęcej powinien w najbliższych dziesięcioleciach koncentrować się na pięciu wymienionych niżej kierunkach.

1. WYKORZYSTANIE ZAAWANSOWANYCH TECHNOLOGII MOLEKULARNYCH W GENETYCZNYM DOSKONALENIU CECH PRODUKCYJNYCH I FUNKCJONALNYCH ZWIERZĄT DOMOWYCH

Poprawa standardu życia spowodowała, że konsumenci w krajach wysoko rozwiniętych przywiązują coraz większą

wagę do jakości żywności. Proces doskonalenia zwierząt gospodarskich w tym kierunku w oparciu o metody genetyki populacji wydaje się przy obecnych oczekiwaniach niewystarczający. Wzrost wymagań odnośnie jakości uzyskiwanych produktów pochodzenia zwierzęcego wymaga zmian w ocenie zwierząt. Kluczowe w tym aspekcie będzie wykorzystanie w szerszym zakresie metod genetyki molekularnej. Prowadzone dotychczas badania pozwoliły już na wytypowanie szeregu markerów genetycznych, które mogą znaleźć zastosowanie w selekcji w celu poprawy cech jakości produktów pochodzenia zwierzęcego. Obecnie wiele potencjalnych markerów genetycznych cech ilościowych zostało zidentyfikowanych w różnych układach badawczych, opartych na różnych rasach zwierząt gospodarskich, jednakże poznanie ich wzajemnych relacji oraz oddziaływań z czynnikami środowiskowymi wciąż wymaga weryfikacji. Dlatego też potrzebna jest dokładna, szersza analiza polimorfizmu markerów DNA na poziomie genomu, która pozwoli na bardziej kompleksową charakterystykę rzeczywistego genotypu zwierząt oraz wdrożenie informacji uzyskanych z badań molekularnych do oceny wartości hodowlanej zwierząt.

Intensywny rozwój technologii molekularnych pozwala już na wprowadzenie weryfikacji polimorfizmu całego genomu do selekcji zwierząt, co jest jedną z najbardziej fundamentalnych zmian w ich hodowli.

Jedną z głównych technik takiej weryfikacji jest analiza oparta na mikromacierzach, weryfikujących dziesiątki tysięcy pojedynczych zmian nukleotydowych (SNP) w sekwencji genomowego DNA. Technika ta jest już wdrażana w programach hodowlanych wielu państw europejskich jako tzw. **selekcja genomowa** (Goddard, Hayes, 2007). Należy podkreślić, że selekcja genomowa jest obecnie najbardziej zaawansowaną formą selekcji opartej na markerach, dając możliwość bardzo dokładnej weryfikacji potencjału hodowlanego zwierząt gospodarskich. Dostępne obecnie mikromacierze typu SNP już pozwalają zgenotypować tysiące pojedynczych zmian nukleotydowych DNA w jednej analizie, przy zachowaniu akceptowalnego poziomu kosztów. Posiadanie tak obszernej informacji na temat rzeczywistego genotypu badanego osobnika istotnie zwiększa dokładność szacowania wartości hodowlanej, co bezpośrednio wiąże się z bardziej efektywnym doskonaleniem pożądanych cech użytkowych i produkcyjnych zwierząt.

Dlatego też środowisko hodowców i producentów zwierząt jest w coraz większym stopniu zainteresowane wykorzystaniem wyników badań, dotyczących asocjacji markerów DNA obejmujących cały genom – **GWAS** (*genome-wide association study*), w praktyce (Habier i in., 2007; Meuwissen i in., 2001). Jednym z atutów stosowania **GWAS** jest możliwość obniżenia kosztów i czasochłonności ocen zwierząt hodowlanych w stosunku do tradycyjnie prowadzonych pomiarów na licznym materiale, składającym się ze zwierząt w różnym stopniu pokrewieństwa i potomstwa ocenianych osobników.

Istotnego znaczenia nabierają też ostatnio badania biologii systemów, obejmujące oprócz **genomiki** (DNA) – **transkryptomikę** (mRNA) i **proteomikę** (białka) oraz **metabolomikę**. Poza ogromnym potencjałem poznawczym wymienionych dziedzin badań genetycznych mają one również wyraźny aspekt praktyczny w typowaniu genotypów dopasowanych do określonego środowiska. To dopasowanie ma decydujące znaczenie dla wykorzystania predyspozycji zwierząt do wydajnej produkcji mięsa lub mleka o pożądanej jakości i składzie, ponieważ poziom ekspresji genów jako cecha dziedziczna, bezpośrednio związana z genotypem, również podlega zmianom w zależności od czynników środowiskowych. Weryfikacja zróżnicowanej aktywności genów na poziomie mRNA i białka pozwala na wskazanie pożądanych wariantów genów specyficznych dla zwierząt różnych ras, różniących się fenotypem. Dzięki identyfikacji regionów zawierających tzw. **ekspresyjne QTL** (*expression quantitative trait loci*) możliwy będzie też lepszy dobór do krzyżowania osobników o pożądanym potencjale produkcyjnym.

Nowoczesne metody genetyki molekularnej zwiększą wiarygodność tradycyjnej oceny materiału hodowlanego w oparciu o **genomową wartość hodowlaną** – **GEBV** (Genomic Breeding Value Estimator), dzięki której dużo dokładniej będzie można oszacować wpływ epistazy, czyli efekt wzajemnych relacji między poszczególnymi genami i ich układami, na ostateczny oczekiwany fenotyp zwierząt (VanRaden i in., 2009). Wprowadzenie takiej oceny jest szczególnie ważne dla uzyskiwania pożądanego efektu heterozji przy wyborze osobników do chowu towarowego. Należy podkreślić, że selekcja genomowa, która dzisiaj traktowana jest jako rewolucja w hodowli, wkrótce stanie się standardem w wielu rozwiniętych krajach Europy i świata, głównie ze względu na przyspieszenie postępu hodowlanego. Istotnym elementem jest więc dostosowanie metod oceny zwierząt gospodarskich w naszym kraju do nowych, obowiązujących na świecie standardów (Hayes i in., 2008). Stosowne przepisy o wykorzystaniu systemowej oceny GEBV są już wdrożone w programy hodowlane zwierząt w wielu państwach europejskich. Można zatem przewidywać, że w niedalekiej przyszłości posiadanie dokładnej informacji dotyczącej polimorfizmu genetycznego na poziomie genomowym będzie miało znaczący wpływ też na cenę zwierząt hodowlanych.

Wśród zalet nowych metod, opartych na technologiach molekularnej oceny potencjału genetycznego zwierząt hodowlanych, należy wymienić:

- 1) możliwość oceny bardzo młodych osobników w hodowli w stopniu o wiele dokładniejszym niż na podstawie samych rodowodów;
- 2) dokładniejszy dobór materiału do reprodukcji w stadach hodowlanych;
- 3) niższy koszt oceny na podstawie genotypowania w porównaniu do tradycyjnej metody oceny na potomstwie;
- 4) brak konieczności uwzględniania wielkości populacji w ocenie wartości hodowlanej;

- 5) możliwość zwiększenia ostrości selekcji i tym samym przyspieszenia postępu genetycznego;
- 6) szybsze wykrywanie nosicieli defektów genetycznych oraz stopnia spokrewnienia w populacji zwierząt.

Rozwój badań genetycznych zwiększa też potencjał zastosowań genetyki molekularnej dla poprawy jakości uzyskiwanych surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego, a w szczególności ich funkcjonalnego charakteru. W tym aspekcie istotnego znaczenia nabiera określenie relacji między genotypem a bioaktywnymi składnikami pokarmowymi, dostarczonymi w diecie zarówno zwierząt, jak i ludzi. Wdrożenie nowych metod analiz molekularnych w zakresie **nutrigenomiki** umożliwia opracowanie systemowych rozwiązań dla strategii żywieniowych, dotyczących składu i sposobu przygotowywania pasz celem poprawienia stanu zdrowotnego zwierząt. Analizy nutrigenomiczne stanowią też cenne źródło informacji jako badania modelowe dla określenia różnic w reakcji organizmu na bioaktywne składniki pokarmowe, obecne w codziennej diecie ludzi. Uzyskane w ten sposób wyniki umożliwią opracowanie właściwych poziomów suplementacji substancji biologicznie czynnych oraz określenie ich oddziaływania na ekspresję genów i prawidłowe funkcjonowanie organizmu (Daetwyler i in., 2008). Dlatego też kompleksowe badania molekularne prowadzone na zwierzętach mogą okazać się niezwykle ważne w uzyskiwaniu bezpiecznych dla zdrowia ludzi surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego.

Doskonalenie genetyczne zwierząt jest ciągłym i złożonym procesem. Człowiek stale zajmował się poprawą wybranych pożądanych cech hodowanych zwierząt od czasu ich udomowienia. W tym dążeniu do doskonalenia zostało wypracowanych wiele metod i narzędzi, wśród których w ostatnich latach na pierwszym planie znalazły się metody oparte na weryfikacji polimorfizmu na poziomie sekwencji DNA; rozwinęło się wiele technik oraz możliwości ich potencjalnych aplikacji. Jednakże właściwe rezultaty mogą być osiągnięte jedynie przy wyborze odpowiedniego, precyzyjnego systemu oceny cech produkcyjnych.

2. MOŻLIWOŚCI KSZTAŁTOWANIA JAKOŚCI SUROWCÓW I PRODUKTÓW ZWIERZĘCYCH W ASPEKCIE OCZEKIWAŃ KONSUMENTÓW

Dążenie do zaspokojenia potrzeb i wymagań społecznych w zakresie wysokiej jakości oferowanych produktów powinno być ukierunkowane na kształtowanie bezpieczeństwa żywności w całym łańcuchu żywnościowym, od producenta do konsumenta, z uwzględnieniem prawa żywnościowego Unii Europejskiej i wytycznych Wspólnej Polityki Rolnej.

Rosnące wymagania konsumentów w stosunku do żywności pochodzenia zwierzęcego, obejmujące jej war-

tość odżywczą, prozdrowotną oraz cechy sensoryczne, wymuszają poszukiwania możliwości poprawy jakości pozyskiwanych surowców i produktów zwierzęcych oraz wprowadzania nowych technologii ich przetwarzania.

W przypadku zwierząt rzeźnych za najważniejsze uważa się poprawę ich umięśnienia i zmniejszenie otłuszczenia. Zagadnienia te są mocno powiązane z badaniami z zakresu genetyki i hodowli zwierząt. Bardzo ważne jest także ograniczenie strat spowodowanych schorzeniami bakteryjnymi przewodu pokarmowego i schorzeniami metabolicznymi. Poszukuje się różnych dodatków paszowych, w tym ziołowych, działających stabilizująco na układ pokarmowy zwierząt.

Istotnym problemem jest także zwiększenie w tkance mięsnej drobiu, świń i bydła zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym sprzężonego kwasu linolowego (CLA) o stwierdzonym działaniu antynowotworowym, oraz zawężenie stosunku kwasów *omega-6* i *omega-3* w diecie człowieka dla przeciwdziałania miażdżycy naczyń krwionośnych.

Ważnym obecnie aspektem w produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego jest pozyskiwanie surowców i produktów korzystnie wpływających na organizm człowieka (Barłowska, Litwińczuk, 2009; Król i in., 2011).

Istotne miejsce w tym zakresie zajmują mleko i jego produkty, które mają znaczący udział w diecie statystycznego Polaka. Są one istotnym źródłem składników o działaniu prozdrowotnym, znajdujących się zarówno we frakcji białkowej, jak i tłuszczowej mleka. W przypadku frakcji białkowej nie w pełni rozpoznany obszar badań są białka serwatkowe, będące doskonałym źródłem niezbędnych dla człowieka aminokwasów, a także wykazujące wielokierunkowe oddziaływanie na organizm człowieka. Wpływają one bowiem na układ trawienny, odpornościowy, krążeniowy i nerwowy, ograniczając ryzyko wystąpienia wielu chorób cywilizacyjnych (np. miażdżycy, otyłości, cukrzycy, nowotworów, a nawet choroby Alzheimera czy HIV). Bardzo ważną grupę tych białek stanowią immunoglobuliny, wspierające swoistą odporność humoralną organizmu. Znaczącą rolę odgrywają również laktoferyna, laktoperoksydaza i lizozym. Stanowią one jeden z najważniejszych komponentów nieswoistych mechanizmów immunologicznych. Znalazły m.in. zastosowanie w produkcji past do zębów jako składniki bakteriobójcze, hamujące rozwój próchnicy (Król i in., 2011). Aktywność prozdrowotną wykazują nie tylko natywne cząsteczki białek, ale również uwalniane podczas trawienia w przewodzie pokarmowym bioaktywne peptydy, np. uwalniane z frakcji α_1 -kazeiny peptyd kazeidycyna i wykazująca silne działanie bakteriobójcze laktoferyna, która jest produktem hydrolitycznego rozkładu laktoferyny (Szwajkowska i in., 2011).

Zawartość tych bioaktywnych składników frakcji białkowej nie jest stała i dokładnie rozpoznana. W ostatnim czasie ukazało się z tego zakresu kilka prac w uznanych

międzynarodowych czasopismach (w tym autorów polskich), wskazujących na istotny wpływ rasy krów i systemu produkcji mleka na zawartość niektórych z tych składników (Litwińczuk i in., 2011). Ze względu na znaczenie tego problemu dla zdrowia człowieka temat ten wymaga jednak dalszych, mocno pogłębionych badań.

Istotne jest również zwiększenie w mleku zawartości jodu. Przyczyni się ono do obniżenia spożycia soli, które obecnie wynosi 10–11 g/dobę (sól stołowa, produkty mięsne, mleczne). Badania medyczne wskazują, że sód jest główną przyczyną powstawania nadciśnienia tętniczego i jego skutków pochodnych, w tym miażdżycy, zawałów i zatorów tętniczych, ale zarazem nośnikiem jodu w profilaktyce schorzeń tarczycy (wola, raka tarczycy). Idealnym zatem produktem spożywczym jest mleko o zawartości 0,15–0,20 mg jodu/l (Brzóska i in., 2009). W Polsce poziom jodu w mleku nie przekracza 0,10–0,15 mg/l. Niezbędne są zatem dalsze badania w tym zakresie.

Zwiększenie zawartości selenu w mleku i produktach pochodnych wiąże się z przeciwdziałaniem stresowi. Selen jest ponadto czynnikiem blokującym wolne rodniki, odpowiedzialne za starzenie się organizmu ludzkiego, jak również inicjujące procesy nowotworzenia w narządach. Jest on elementem składowym enzymów odpowiedzialnych za neutralizację i usuwanie wolnych rodników z organizmów. Badania WHO obejmujące 27 krajów wykazały, że pacjenci z nowotworami prawie zawsze cierpieli z powodu niedoboru selenu. Wstępne rozpoznanie poziomu selenu w mleku w Polsce wykazało jego zawartość na poziomie 0,01 mg/l. Przyjmuje się, że zawartość selenu w mleku powinna wynosić około 0,020 mg/l. Niezbędne są badania nad ustaleniem optymalnego poziomu zawartości tego pierwiastka w diecie krów dla otrzymania 0,020 mg Se/l mleka. Nie rozpoznano również stopnia przemieszczenia się selenu do produktów pochodnych mleka, w tym serów, śmietany, maślanek i jogurtów. Rozpoznanie zawartości selenu w paszach polskich (Brzóska, Brzóska, 2004) wykazało stosunkowo niski jego poziom w ziarnie zbóż i nieco wyższy w zielonkach. Istnieje więc potrzeba prowadzenia badań naukowych w tym zakresie.

Poszukuje się również możliwości zwiększenia w mleku krów i wytwarzanych z niego produktach zawartości wapnia jako czynnika przeciwdziałającego osteoporozie.

Zagadnieniem ważnym z punktu widzenia prawidłowego odżywiania człowieka jest zwiększenie w diecie zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Mleko pełne krowie charakteryzuje się najwyższą spośród wszystkich produktów pochodzenia zwierzęcego zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych. Poziom nienasyconych kwasów tłuszczowych można zwiększyć, wprowadzając do diety krów pasze o wyższej zawartości tłuszczu, np. makucho rzepakowy. Nie jest poznany wpływ takiego mleka na jakość i stabilność antyoksydacyjną masła oraz serów dojrzewających z niego pozyskanych.

Synteza sprzężonego kwasu linolowego (CLA) w zważu krów jest etapem biouwodowania nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconego kwasu stearynowego o 18 atomach węgla. Nie znamy czynników, które mogą wpływać na proces syntezy. Zagadnienia te leżą w sferze badań podstawowych i wymagają opracowania.

Wzbogacenie produktów pochodzenia zwierzęcego w nienasycone kwasy tłuszczowe, istotne z punktu widzenia diety człowieka, zwiększa ich podatność na procesy utleniania. Oksydacja lipidów mięsa oraz cholesterolu pogarsza jakość produktów i może wpływać negatywnie na zdrowie. Powstające oksysterole pogarszają właściwości prozdrowotne, wykazując działanie nowotworowe i mutagenne, dlatego też istotny jest rozwój badań nad suplementacją diet dla zwierząt przeciwutleniaczami pochodzenia naturalnego (Krzyżewski i in., 2011).

Dopuszczenie do uprawy i żywienia zwierząt roślin rolniczych i materiałów paszowych zmodyfikowanych genetycznie (GMO), a także procedury rejestracji w Unii Europejskiej gatunków i odmian roślin w zakresie modyfikacji genetycznej, wymuszają prowadzenie badań naukowych nad ich przydatnością w żywieniu zwierząt oraz transferem zmodyfikowanego DNA do produktów pochodzenia zwierzęcego, w tym mleka, mięsa i jaj. Niezbędna jest ocena ryzyka związanego z wykorzystaniem genetycznie modyfikowanych materiałów paszowych w żywieniu zwierząt, w tym określenie wpływu wielopokoleniowego podawania tych pasz zwierzętom na ich zdrowie, wzrost i rozrodczość. Dotychczasowe badania naukowe wykonane w Unii Europejskiej, w tym także w Instytucie Zootechniki PIB i Państwowym Instytucie Weterynaryjnym – PIB nie wykazały transferu transgenicznego DNA do produktów pochodzenia zwierzęcego (Świątkiewicz, Koreleski, 2008; Świątkiewicz i in., 2011). Rejestrowanie nowych roślin transgenicznych wymaga każdorazowo badania materiałów paszowych z nich pozyskiwanych. Kompleksowe badania nad roślinami i materiałami paszowymi GM, rejestrowanymi do uprawy i stosowania w żywieniu zwierząt, prowadzone są w Unii Europejskiej przez jej agendę – Biuro Bezpieczeństwa Żywnościowego (EFSA). Dotyczą one m.in. alergenicności, kancerogenicności i teratogenicności. Badania krajowe pozwalają na kształtowanie opinii Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, które uczestniczy w opiniowaniu wniosków rejestracyjnych produktów GMO. Należy przewidywać w nadchodzącej przyszłości szybki rozwój biologii molekularnej oraz próby rejestrowania produktów GMO II i III generacji, o zmienionej wartości użytkowej, w tym zwiększonej zawartości białka, witamin, zwiększonej odporności na choroby i szkodniki oraz niskie temperatury i suszę. Instytut Zootechniki PIB i Państwowy Instytut Weterynaryjny – PIB współpracując ze sobą, powinny prowadzić badania w tym zakresie, szczególnie dla oceny ryzyka związanego z wykorzystaniem roślin i materiałów paszowych GMO w żywieniu zwierząt.

3. WYKORZYSTANIE METOD BIOTECHNOLOGII W HODOWLI, FARMACJI I BIOMEDYCYNIE

Ostatnie dwudziestolecie to czas ważnych osiągnięć nauk biologicznych. Pojawiły się one głównie za sprawą biologii molekularnej, embriologii, inżynierii genetycznej, a także doskonalonych równocześnie technik oraz sprzętu na potrzeby laboratoryjne. W rezultacie otworzyły się nowe możliwości rozwoju biotechnologii, a zwłaszcza biotechnologii rozrodu zwierząt, niosące ze sobą bardzo duży potencjał aplikacyjny. Jest on jednak obecnie wykorzystywany w niewielkim stopniu, chociaż niektóre z metod znajdują coraz szersze zastosowanie.

Praktyczne możliwości, związane z biotechnologią rozrodu zwierząt, wykraczają daleko poza hodowlę i produkcję zwierzęcą. Obejmują obszary biomedycyny i farmacji, dostarczając narzędzi dla zachowania bioróżnorodności oraz ratowania ginących lub odtworzenia wymarłych gatunków.

Prace z zakresu biotechnologii rozrodu, ukierunkowanej na potrzeby hodowli i produkcji zwierzęcej, będą dotyczyć rozwijania rozpoczętych już w ostatnich dziesięcioleciach badań (Smorąg i in., 2008). Ich celem będzie opracowanie metod i technologii zwiększających wykorzystanie potencjału rozrodczego zarówno samic, jak i samców. Będzie to dotyczyć pozaustrojowej produkcji zarodków, ze szczególnym uwzględnieniem ich jakości, a także klonowania zarodkowego i somatycznego zwierząt. W dalszym ciągu doskonalone będą metody kriokonserwacji zarodków (Fuller, Paynter, 2007), a zwłaszcza oocytów (Gajda, Smorąg, 2009), w perspektywie wykorzystania ich do bieżących potrzeb rozrodu (Gajda, 2009), a także do tworzenia banków materiału biologicznego. W odniesieniu do samców rozwijane będą metody diagnostyki andrologicznej, konserwacji nasienia oraz regulacji płci (Bochenek, Smorąg, 2010). Do metod biotechnologii rozrodu zwierząt o największym potencjale należy transgeneza i klonowanie (Wilmot i in., 1997; Phelps i in., 2003; Skrzyszowska i in., 2006). Interesujące są zwłaszcza możliwości wykorzystania transgenezy zwierząt w biomedycynie i farmacji. Obecnie transgeneza zwierząt dysponuje trzema technologiami, które pozwalają na wprowadzenie do genomu organizmu określonej informacji genetycznej i jej trwałą integrację z genomem biorcy. Są to: mikroiniekcja, wykorzystanie plemników jako wektorów oraz klonowanie somatyczne. Wciąż jednak wydajność transgenezy, niezależnie od stosowanej metody, pozostaje na bardzo niskim poziomie, a rozwój efektywnych metod będzie stanowił ważny cel przyszłych badań (Jura i in., 2004).

Kontynuowane i rozwijane będą dwa zasadnicze kierunki wykorzystania transgenezy zwierząt w biomedycynie. Pierwszy z nich ma na celu użycie transgenicznych

zwierząt jako modeli badawczych chorób człowieka, drugi zaś stawia sobie za cel wykorzystanie komórek, tkanek i narządów pochodzących od transgenicznych świń w szeroko pojętej medycynie regeneracyjnej. Transgeniczne zwierzęta jako modele badawcze chorób człowieka są bardzo ważnym narzędziem w poszukiwaniu i rozwijaniu nowych możliwości terapeutycznych. Obszarami biomedycyny, w których mogą być wykorzystane różne gatunki zwierząt, są m.in. badania nad rozwijaniem terapii genowej, uwarunkowaniem genetycznym chorób człowieka oraz odpornością człowieka i zwierząt na choroby. Nieco inny kierunek to wykorzystanie transgenicznych zwierząt modelowych w badaniach toksykologicznych przy testowaniu leków.

Ksenotransplantacja, czyli przeszczepianie komórek, tkanek i narządów pomiędzy różnymi gatunkami, jest drugim zasadniczym kierunkiem wykorzystania transgenezy zwierząt w biomedycynie (Prather i in., 2008). Pogłębiający się z każdym rokiem niedobór narządów do przeszczepów zmusza do poszukiwania nowych i bardziej skutecznych metod ich pozyskiwania. Do najważniejszych z nich można zaliczyć inżynierię tkankową, wykorzystanie komórek macierzystych, terapię biohybrydową, tworzenie sztucznych narządów czy bioreaktorów, które będą pełniły ich funkcje. Szczególne nadzieje pokłada się w przeszczepianiu zmodyfikowanych metodami inżynierii genetycznej narządów pozyskiwanych od zwierząt. Praktyczne wykorzystanie narządów odzwierzęcych, najprawdopodobniej świni, może przynieść liczne korzyści terapeutyczne, należy jednak pamiętać o ryzyku związanym z tego rodzaju zabiegami. Szczególna uwaga powinna być zwrócona na niezgodność funkcjonalną przeszczepianych narządów świni w stosunku do organów człowieka oraz potencjalne możliwości przeniesienia infekcji na człowieka i jej skutki. Etapem przełomowym, który zapewne zdecyduje o dalszym rozwoju ksenotransplantacji, będą testy kliniczne.

Wykorzystanie modyfikowanych genetycznie zwierząt dla wytworzenia biofarmaceutyków będzie kolejnym ważnym kierunkiem transgenezy. Biofarmaceutyki można wprawdzie produkować także w innych systemach (bakterie, drożdże, grzyby, rośliny), przyjmuje się jednak, że tylko hodowle komórek zwierzęcych *in vitro* oraz zwierzęta transgeniczne jako swoiste bioreaktory umożliwiają powstanie funkcjonalnej formy białka naturalnie występującego w organizmie człowieka. Hodowla *in vitro* komórek zwierzęcych jako bioreaktorów ma znaczne ograniczenia (trudności utrzymania w hodowli dużej liczby komórek), których nie mają transgeniczne zwierzęta wytwarzające rekombinowane białka we krwi, mleku, moczu, białku jaj oraz nasieniu. Najbardziej atrakcyjnym źródłem biofarmaceutyków spośród wymienionych jest mleko. Transgeniczne zwierzęta wytwarzające w mleku rekombinowane białka uzyskano już u wielu gatunków zwierząt gospodarskich (Houdebine, 2009).

4. ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI ZWIERZĄT METODAMI *IN SITU* I *EX SITU* W WARUNKACH ZRÓWNOWAŻONEGO ROLNICTWA

Działając zgodnie z przesłaniem Konwencji o różnorodności biologicznej (CBD, 2011), uchwalonej w 1992 r. w Rio de Janeiro, ośrodki naukowe odgrywają rosnącą rolę w dziedzinie ochrony i zachowania zagrożonych wyginięciem ras zwierząt gospodarskich i gatunków zwierząt dziko żyjących.

W 2007 r. w Interlaken społeczność międzynarodowa przyjęła pierwszy w historii Światowy Plan Działania na rzecz Zasobów Genetycznych Zwierząt (FAO, 2007ab), którego głównym celem jest przeciwdziałanie erozji różnorodności genetycznej zwierząt gospodarskich, zrównoważone użytkowanie zasobów genetycznych zwierząt oraz ochrona tradycyjnych systemów produkcji i związanych z nimi ras lokalnych, jak też budowanie potencjału legislacyjnego, instytucjonalnego i kadrowego dla realizacji tych działań.

Polska jest jednym z prekursorów ochrony gatunkowej zwierząt i ma duże osiągnięcia w ochronie ras rodzimych. W ostatnich latach obserwujemy dynamiczny wzrost liczby gospodarstw i zwierząt biorących udział w realizacji programów ochrony. W 2011 r. objęto ochroną łącznie 87 ras, odmian, rodów i linii zwierząt gospodarskich, w tym 4 rasy bydła, 7 ras koni, 3 rasy świń oraz 13 ras i odmian owiec. Programami ochrony, w tych czterech gatunkach, objętych jest w 2011 r. 53 227 samic w 2850 gospodarstwach.

Ochrona *in situ* uważana jest za preferowaną metodę ochrony bioróżnorodności populacji zwierząt gospodarskich w tradycyjnych systemach produkcji. Pozwala ona na utrzymanie i adaptacyjne użytkowanie zasobów genetycznych zwierząt w krajobrazach produkcyjnych i tym samym zachowanie ich wartości kulturowych (Gandini, Villa, 2003).

Z przyjętych również przez Polskę na forum FAO zobowiązań wynika konieczność opracowania krajowej strategii użytkowania i ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich oraz planu działań na rzecz ochrony tych zasobów (FAO, 2009b). Realizacja zadań z tego zakresu wymaga znacznie szerszego podjęcia badań, w tym interdyscyplinarnych. Zachowanie zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich to wielkie wyzwanie, a ryzyko utraty kontroli nad procesem erozji genetycznej w dalszym ciągu jest realnym zagrożeniem. Poznanie stanu bioróżnorodności, określenie występowania i rozpoznanie specyficznych cech poszczególnych ras i ich wydajności, przy wykorzystaniu zarówno tradycyjnych metod hodowlanych, jak i technik molekularnych, oraz stosowanie metod biotechnologii rozrodu są konieczne dla skutecznego i zrównoważonego wykorzystania, rozwoju i ochrony tych zasobów. Pełna inwentaryzacja wsparta okresowym monitorowaniem trendów i związanych z nimi zagrożeń jest

podstawowym warunkiem skutecznego zarządzania zasobami genetycznymi.

Należy zwrócić uwagę na porównawczą analizę użyteczności ras rodzimych i intensywnie użytkowanych ras międzynarodowych, zarówno pod względem cech produkcyjnych, jak i funkcjonalnych (FAO, 2007c). Poznanie i identyfikacja czynników, mających bezpośredni i pośredni wpływ na zachowanie bogactwa zasobów genetycznych zwierząt, opracowanie mechanizmów weryfikacji ras i populacji chronionych, metod zbierania danych oraz tworzenia aktywnych baz danych jest warunkiem powodzenia realizacji programów ochrony. Wymagane jest nowe podejście do zagadnień ochrony *in situ*, które zakłada, że jej realizacja to nie tylko zachowanie *status quo*, ale dynamiczny proces użytkowania i doskonalenia w historycznym środowisku produkcyjnym i geograficznym rejonie występowania, czasem prowadzący do zmiany profilu rasy. W niektórych przypadkach będzie się to wiązać z podjęciem współpracy międzynarodowej pomiędzy krajami mającymi wspólne rasy transgraniczne i podobne systemy produkcji, czego dobrym przykładem jest hodowla koni rasy huculskiej.

Realizacja strategii, wspierającej użytkowanie i rozwój zasobów genetycznych zwierząt, powinna uwzględnić także zmienność genetyczną pomiędzy rasami i w obrębie ras, która ma istotne znaczenie dla obecnej i przyszłej produkcji zwierzęcej. W uaktualnianych obecnie programach ochrony zasobów genetycznych szczególną uwagę należy zwrócić na ocenę produktów pochodzących od ras lokalnych, podkreślając ich walory odżywcze i prozdrowotne (Verrier i in., 2005).

Większość zasobów genetycznych zwierząt utrzymywanych *in situ* winna stanowić integralny element składowy ekosystemów rolniczych, gospodarki i kultury wiejskiej.

W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się na wprowadzenie w życie skutecznej i efektywnej ekonomicznej strategii ochrony *ex situ* jako metody uzupełniającej. Stanowi ona też dodatkowe zabezpieczenie przed utratą zasobów genetycznych zwierząt w wyniku erozji lub sytuacji kryzysowych. Działania *ex situ* są zatem komplementarne w stosunku do ochrony metodami *in situ*. Stąd też potrzebna jest rozbudowa krajowej infrastruktury, polegająca na stworzeniu możliwości kriokonserwacji poprzez utworzenie Krajowego Banku Genów zwierząt gospodarskich. Ważne także jest opracowanie procedur, umożliwiających użycie materiału genetycznego zgromadzonego w bankach genów *ex situ* oraz zapewnienie jego pozyskania, przechowywania, dostępu do niego i wykorzystania. Wymaga to jednak opracowania funkcjonującego na co dzień systemu powiązań z populacjami utrzymywanymi *in situ*. Metoda *ex situ* powinna być ważnym czynnikiem wspierającym realizację programów ochrony poprzez stosowanie odpowiednich schematów hodowlanych, np. wykorzystanie dawno zgromadzonego materiału dla odzyskania utraconych cech czy krzyżowania wstecznego, co jest

niezbędne do ewentualnego odtworzenia ras, które zostały utracone.

5. OCHRONA ŚRODOWISKA I PODWYŻSZONY DOBROSTAN JAKO ELEMENTY KSZTAŁTOWANIA NOWOCZESNEJ PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

Wraz z intensyfikacją systemów utrzymania zwierząt powstały problemy z zapewnieniem dobrostanu zwierząt i ochrony środowiska. Dopóki zwierzęta były utrzymywane w sposób nie skoncentrowany, nie mieliśmy problemów z ochroną środowiska. Kwestie zagwarantowania minimalnego poziomu dobrostanu zwierzętom gospodarskim oraz redukcji negatywnego wpływu samych metod chowu na środowisko naturalne pojawiły się niemal jednocześnie jako nowe wyznaczniki rozwoju technologii chowu pod koniec lat 70. ubiegłego wieku. Upłynęła jeszcze dekada, zanim zaczęły one być sankcjonowane w postaci właściwych regulacji UE.

Z oddziaływaniem na środowisko bezpośrednio wiąże się przeciwdziałanie zmianom klimatu. Uwalnianie metanu w procesie fermentacji jelitowej oraz tlenków azotu z przechowywanych odchodów zwierząt ma zasadnicze znaczenie dla krajowego bilansowania emisji gazów cieplarnianych (GHG) na potrzeby Protokołu ONZ z Kyoto. Szczególnie w tym drugim przypadku, 75% udział rolnictwa w całości emisji stanowi ważny obszar dla prac badawczych i wdrożeniowych. Ze względu na złożoność problematyki i wielość miejsc emisji, realizowane prace muszą mieć charakter interdyscyplinarny, łączący agrotechnikę z żywieniem i utrzymaniem zwierząt (FAO, 2006).

Obecnie, utrzymując zwierzęta w różnych systemach, przy wysokiej obsadzie na jednostce powierzchni, mamy problemy z zapachami związanymi z emisją gazów i zagospodarowaniem odchodów. Nieprzyjemne zapachy, pochodzące z produkcji zwierzęcej, nie są tolerowane przez mieszkańców obszarów wiejskich. Przez urządzenia wentylacyjne pomieszczeń dla zwierząt emituje się wraz z usuwanym zużytym powietrzem ogromne ilości dwutlenku węgla, amoniaku, siarkowodoru, metanu, tlenków azotu, pyłów i związków odorowych. Stąd, należy poszukiwać metod i sposobów ograniczających wprowadzanie tych gazów do środowiska.

Udział produkcji zwierzęcej wraz z jej bazą paszową w globalnym efekcie cieplarnianym wynosi według raportów Międzypaństwowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu (IPCC) – 18%. Przekłada się to na światową emisję 9% dwutlenku węgla, 37% metanu oraz 65% tlenku azotu. Nie dziwi zatem duża uwaga, jaką zwraca się w walce z efektem cieplarnianym na zagadnienia chowu zwierząt. Od 20 do 40% zawartości węgla w dawce pokarmowej nie ulega trawieniu i jest zwracane w postaci odchodów. Szacuje się, że na jednostkę produktu przypada 17,4 kg ekwiwalentu CO₂ dla owiec i kóz, 13,0 kg dla bydła mięsnego, 6,35 kg dla świń, 4,57 kg dla drobiu i 1,32 kg dla bydła mlecznego.

W zakresie ochrony środowiska wciąż nie uzyskano zadowalających postępów. Zdaniem Europejskiej Agencji Środowiska (EEA), aż 86% naszego kraju posiada niezadawalającą czystość wód i w myśl Dyrektywy Azotanowej teren ten powinien zostać objęty statusem Obszaru Szczególnie Narażonego. Wspomniane ustalenia ze spotkania ministrów rolnictwa UE w Göteborgu sugerowały aż 60% redukcję rozpraszania związków azotu z produkcji zwierzęcej. Wprowadzenie takich unormowań musi sięgnąć głęboko w stosowane technologie, począwszy od sposobu żywienia zwierząt, poprzez systemy ich utrzymania, przechowywanie nawozów naturalnych, dodatkowe wyposażenie filtracji powietrza czy przetwarzanie odchodów w biogazowniach. Dalszego rozwoju wymagają tzw. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), których wykorzystanie w chowie zwierząt ma uchronić środowisko przed negatywnym oddziaływaniem. Wiele ze stosowanych dotąd metod redukcji wymaga ostrej weryfikacji ze względu na małą skuteczność.

W końcu należy tu zaznaczyć konieczność adaptacji chowu zwierząt do zmian klimatu. Przewidywany z 95% prawdopodobieństwem wzrost średniej temperatury i wielkości opadów w obecnym stuleciu na terenie naszego kraju może wywołać istotne problemy w chowie zwierząt. Musi być zatem udoskonalona technika ochrony zwierząt przed skutkami stresu termicznego (Pilling, Hoffmann, 2011). Z kolei, ze względu na zmiany w okresach występowania i nasileniu opadów będą musiały ulec przebudowie dotychczasowa baza paszowa i sposoby żywienia. Zjawisko to okresowo może eliminować trwale użytki zielone na terenach podgórskich, jak i rośliny pastewne w centralnej Polsce. Takie scenariusze zdarzeń doprowadzą do zasadniczych zmian i przebudowy struktury produkcji zwierzęcej całych regionów.

Pewną alternatywą w kwestii ochrony środowiska i poprawy dobrostanu zwierząt jest rolnictwo ekologiczne, które powinno być mocno rozwijane w Polsce. Rolę tę mogą spełniać małe gospodarstwa rolne. Budynki inwentarskie i ich wyposażenie powinny nie tylko zużywać energię, ale ją oszczędzać, a nawet produkować. Wykorzystanie kolektorów słonecznych, fotoogniw, generatorów wiatrowych i biogazowni o różnej mocy, dostosowanej do skali produkcji, staje się dziś szansą dla tych obiektów.

W zakresie dobrostanu zwierząt osiągnięto już zadowalające rezultaty, gwarantujące utrzymanie jego minimalnego poziomu w budynkach inwentarskich. Wprowadzenie obowiązku stosowania klatek wzbogaconych dla drobiu, czy też grupowego utrzymania loch prośnych stwarza nowe wyzwania dla praktyki produkcyjnej. Pojawiają się też zupełnie nowe obszary zagadnień; doprecyzowania wymagają już istniejące normatywy. Dzieje się tak w przypadku tradycyjnych procedur hodowlanych, czy choćby transportu zwierząt.

W celu dalszej poprawy jakości surowców pochodzenia zwierzęcego niezbędne staje się podwyższenie standardów

dobrostanu zwierząt. Konieczność ta podyktowana jest przez wymagania konsumentów. Wiąże się to z wprowadzeniem systemów etykietowania produktów wysokiej jakości, połączonych z mechanizmami certyfikacji. Obecnie ma to miejsce w zakresie rolnictwa ekologicznego. Należy jednak prowadzić dalsze prace nad utrzymaniem zwierząt w warunkach podwyższonego poziomu dobrostanu, gwarantującego lepszą jakość uzyskiwanych surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego.

PODSUMOWANIE

Hodowla i produkcja zwierzęca to dziedziny, w których na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat intensywny rozwój genetyki molekularnej i biotechnologii zaowocował powstaniem i aplikacją nowych metod i technologii. Należy przyjąć, że te trendy rozwojowe będą kontynuowane w kolejnych latach. Oprócz produkcji bezpiecznej żywności nowym zadaniem hodowli zwierząt będzie współpraca z biomedycyną i farmacją w zakresie tworzenia m. in. modeli zwierzęcych, zwierząt modyfikowanych genetycznie dla potrzeb medycyny regeneracyjnej oraz wytwarzania biofarmaceutyków. Jednocześnie, tej gałęzi produkcji rolniczej będą stawiane coraz większe wymagania dotyczące ochrony środowiska, zachowania bioróżnorodności i dobrostanu zwierząt. Modyfikacje metod produkcji zwierzęcej, uwzględniające zaawansowane technologie molekularne, zachowanie bioróżnorodności, ekologii, dobrostanu zwierząt oraz środowiska rolniczego jako źródła surowców i produktów bezpiecznych dla zdrowia konsumentów to główny cel strategiczny rozwoju produkcji zwierzęcej w naszym kraju.

Sprostanie tym wyzwaniom będzie trudne bez zaangażowania nowoczesnych warsztatów naukowych oraz wysokiej klasy interdyscyplinarnych zespołów badawczych.

PIŚMIENNICTWO

- Barłowska J., Litwińczuk Z., 2009.** Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Med. Wet.*, 65(3): 171-174.
- Bochenek M., Smorąg Z., 2010.** The level of sperm DNA fragmentation in bulls of different breeds. *Ann. Animal Sci.*, 10(4): 379-384.
- Brzóska F., Brzóska B., 2004.** Effect of dietary selenium on milk yield of cows and chemical composition of milk and blood. *Ann. Animal Sci.*, 4(1): 57-67.
- Brzóska F., Szybiński Z., Śliwiński B., 2009.** Iodine concentration in Polish milk: variation due to season and region. *Endokrynol. Polska/Pol. J. Endocrinol.*, 60(6): 449-454.
- CBD, 2011. (<http://www.cbd.int/convention/text/>).
- Daetwyler H.D., Villanueva B., Woolliams J.A., 2008.** Accuracy of predicting the genetic risk of disease using a genome-wide approach. *PLoS ONE* 3: e3395. doi:10.1371/journal.pone.0003395.
- FAO, 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Rome, Italy (<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>).
- FAO, 2007a. Report of the International Technical Conference on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Interlaken, Switzerland, 3–7 September 2007; ITC-AnGR/07/REP (http://www.fao.org/AG/againfo/programmes/en/genetics/ITC_docs.html).
- FAO, 2007b. Global Plan of Action for Animal Genetic Resources and the Interlaken Declaration adopted by the International Technical Conference on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Interlaken. Switzerland, 3–7 September 2007; ISBN 978-92-5-105848-0 (available at <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm>).
- FAO, 2007c. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Edited by Barbara Rischowsky and Dafydd Pilling, FAO, Rome (available at <http://www.fao.org/docrep/010/a1250e/a1250e00.htm>).
- FAO, 2009a. How to Feed the World in 2050. High level expert forum, 12–13 October 2009 (http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf).
- FAO, 2009b. Preparation of national strategies and action plans for animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines, No. 2, Rome; ISSN 1810-0708, pp. 1-84 (<http://www.fao.org/docrep/012/i0770e/i0770e00.htm>).
- Fuller B.J., Paynter S.J., 2007.** Cryopreservation of mammalian embryos. *Methods Mol. Biol.*, 368: 325-329.
- Gajda B., 2009.** Factors and methods of pig oocyte and embryo quality improvement and their application in reproductive biotechnology. *Reprod. Biol.*, 9(2): 97-112.
- Gajda B., Smorąg Z., 2009.** Oocyte and embryo cryopreservation – state of art and recent developments in domestic animals. *J. Animal Feed Sci.*, 18: 371-387.
- Gandini G., Villa E., 2003.** Analysis of the cultural value of livestock breeds: a methodology. *J. Animal Breed. Gen.*, 120: 1-11.
- Goddard M.E., Hayes B.J., 2007.** Genomic selection. *J. Animal Breed. Gen.*, 124: 323-330.
- Habier D., Fernando R.L., Dekkers J.C.M., 2007.** The impact of genetic relationship information on genome-assisted breeding values. *Genetics*, 177: 2389-2397.
- Hayes B.J., Bowman P.J., Chamberlain A.C., Goddard M.E., 2008.** Genomic selection in dairy cattle: progress and challenges. *J. Dairy Sci.*, 92: 433-443.
- Houdebine L.M., 2009.** Production of pharmaceutical proteins by transgenic animals. *Compar. Immunol., Microbiol. Infect. Dis.*, 32: 107-121.
- Jura J., Słomski R., Smorąg Z., Gajda B., Wiczorek J., Lipiński D., Kalak R., Juzwa W., Zeyland J., 2004.** Production of transgenic pigs suitable for xenotransplantation with the use of standard DNA microinjection. *Ann. Animal Sci.*, 4(2): 321-328.
- Król J., Brodziak A., Litwińczuk Z., Szwajkowska M., 2011.** Wykorzystanie białek serwatkowych w promocji zdrowia. *Żyw. Człow. Metab.*, XXXVIII(1): 36-45.
- Krupiński J., 2009.** Przewidywane zmiany w produkcji zwierzęcej w Polsce do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 14: 319-327.
- Krzyżewski J., Strzałkowska N., Bagnicka E., Józwiak A., Horbańczuk J., 2011.** Wpływ antyoksydantów zawartych w tłuszczu pasz objętościowych na jakość mleka krów. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* (złożone do druku).

- Litwińczuk Z., Król J., Brodziak A., Barłowska J., 2011.** Changes of protein content and its fractions in bovine milk from different cow breeds subject to somatic cell count. *J. Dairy Sci.*, 94(2): 684-691.
- Meuwissen T.H.E., Hayes B.J., Goddard M.E., 2001.** Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157: 1819-1829.
- Pilling D., Hoffmann I., 2011.** Climate change and animal genetic resources for food and agriculture: State of knowledge, risks and opportunities. Background study paper No. 53, FAO Commission on genetic resources for food and Agriculture (<http://www.fao.org/nr/cgrfa/cgrfa-meetings/cgrfa-comm/thirteenth-reg/en/#c32660>).
- Phelps C.J., Koike C., Vaught T.D., Boone J., Wells K.D., Chen S.H. i in., 2003.** Production of alpha 1,3-galactosyl-transferase-deficient pigs. *Science*, 299: 411-414.
- Prather R.S., Shen M., Dai Y., 2008.** Genetically Modified Pigs for Medicine and Agriculture. *Biotechnol. Genet. Engin. Rev.*, 25: 245-266.
- Skrzyszowska M., Smorąg Z., Słomski R., Kątska-Książkiewicz L., Kalak R., Michalak E., Wielgus K., Lehmann J., Lipiński D., Szalata M., Plawski A., Samiec M., Jura J., Gajda B., Ryńska B., Pieńkowski M., 2006.** Generation of transgenic rabbits by the novel technique of chimeric somatic cell cloning. *Biol. Reproduct.*, 74: 1114-1120.
- Smorąg Z., Kątska-Książkiewicz L., Skrzyszowska M., Jura J., Gajda B., Bochenek M., 2008.** Animal reproduction biotechnology in Poland. *Internation. J. Development. Biol.*, 52: 151-155.
- Szwajkowska M., Wolanciuk A., Barłowska J., Król J., Litwińczuk Z., 2011.** Bovine milk proteins as the source of bioactive peptides influencing the consumers' immune system. A review. *Animal Sci. Papers Rep.*, 29(4): 269-280.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Twardowska M., Mazur M., Kwiatek K., Kozaczyński W., Sieradzki Z., Świątkiewicz S., 2011.** The effect of genetically modified feeds on fattening results and transgenic DNA transfer to swine tissues. *Bull. Veterinary Institute in Pulawy*, 55: 121-125.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., 2008.** Rośliny genetycznie modyfikowane w żywieniu drobiu. *Med. Wet.*, 64: 1379-1383.
- Verrier E., Tixier-Boichard M., Bernigaud R., Naves M., 2005.** Conservation and value of local livestock breeds: usefulness of niche products and/or adaptation to specific environments. *Animal Gen. Res. Inform.*, 36: 21-31.
- VanRaden P.M., VanTassell C.P., Wiggans G.R., Sonstegard T.S., Schnabel R.D., Taylor J.F., Schenkel F.S., 2009.** Invited Review: Reliability of Genomic Predictions for North American Holstein Bulls. *J. Dairy Sci.*, 92: 16-24.
- Wilmot I., Schnieke A.E., McWhir J., Kind A.J., Campbell K.H., 1997.** Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, 385 (6619): 810-813.
- J. Krupiński, J.O. Horbańczuk, R. Kolacz, Z. Litwińczuk, J. Niemiec, A. Zięćik*
- STRATEGIC DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF ANIMAL PRODUCTION AS DETERMINED BY SOCIAL EXPECTATIONS, ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ANIMAL WELFARE
- Summary
- The paper discusses issues related to the use of advanced molecular techniques for genetic improvement of the production and functional traits of farm animals. It presents the latest methods for studying the associations between genetic markers and production and functional traits (SNP microarrays), next generation sequencing, new technologies such as GWAS (gene-wide association study), molecular techniques (transcriptomics, proteomics, metabolomics), and development of nutrigenomics and pharmacogenomics.
- When discussing the possibility of shaping the quality of animal raw materials and products in terms of consumer expectations, special attention was paid to the use of nutritional methods for enriching animal raw materials and products with bioactive components, increasing the bioactive components of milk with regard to consumer health, and evaluating the risk of using GM plants in animal nutrition.
- Considerable space was given to the use of biotechnology methods in breeding, pharmacy and biomedicine, especially for xenotransplantation and production of biopharmaceuticals.
- Issues related to the *in situ* and *ex situ* conservation of animal biodiversity under sustainable farming conditions are also discussed.
- Attention was paid to the determinants of modern livestock production that take into account environmental protection and improved welfare of animals.
- It was demonstrated that the main strategic goal of developing livestock in our country concerns the modifications of production methods taking into consideration the advanced molecular techniques, conservation of biodiversity, ecology, animal welfare and the agricultural environment as a source of raw minerals and products safe for consumer health.
- key words:** breeding, genomics, biotechnology, food quality, biodiversity, ecology