

## Summary

The goal of the paper was to define economic consequences of the introduction of higher animal welfare standards in pig production. The case study describe a farm from Łódź province producing 800 fatteners a year on average. The data came from 2010. Economic results of the fatteners production with different levels of animal welfare (day light or artificial light, access to the pig-yard, access to the fodder, allowance of roughage on a diet) showed that costs increase by about 0.12% with the Moderate Standard and by about 9.3% with the Premium Standard. Gross margin increased by about 11% with the Moderate standard and decreased by about 45% with the Premium Standard.

**KEY WORDS:** animal welfare, fatteners, costs, gross margin

## Od komórki do produkcji zwierzęcej – badania i perspektywy zastosowania nanocząstek srebra\*

Tomasz Niemiec, Maciej Szmidt, Ewa Sawosz,  
Marta Grodzik, Andrzej Łozicki, Witold Strużyński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Metaliczne srebro, rozdrobnione do wielkości jednej miliardowej metra, podbiło świat nauki i biznesu jak żadne inne dzieło rąk naukowców zajmujących się nanotechnologią. Czy jest to tylko współczesny „lifting” od tysięcy lat dobrze już poznanego i wypróbowanego w praktyce pierwiastka? Wszak w wielu dziedzinach medycyny nigdy nie zrezygnowano ze stosowania związków srebra. Po dzień dzisiejszy azotan srebra wykorzystywany jest do kauteryzacji naczyń krwionośnych lub ziarniaków (*granuloma*), obliteracji jamy opłucnej czy dezynfekcji oczu w zabiegu Credogo. Z kolei sulfadaizyna srebra od lat sprawdza się w powszechnym leczeniu oparzeń [22]. Co więc różni stare i nowe oblicze srebra? Cechy fizyko-chemiczne nanocząstek nierozpuszczalnego w wodzie metalu są zasadniczo inne od tworzącego roztwór zdysocjowanego związku chemicznego zawierającego ten pierwiastek [8]. Do niedawna nieznanne właściwości nanocząstek Ag posłużyły zarówno naukowcom, jak i producentom z wielu gałęzi przemysłu do opracowania nowych lub poprawy już wdrożonych technologii służących ludziom i środowisku. Na arenie asortymentu medycznego na pierwsze miejsca wysuwają się opatrunki, narzędzia medyczne lub protezy kości powlekanie nanowarstwą srebra [4]. Komercyjnie sprzedawane są opatrunki z powłoką nanokrystaliczną, znajdujące szerokie zastosowanie w leczeniu ran pooparzeniowych, martwicy naskórka, przewlekłych owrzodzeń i pęcherzyc. Powstają „nano-preparaty” wykazujące silne działanie przeciwko niebezpiecznym i opornym na antybiotyki szpitalnym szczepom bakterii. Nanocząstki srebra wchodzące w skład cewników, kateterów, implantów czy cementu stosowanego w chirurgii kości zwiększają istotnie antymikrobiologiczne bezpieczeństwo ich użytkowania [3]. W gospodarstwie domowym nanocząstki srebra dodaje się do odświeżaczy powietrza, uzdatniaczy wody, proszków do prania, farb itp. Wchodzą w skład powierzchni niektórych elementów rur oraz urządzeń AGD, takich jak pralki, lodówki czy odkurzacze. Nanocząstki srebra wykorzystywane są również w optyce, elektronice i chemii, spełniając rolę sensorów, przewodników lub substratów do syntezy i katalizy [8].

Nanotechnologia, według przyjętej definicji, zajmuje się właściwościami cząstek o wielkości przynajmniej w jednym wymiarze

od 1 do 100 nm ( $nm=1 \times 10^{-9}$  m). Nanocząstki srebra są na ogół mniejsze niż 100 nm i zawierają od 20 do 15 000 atomów pierwiastka [4]. Techniki wykorzystywane to wytwarzania nanostruktur opierają się na syntezie mechanicznej, chemicznej lub biologicznej. Istnieją dwa sposoby tworzenia struktur o skali nano. Są to metody *top-down* – opierające się na „rozdrobnieniu” materiału, oraz *bottom-up* – związane z tworzeniem materiału od podstaw [13]. Do produkcji nanocząstek srebra wykorzystuje się między innymi metody redukcji chemicznej, elektrochemicznej i fotochemicznej lub systemy syntezy w mikroemulsjach. Każda z wymienionych technik ma swoje wady i zalety. Parametry, na które wpływa rodzaj wybranej metody to średnica, wielkość i jej rozkład, kształt, stabilność, a także ilość zanieczyszczeń powstałych w trakcie produkcji nanocząstek. Praktyczne zastosowanie mają najczęściej nanokoloidy wodne, tzn. rozproszone w wodzie cząstki, które są jednak układem niestabilnym, a stan ten potęguje zwiększające się stężenie, drastyczne zmiany pH i temperatury. W celu uzyskania stabilnego koloidu wykorzystuje się związki zapobiegające agregacji i sedimentacji, takie jak kwas cytrynowy, kwas tanninowy, chitozan, metyloceluloza, glikol etylenowy czy poliwinylpiperolidon (PVP) [3, 18]. Podobnie jak w przypadku innych nanomateriałów (NM), cechami decydującymi o właściwościach fizycznych nanocząstek srebra są ultramałe rozmiary, które wpływają na utrudzają powierzchnię w stosunku do masy, w której znaczna część atomów znajduje się w bezpośrednim kontakcie z otoczeniem i jest gotowa do wejścia z nim w reakcje [4].

Dużą popularność nanocząstki srebra zdobyły dzięki swoim antymikrobiologicznym właściwościom. Metaliczne srebro w skali nano hamuje wzrost i rozwój zarówno bakterii Gram-ujemnych (*Escherichia*, *Pseudomonas*, *Salmonella* i *Vibrio*), jak i Gram-dodatnich (*Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Staphylococcus* i *Streptococcus*), w tym szczepów opornych na antybiotyki (np. *Acinetobacter*, *Staphylococcus aureus* oraz *Enterococcus faecium*). Co więcej, nanocząstki (o średniej wielkości 22 nm) zwiększają efektywność niektórych antybiotyków [36]. Liczne badania dowiodły, że im mniejsze nanocząstki, tym skuteczniejsze ich właściwości antybakteryjne [19, 25, 26]. Dzięki różnorodnym metodom syntezy udało się stworzyć formy nano o kształtach kulistych, podłużnych lub trójkątnych, co także ma wpływ na siłę antybakteryjnego działania. Okazało się, że najsilniejszy potencjał bakteriobójczy mają nanocząstki srebra w kształcie przyciętych trójkątnych płatków [12]. Warto dodać, że nanocząstki srebra, którymi powlekanie są materiały do zastosowań medycznych, hamują wydzielanie przez bakterie polisacharydowej macierzy zewnątrzkomórkowej, czyli tzw. biofilmu, co w zdecydowany sposób poprawia aktywność układu immunologicznego oraz czynników antybakteryjnych pochodzenia endo- i egzogenego [27]. Nanocząstki srebra wydają się działać niespecyficjnie, eliminując mikroorganizmy ze środowiska, z drugiej jednak strony niektóre bakterie, grzyby i rośliny zdolne są do syntezy nanocząstek z soli srebra zawartych w otaczającym je środowisku. Nanocząstki są syntetyzowane między innymi przez bakterie (*Pseudomonas stutzeri*, *Klebsiella pneumoniae*), grzyby patogenne (*Verticillium*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus fumigatus*) i grzyby niepatogen-

ne (np. *Trichoderma asperellum*) [39]. Przypuszcza się, że zdolność biosyntezy nanocząstek ze zdysocjowanej soli srebra chroni wymienione mikroorganizmy przed znacznie bardziej toksyczną, jonową formą tego pierwiastka. Ostatnio stwierdzono proces adaptacji *Bacillus subtilis* do wewnątrzkomórkowego stresu oksydacyjnego wywołanego długoterminową ekspozycją na działanie nanocząstek srebra [10].

Sposób antybakteryjnego działania nanocząstek srebra nie został w pełni wyjaśniony, jednak przedstawione przez naukowców hipotezy wydają się być ze sobą zgodne. Nanocząstki srebra są w stanie zakotwiczyć się i penetrować błony bakteryjne dzięki interakcji z białkami powierzchniowymi, ostatecznie prowadząc do zmian strukturalnych warstwy białkowo-lipidowej, zaburzenia transportu i śmierci komórki. Stwierdzono również, że proponowany mechanizm uśmiercania mikroorganizmów jest związany z wytworzeniem wolnych rodników, które uruchamiają kaskadową reakcję peroksydacji lipidów i destabilizację błony [14, 20]. Jednocześnie wykazano, że poza nielicznymi wyjątkami, większą tolerancję na nanocząstki srebra wykazują bakterie Gram-dodatnie, których ściana komórkowa składa się z wielu warstw peptydoglikanu – mureiny, mającej silny ładunek ujemny. Prawdopodobnie taka właściwość fizykochemiczna ściany bakteryjnej hamuje kontakt srebra z komórkową błoną cytolazmatyczną [7]. Współodpowiedzialnymi skutków antymikrobiologicznego działania metalicznego srebra są także jony tego pierwiastka uwalniane na powierzchni nanocząstek, zgodnie z zasadą: im mniejsze są nanocząstki, tym większą rolę w hamowaniu wzrostu bakterii odgrywa forma jonowa srebra [40]. Kationy metalu obecne w cytolazmie nie są skutecznie usuwane z komórki, w wyniku uszkodzeń wywołanych przez nanocząstki. Srebro w postaci jonowej wchodzi w reakcję z grupami tiolowymi peptydów i białek enzymatycznych oraz zasadami zawierającymi fosfor, zaburzając metabolizm komórki, a zarazem wywołując stres oksydacyjny. Dalsze uszkodzenia mogą być spowodowane oddziaływaniem nanocząstek srebra z DNA i hamowaniem podziału komórek i replikacji DNA. Ponadto wysunięto hipotezę, że hamowanie wzrostu bakterii może odbyć się na szlaku interakcji nanocząstek srebra z fosfotyrozyną wchodzącą w skład bakteryjnych peptydów odpowiedzialnych za przekazywanie sygnałów w komórce [37].

Oprócz potencjału antymikrobiologicznego, nanocząstki srebra są zdolne do modulacji molekularnych szlaków komórek zwierzęcych, co wykazano zarówno w badaniach *in vitro*, jak i *in vivo*. Liczne badania wskazują na właściwości przeciwwzapalne nanocząstek srebra, związane z hamowaniem ekspresji czynnika nowotworów (TNF), interleukiny 12 i 1 oraz indukcją apoptozy komórek zapalnych [2], a także ze zmniejszeniem ekspresji jądrowego czynnika stanu zapalnego Nf-kB [32]. Ponadto stwierdzono modulującą rolę srebra w aktywności cytokin zaangażowanych w proces gojenia się ran [42]. Istotne wydaje się również to, że nie stwierdzono wpływu nanocząstek srebra na oksydacyjną degradację DNA w mięśniach zarodków kur, którym podawano nanocząstki metodą *in ovo* [33].

Prace badawcze poszukujące aplikacji dla potencjału nanocząstek srebra w produkcji rolno-spożywczej nie są tak dynamiczne jak w przypadku obszarów biologii i medycyny, ze względu na ogromną skalę potrzeb rynku, niebezpieczeństwo kumulacji w finalnych produktach oddziałujących permanentnie na organizm ludzi i zwierząt oraz brak kontroli nad obecnością i interakcją nanocząstek ze środowiskiem. Mimo to naukowcy inspirowani nowymi możliwościami nanotechnologii w dziedzinach rolniczych pogłębiają wiedzę na temat możliwości wykorzystania nanomateriałów dla dobra ludzi i zwierząt.

Jednym z najważniejszych kryteriów oceny środowiska wewnętrznego budynków inwentarskich jest stan mikrobiologiczny pomieszczeń oraz poszczególnych jego elementów, takich jak podłoga, ściany, ściółka, kojce, stoły paszowe, pasza itd. Banach i wsp. [1] zauważyli korzyści płynące ze stosowania nanocząstek srebra w dezynfekcji aparatów wylęgowych dla drobiu. Wzorek i Konopka [43] opisali właściwości antymikrobiologiczne nanokoloidu srebra i krzemu, podkreślając, że w przemyśle przetwórczym

asortymentu zwierzęcego obecność dużej ilości tłuszczu utrudnia kontakt bakterii i grzybów z cząstkami srebra. Z kolei Myczko i Kołodziejczak [21] stwierdzili redukcję stężenia amoniaku w powietrzu chlewni dzięki filtrom systemu wentylacji, złożonym z nanocząstek srebra osadzonych na matrycy polipropylenowej. Do neutralizacji amoniaku pochodzącego z odchodów kur wykorzystano preparat złożony z minerału ilastego – wermikulitu i nanocząstek srebra zawieszonych w wodzie. Po podaniu preparatu pod ściółkę na początku doświadczenia stwierdzono redukcję zawartości amoniaku w strefie nadściółkowej oraz w samej ściółce i jednoczesną redukcję ogólnej liczby bakterii, w porównaniu do grupy kontrolnej, w której nie zastosowano preparatu [5]. Należy podkreślić, iż sam wermikulit jest dobrym adsorbentem amoniaku [23]. Zwierzęta utrzymywane na ściółce z preparatem miały zwiększoną koncentrację srebra w wątrobie, płucach i skórze brzuszej w porównaniu do grupy kontrolnej.

Prace badawcze nad nanocząstkami srebra uzyskanymi metodą wyładowań elektrycznych prowadzone były w Katedrze Żywności Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Nauk o Zwierzętach SGGW. Tematyka badań obejmowała ocenę toksyczności, wpływu na odporność, czynniki stanu zapalnego i przemianę energii. Ponadto weryfikowano wykorzystanie koloidu jako czynnika antymikrobiologicznego względem patogenów przewodu pokarmowego drobiu i trzody chlewnej w badaniach *in vitro* i *in vivo*. Wyniki dostarczyły ważnych informacji, dających dobre podstawy do przyszłych aplikacji nanocząstek srebra w obszarach związanych z produkcją zwierzęcą. Badania *in vitro* potwierdziły właściwości antybakteryjne nanocząstek srebra względem patogenów przewodu pokarmowego drobiu, w tym szczepów *Escherichia coli* i *Salmonella enteritidis* [31, 34]. Pomimo że wyniki doświadczeń na zwierzętach różniły się w sposób istotny od testów laboratoryjnych, to jednak ujawniły o wiele szerszy potencjał nanocząstek srebra niż początkowo zakładano. Udowodniono na przykład, że nanokoloid srebra o koncentracji 25 mg/l, podawany przez 21 dni wpłynął na zwiększenie liczby bakterii z grupy *Lactobacillus* w jelicie ślepym przepiórek. Nie wykazano innych efektów działania nanocząstek, zarówno względem komórek jelita cienkiego, jak i innych, zdiagnozowanych bakterii jelitowych [30]. Co więcej, koloid o tej samej koncentracji nanocząstek srebra nie zahamował namnażania się *Salmonelli enteritidis*, którą podano *per os* pisklątom brojlerów, chociaż po trzech dniach u zakażonych zwierząt zwiększyła się koncentracja bakterii z grupy LAB, aby w 7. dniu doświadczenia zrównać swoje wartości z grupą kontrolną [16]. Kinetyka reakcji metalicznego srebra ze zmiennym środowiskiem przewodu pokarmowego jest dziedziną bardzo mało poznaną i nie jest wykluczone, że szeroki zakres pH (2-8), mieszanina wielu prostych i złożonych związków chemicznych, mikroflora oraz komórki układu odporności tłumią skutecznie pożądane właściwości nanocząstek. Dlatego podjęto próbę wykorzystania stabilnych matryc polisacharydowych, dzięki którym nanocząstki srebra będą bardziej skuteczne np. w kontakcie z komórkami nabłonka lub z mikroflorą na całej długości przewodu pokarmowego. Wstępne wyniki badań na prosiętach wskazują, że pięciokrotne podanie *per os* nanocząstek srebra na nośniku polisacharydowym zwiększyło istotnie przyrosty masy ciała w 42. dniu życia zwierząt (dane niepublikowane).

Współpraca Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego z Uniwersytetem w Kopenhadze umożliwiła poszerzenie badań nad właściwościami koloidu nanocząstek srebra w dziedzinie stymulacji wzrostu i rozwoju zwierząt modelowych i gospodarskich. W Katedrze Żywności Zwierząt i Gospodarki Paszowej, dzięki badaniom *in ovo*, wykluczono toksyczność koloidu o koncentracji do 25 mg/l podawanego w formie iniekcji. Nie stwierdzono wpływu nanocząstek na wskaźniki morfologiczne i biochemiczne krwi obwodowej 18-dniowych embrionów kurzych [9], a także dowiedziono, że cząstki srebra odkładane w kościach nie wpływają na ich właściwości fizyczne, w tym wytrzymałość na rozciąganie i twardość [38]. Badania Pinedy i wsp. [28] wykazały, że nanocząstki srebra podawane poprzez iniekcję do jaja zwiększają pobranie tlenu przez zarodki kury we wczesnym okresie embriogenezy, co może

wskazywać na efektywniejsze wykorzystanie tłuszczu w tym okresie i oszczędzanie rezerw węglowodanowych. W dalszych badaniach nie potwierdzono efektu produkcyjnego nanocząstek dostarczanych w iniekcji *in ovo*, na podstawie oceny masy ciała i masy mięśni piskląt zaraz po wykluciu i po 28 dniach odchowu [29]. Jakkolwiek obserwowano poprawę jakości struktury morfologicznej mięśnia piersiowego w 20. dniu inkubacji zarodków. Prawdopodobnie brak efektu produkcyjnego mógł być spowodowany modyfikacjami potrancyjnymi takich białek mięśni szkieletowych, jak FGF i VEGFA, które pod wpływem nanocząstek srebra uległy zwiększonej ekspresji tylko i wyłącznie na poziomie mRNA [11].

W wielu doświadczeniach oceniających aktywność biologiczną nanocząstek srebra skupiono się na mechanizmach odpowiedzialnych za stres komórkowy w tkankach rozwijających się embrionów kurzych. W tym obszarze tematycznym prowadzone eksperymenty potwierdziły potencjał przeciwzapalny nanokoloidu srebra [9]. Mechanizm reakcji w dużym stopniu zależał jednak od rodzaju komórek, które *in vitro* mogą aktywować szlaki zarówno apoptozy (keratynocyty), jak i nekrozy (monocyty) [24]. W przypadku zarodków szczepionych *in ovo* przeciwko chorobie Gumboro nanocząstki zwiększyły ekspresję białek szoku cieplnego HSP70 oraz zwiększyły koncentrację przeciwciał grupy IgG w surowicy, co jest dobrym prognostykiem w wykorzystaniu srebra jako składnika adiuwantu w szczepionkach przeciwwirusowych dla drobiu [9].

Naukowcy odkrywają jednak drugą stronę medalu. Zwiększone stężenie nanocząstek srebra o ustalonej koncentracji i średnicy może wywołać efekty neurotoksyczne w badaniach *in vitro* i *in vivo*. Z wyników wielu szczegółowych badań wypływają wnioski, że u podstaw zagrożeń nanocząstkami srebra dla tkanek i komórek zwierząt i ludzi leżą zaburzenia układu oksydoredukcyjnego, zmniejszona koncentracja glutationu, degradacja grup tiolowych w białkach cytozolowych i błon komórkowych, zaburzenia aktywności mitochondrialnej i destabilizacja błon komórkowych.

Udokumentowana wiedza na temat toksyczności nanocząstek srebra i zdolność ich kumulacji w tkankach (w zależności od modelu doświadczalnego) [4, 15] bardzo silnie ogranicza potencjał aplikacyjny, w którym wymagany jest długoterminowy kontakt zwierząt z tym pierwiastkiem w formie nano. Jednak także naukowcy mogą stać się ofiarami braku kryteriów i standaryzacji w ocenie nanopreparatów, z jakich korzystają w doświadczeniach. Loghan i wsp. [17] dowiedli toksycznego działania komercyjnego nanokoloidu srebra (Nanocid) o koncentracji zaledwie 4 mg/l. Badania prowadzone były na brojlerach, którym koloid podawany był w poidłach przez cały okres odchowu (42 dni). Metodyka doświadczenia zakładała przygotowanie koloidu z preparatu „wyściowego” o stężeniu 4000 mg/l [17]. Tak duża koncentracja rozproszonych w wodzie cząstek jest możliwa tylko po chemicznej stabilizacji związkami wchodzącymi w skład rozpraszacza lub warstwy pokrywającej obiekty rozpraszane. Autor nie scharakteryzował jednak chemicznych właściwości preparatu i nie jest pewne czy efekt biologiczny, opisany w wynikach pracy, został wywołany tylko przez nanocząstki srebra, czy także przez związki stabilizujące. W innych badaniach [35] preparat Nanocid wykorzystano jako środek dezynfekcyjny dodawany do wody (stężenie od 1 do 20 mg/l) w odchowu narybku pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*). Przedstawione wyniki potwierdziły zależne od dawki działanie toksyczne nanocząstek (niedotlenienie, letarg, zaburzenia w pływaniu, przyspieszenie wentylacji skrzelii), jednak autorzy stwierdzili, że koloid jest bardziej ekonomiczny i bezpieczniejszy niż powszechnie stosowane w dużych dawkach preparaty dezynfekcyjne, np. zieleń malachitowa, formalina, siarczan miedzi, chloramina. Trudno jest ocenić skalę ryzyka związanego z uwolnieniem do środowiska wodnego nanocząstek, mogących mieć wykorzystanie w akwakulturze. Strużyński i wsp. [41] wykazali, że ekspozycja raków pręgopatych (*Orconectes limosus*) na nanocząstki srebra o koncentracji od 1 do 50 mg/l wpłynęła na niedobór zredukowanego glutationu i zaburzenie mechanizmów antyoksydacyjnych w wątrobo-trzustce.

Bezpieczeństwo żywności oraz pasz jest istotnym elementem rynku wewnętrznego, a warunki nadzoru nad jakością asortymen-

tu wprowadzanego do obrotu muszą obejmować szereg działań gwarantujących zdrowie i ogólne dobro konsumentów. Z tego powodu dodatki paszowe i żywność, zanim zostaną wprowadzone do obrotu, zastosowane lub przetworzone na terytorium Unii Europejskiej, poddawane są ocenie bezpieczeństwa, na podstawie której wydawana jest decyzja związana z rejestracją. Za przeprowadzenie oceny wniosku rejestracyjnego odpowiedzialny jest Europejski Urząd do Spraw Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), wspierany przez Unijne Laboratorium Referencyjne do Spraw Dodatków Paszowych. W 2009 roku EFSA wydało opinię [6] na temat wpływu nanomateriałów (NM) na bezpieczeństwo żywności, pasz i związanych z tym zagrożeń dla ludzi i zwierząt. W postanowieniach końcowych dokumentu zwrócono uwagę na jeszcze niedoskonały system parametryzacji (charakterystyka, ocena jakościowa i ilościowa) nanocząstek w żywności, paszach i matrycach biologicznych. EFSA wyraziła zaniepokojenie, że wciąż brakuje wystarczająco pewnych informacji na temat toksykokinetyki i toksykologii nanomateriałów (szczególnie w kontakcie doustnym) oraz ich wpływu na środowisko. W podsumowaniu zwrócono uwagę na konieczność stworzenia osobnych kryteriów oceny ryzyka dla nanomateriałów w obszarze żywności i pasz. Ponadto stworzone normy powinny brać pod uwagę zarówno parametry specyficzne dla konkretnego NM, jak i te wskaźniki, które odnoszą się do danej grupy materiałów o podobnych właściwościach. Kolejnym punktem krytycznym oceny ryzyka NM są metody przygotowania próbek do badań toksykologicznych. Istnieje duże niebezpieczeństwo, że standardowe protokoły badań mogą nie brać pod uwagę trudno wykrywalnych, dodatkowych efektów biologicznych nanomateriałów. Co więcej, odmienne właściwości fizykochemiczne NM od ich konwencjonalnych odpowiedników nie pozwalają na ekstrapolację wyników z toksyczności i toksykokinetyki, co rodzi dodatkowe utrudnienia w interpretacji danych eksperymentalnych. Dodatkowo ocena ryzyka wykorzystania nanomateriałów w przemyśle spożywczym i paszowym powinna zawierać informację na temat biologicznych skutków ich pożycia. W przypadku zdolności absorpcji NM w świetle przewodu pokarmowego należy przeprowadzić szereg badań na genotoksyczności i kinetykę toksyczności. Takie same procedury dotyczą nanomateriałów stosowanych w celu zwiększenia biodostępności przyłączanych substancji biologicznie czynnych (tzw. nośników). Reasumując EFSA podkreśla, że zasady oceny ryzyka stosowania NM są nadal w fazie opracowania. Szczegółowego dopracowania wymaga metodyka pomiarów i analiz NM w żywności i paszy oraz optymalizacja metod oceny toksyczności i interpretacja danych. Na tym etapie opracowywania standardów, każda już przeprowadzona indywidualna ocena ryzyka będzie obciążona dużym stopniem niepewności. Radykalne oświadczenie Europejskiego Urzędu do Spraw Bezpieczeństwa Żywności raczej nie daje nadziei na rychłe wdrożenie produktów nanotechnologii, w tym dodatków paszowych lub środków mających bezpośredni kontakt z paszami lub żywnością. Jednak nanorewolucja już się zaczęła i prędzej czy później wymogi EFSA zostaną spełnione, a czekające w kolejce patenty wreszcie przełożą się na postęp i innowacyjność w produkcji rolniczej, w szczególności zwierzęcej.

\*Referat plenarny – XVII Warsztaty Zootechniczne w Warszawie

**Literatura:** 1. Banach M., Tymczyna L., Chmielewiec-Korzeniowska A., Makara A., Pulit J., Staroń P., 2011 – Technic. Trans. 10, 21-30. 2. Bhol K.C., Schechter P.J. 2007 – Digestive Dis. Sci. 52, 2732-2742. 3. Chaloupka K., Malam Y., Seifalian A.M., 2010 – Trends Biotechnol. 28, 11, 580-588. 4. Chen X., Schluesener H.J., 2008 – Toxicol. Lett. 176, 1, 1-12. 5. Czyż K., 2011 – Rozprawa doktorska, UP Wrocław. 6. EFSA, 2009 – EFSA J. 958, 1-39. 7. Egger S., Lehmann R.P., Height M.J., Loessner M.J., Schuppler M., 2009 – Appl. Environ. Microbiol. 75, 2973-2976. 8. EPA, 2010 – Scientific, Technical, Research, Engineering and Modeling Support. Final Report. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development, Washington. 9. Grodzik M., 2008 – Rozprawa doktorska, SGGW Warszawa. 10. Gunawan C., Teoh W.Y., Marquis C.P., Amal R., 2013 – Small (online) DOI: 10.1002/smll.201300761. 11. Hotowy A., Sawosz E., Pineda L., Sawosz F., Grodzik M., Chwalibóg A., 2012 – Nanoscale Research Letters 7, 418-425. 12. Jill E., Millstone J.E., Hurst S.J., Metraux G.S., Cutler J.I., Mirkin Ch.A., 2009 – Small 6, 646-664. 13. Kelsall R.W., Hamley I.W., Geoghegan M., 2008 – Nanotechnology. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa. 14. Kim J.S., Kuk E., Yu K.N., Kim J.H., Park S.J., Lee H.J., Kim S.H., Park Y.K.,

Park Y.H., Hwang C.Y., Kim Y.K., Lee Y.S., Jeong D.H., Cho M.H., 2007 – Nanomedicine 3, 95-101. 15. Lem K.W., Choudhury A., Lakhani A.A., Kuyate P., Haw J.R., Lee D.S., Iqbal Z., Brumlik C.J., 2012 – Recent Pat Nanotechnol. 6, 60-72. 16. Lepianka A., 2011 – Rozprawa doktorska, SGGW Warszawa. 17. Loghman A., Iraj S.H., Naghi D.A., Pejman M., 2012 – AJB 11, 6207-6211. 38. 18. Malina D., Sobczak-Kupiec A., Kowalski Z., 2010 – Tech. Trans. 10, 183-192. 19. Martinez-Castanon G.A., Nino-Martinez N., Martinez-Gutierrez F., Martinez-Mendoza J.R., 2008 – J. Nanopart. Res. 10, 1343-1348. 20. Morones J.R., Elechiguerra J.L., Camacho A., Holt K., Kouri J.B., Ramirez J.T., Yacaman M.J., 2005 – Nanotechnology 16, 2346-2353. 21. Myczko R., Kołodziejczyk T., 2008 – Int. Agrophysics. 22, 245-248. 22. Niemiec T., Grodzik M., Sawosz E., Muszyńska A., Chwalibóg A., 2012 – Mat. Konf. „Nano-Biotechnology”, 17-18 September, Warsaw. 23. Opaliński S., Korczyński M., Kołacz R., Dobrzański Z., Żmuda K., 2009 – Przemysł Chemiczny 88, 540-543. 24. Orłowski P., Krzyżowska M., Winnicka A., Chwalibóg A., Sawosz E., 2012 – Centr. Eur. J. Immunol. 37, 123-130. 25. Pal S., Tak Y.K., Song J.M., 2007 – Appl. Environ. Microbiol. 73, 1712-1720. 26. Panacek A., Kvitek L., Pucek R., Kolar M., Vecerova R., Pizurova N., Sharma V.K., Tatjana N., Zboril Z., 2006 – J. Phys. Chem. B 110, 16248-16243. 27. Percival S.L., Bowler P.G., Dolman J., 2007 – Int. Wound. J. 4, 186-191. 28. Pineda L., Chwalibóg A., Sawosz E., Hotowy A., Elnif J., Sawosz F., Niemiec T., Ali A., 2010 – EAAP publication No. 127, 213-214. 29. Pineda L., Chwalibóg A., Sawosz E., Lauridsen C., Engberg R., Elnif J., Hotowy A., Sawosz F., 2012 – Open Access Animal Physiol-

ogy 4, 1-8. 30. Sawosz E., Binek M., Grodzik M., Zielińska M., Sysa P., Szmidt M., Niemiec T., Chwalibóg A., 2007 – Arch. Anim. Nutr. 61, 444-451. 31. Sawosz E., Chwalibóg A., Mitura K., Mitura S., Szeliga J., Niemiec T., Rupiewicz M., Grodzik M., Sokołowska A., 2011 – J. Nanosci. Nanotechnol. 11, 7627-7634. 32. Sawosz E., Grodzik M., Lisowski P., Zwierzchowski T., Niemiec T., Zielińska M., Szmidt M., Chwalibóg A., 2010 – Bull. Vet. Inst. Pulawy 54, 81-85. 33. Sawosz E., Grodzik M., Zielińska M., Niemiec T., Olszańska B., Chwalibóg A., 2009 – Arch. Geflügelk. 73, 208-213. 34. Sawosz E., Lepianka A., Sokół L., Grodzik M., Kizerwetter-Swida M., Binek M., Szeliga J., Beck I., Chwalibóg A., 2010 – Regional and local study of South-East Poland. Monography (ed. E. Grela) Tom IV, 148-156. 35. Shahbazzadeh D., Hamed Ahari H., Rahimi N.M., Dastmalchi F., Soltani M., Fotovat M., Rahmanna J., Khorasani N., 2009 – P.J.N 8, 1178-1179. 36. Shahverdi A.R., Fakhimi A., Shahverdi H.R., Minaian S., 2007 – Nanomedicine 3, 168-171. 37. Shrivastava S., Bera T., Roy A., Singh G., Ramachandrarao P., Dash D., 2007 – Nanotechnol. 18, 225103-225111. 38. Sikorska J., Szmidt M., Sawosz E., Niemiec T., Grodzik M., Chwalibóg A., 2010 – J. Anim. Feed Sci. 19, 286-292. 39. Sintubin L., Verstraete W., Boon N., 2012 – Biotechnol Bioeng. 109, 2422-2436. 40. Sotiriou G.A., Pratsinis S.E., 2010 – Environ. Sci. Technol. 44, 5649-5654. 41. Strużyński W., Dąbrowska-Bouta B., Grygorowicz T., Ziemińska E., Strużyńska L., 2013 – Environmental Toxicology (online) DOI: 10.1002/tox.21859. 42. Tian J., Wong K.K., Ho C.M., Lok C.N., Yu W.Y., Che C.M., Chiu J.F., Tam P.K., 2007 – Chem. Med. Chem. 2, 129-136. 43. Wzorek Z., Konopka M., 2007 – Technic. Trans. 1, 175-181.

## System PQS nowoczesnym rozwiązaniem dla producenta, przetwórcy i konsumenta\*

Anna Hammermeister<sup>1</sup>, Tadeusz Blicharski<sup>2</sup>,  
Agnieszka Warda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”

<sup>2</sup>Institut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu

Rosnąca konkurencja, zmienne oczekiwania konsumentów czy pojawiające się zagrożenia na rynku żywnościowym, to niektóre z czynników mobilizujących do podejmowania działań dla wielu gałęzi produkcji rolniczej, w tym dla sektora trzody chlewnej. Inspirują one do poszukiwania sposobów na nowoczesną produkcję oraz większą jej wiarygodność. W te działania wpisują się inicjatywy tworzenia systemów jakości żywności – systemów produkcyjnych obejmujących cały łańcuch dostaw: od pola do stołu. W Europie znane są od lat, u nas pozostają nadal nowością. Tu łączy się wiedzę z różnych obszarów i wykorzystuje działania *know-how*, pozwalające poprawić warunki produkcji i osiągnąć korzyści wszystkim uczestnikom łańcucha produkcyjnego, a przede wszystkim spełnić oczekiwania konsumentów, którzy poszukują produktów ponadstandardowych, oznakowanych, z potwierdzoną gwarancją jakości i bezpieczeństwa.

Przykładem nowoczesnego, kompleksowego i zintegrowanego sposobu produkcji mięsa wieprzowego o ponadstandardowej jakości jest System Jakości Wieprzowiny – PQS (Pork Quality System). PQS powstał z inicjatywy dwóch podmiotów – Polskiego Związku Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS” oraz Związku Polskie Mięso. Jest zgodny z art. 32 ust. 1 lit. b Rozporządzenia Rady (WE) nr 1698/2005 z dnia 20 września 2005 r. w sprawie wsparcia rozwoju obszarów wiejskich przez Europejski Fundusz Rolny na Rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW) i spełnia wymogi dla systemów jakości, określone w artykule 22 Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1974/2006 z dnia 15 grudnia 2006 r. To pozwoliło Ministrowi Rolnictwa i Rozwoju Wsi w dniu 11 grudnia 2009 r. uznać System Jakości Wieprzowiny PQS za krajowy system jakości żywności.

Celem systemu jest produkcja chudego, nieprzetłuszczonego kulinarnego mięsa wieprzowego, przy zachowaniu ważnych dla konsumentów i przetwórców parametrów jakości mięsa, zwiększających jego trwałość, przydatność kulinarną i przetwórczą oraz smakowość i atrakcyjność dla konsumentów. Gwarancją są wybrane cechy jakości mięsa, które charakteryzują w pełni mięso kulinarne pod względem jego dalszej przydatności kulinarnej i przetwórczej oraz są zauważalne przez konsumenta w momencie zakupu. Na potrzeby certyfikacji, ich wiarygodność jest weryfikowana metodami laboratoryjnymi podczas niezależnej kontroli.

System obejmuje cały łańcuch procesu produkcyjnego: od hodowli, poprzez produkcję prosiąt, żywca wieprzowego, obrót przedubojowy, ubój, przetwórstwo, aż po dystrybucję. Sposób produkcji jest zgodny z obowiązującymi wymogami prawa w zakresie dobrostanu i zdrowia zwierząt, roślin oraz ludzi, jak również z wymogami ochrony środowiska.

System jest otwarty dla wszystkich producentów, co wynika z Regulaminu wspólnego znaku towarowego gwarancyjnego PQS, a udział w nim jest dobrowolny.

Ten sposób produkcji zapewnia pełną identyfikowalność produktów na wszystkich etapach realizacji wyrobu. Identyfikacja opiera się na indywidualnym oznakowaniu zwierząt stada podstawowego i produktów końcowych oraz na prowadzonej dokumentacji, pozwalającej na odtworzenie w dowolnym kierunku drogi produkcji i dystrybucji.

System PQS odpowiada przewidywanej koniunkturze na rynku oraz zapewnia spełnienie oczekiwań klientów na wysoką, powtarzalną i wiarygodną jakość mięsa wieprzowego, poprzez zdefiniowane i nadzorowane kryteria oraz warunki produkcji.

Uzyskanie gwarantowanej przez System Jakości Wieprzowiny PQS ponadstandardowej jakości mięsa wynika z dodatkowych obowiązków nałożonych na uczestników systemu na każdym etapie procesu produkcyjnego, gdzie oprócz zapewnienia zgodności z wymogami obowiązującego prawa, uczestnicy dobrowolnie zgadzają się na przestrzeganie dodatkowych wymogów w procesie produkcyjnym po to, aby zapewnić lepsze parametry mięsa wieprzowego, decydujące o jego wartości konsumpcyjnej i przetwórczej.

### WYMAGANIA DLA PRODUCENTÓW TRZODY CHLEWNEJ

**Stosowanie właściwych ras.** Profil rasowy zwierząt objętych Systemem Jakości Wieprzowiny PQS bazuje między innymi na wykorzystaniu potencjału genetycznego ras: wielkiej białej polskiej (wbp), polskiej białej zwisłouchej (pbz), duroc i hampshire. Są to rasy o wysokiej zawartości mięsa w tuszy, niskim otłuszczeniu, korzystnym poziomie tłuszczu śródmięśniowego IMF. Cechy te są przekazywane na potomstwo. Do produkcji tuczników nie można wykorzystywać świń czystej rasy pietrain. Dla uniknięcia kłopotów związanych z pogorszoną jakością mięsa i wrażliwością na stres, świnię tej rasy są stosowane w Systemie Jakości Wieprzowiny PQS wyłącznie jako jeden z komponentów ojcowskich, w formie mieszańca (z rasą duroc lub hampshire).