

AUTOREFERAT

Dr Renata Cegielska-Radziejewska

Katedra Zarządzania Jakością Żywności
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań 2015 r.

1. IMIĘ I NAZWISKO

Renata Cegielska-Radziejewska

2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

- **magister biologii**, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 1989
- **doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia**, Katedra Technologii Produktów Drobiarskich, Wydział Technologii Żywności, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 1999; Tytuł rozprawy doktorskiej: „Rola modyfikowanej atmosfery w przedłużaniu trwałości wyrobów z mięsa drobiowego przechowywanych w warunkach chłodniczych” (Promotor: prof. dr hab. Jan Pikul).

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU

2002 – obecnie Adiunkt, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (do 2007 roku Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego)

2000 - 2002 Adiunkt, Katedra Technologii Produktów Drobiarskich, Wydział Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Poznaniu

1991 - 2000 Asystent, Katedra Technologii Produktów Drobiarskich, Wydział Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Poznaniu

1989 - 1991 Asystent, Pracownia Mikrobiologii, Szpital Kliniczny Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

od 1.10.2013 Kierownik Zakładu Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

„Aktywność przeciwbakteryjna modyfikowanego lizozymu z białka jaja kurzego i możliwości jej wykorzystania w przedłużaniu trwałości mięsa”

4.1. Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J., Szablewski T., Zabielski J. 2009. Effects of treatment with lysozyme and its polymers on the microflora and sensory properties of chilled chicken breast muscles. Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 53, 3: 455-461. ***if*₂₀₀₉= 0,218; 15 pkt MNiSW**

4.2. Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J. 2009. Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. European Food Research and Technology, 228: 841-845. ***if*₂₀₀₉= 1,370; 25 pkt MNiSW**

4.3. Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Szablewski T., Kijowski J. 2010. Physico-chemical properties and antibacterial activity of modified egg white-lysozyme. European Food Research and Technology, 231: 959-964. ***if*₂₀₁₀= 1,585; 25 pkt MNiSW**

4.4. Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2013. Effect of modified lysozyme on the microflora and sensory attributes of ground pork. Journal of Food Protection, 76, 2: 338-342. ***if*₂₀₁₃=1,797; 25 pkt MNiSW**

4.5. Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2014. Inhibition of food-borne bacteria by thermochemically modified egg white lysozyme. African Journal of Microbiology Research, 8 (6): 590-597. ***if*₂₀₁₂=0,539; 15 pkt₂₀₁₂ MNiSW**

4.6. Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2014. Use of thermochemically modified lysozyme to extend the shelf-life of food. Przemysł Chemiczny, 93/4: 542-546. ***if*₂₀₁₄= 0,367; 15 pkt MNiSW**

Łącznie: *if* z roku opublikowania – **5,337**; Punkty MNiSW - **105**

We wszystkich pracach jestem pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym. Kopie prac naukowych stanowiących główne osiągnięcie naukowe wraz z oświadczeniami współautorów określających ich indywidualny wkład w powstanie każdej z publikacji stanowią *Załącznik 4*.

Dla powyższych publikacji ilość punktów odpowiada punktacji czasopism umieszczonej na liście MNiSW z dnia 31.12.2014 roku. W przypadku publikacji 5 ilość punktów podano zgodnie z listą MNiSW z dnia 20.12.2012 roku, nie wliczając ich do sumy punktów.

- b) omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

WPROWADZENIE

Wzrost świadomości i zainteresowania konsumentów żywnością bezpieczną dla zdrowia, powoduje poszukiwanie przez producentów żywności naturalnych środków o działaniu utrwalającym, które mogłyby zastąpić stosowane substancje chemiczne. Jedną z takich propozycji może stanowić lizozym (E.C.3.2.1.17), enzym (14400 Da) powszechnie występujący w przyrodzie w wydzielinach, płynach ustrojowych, w tkankach ludzi i zwierząt. Lizozym wyizolowano również z bakterii, bakteriofagów i roślin. Źródłem pozyskiwania enzymu na skalę przemysłową jest białko jaja kurzego, w którym stanowi 3,5% udziału wszystkich zawartych w nim białek i bierze udział w tworzeniu bariery ochronnej treści jaj przed drobnoustrojami. Zainteresowanie lizozymem związane jest z jego cennymi właściwościami przeciwbakteryjnymi, przeciwwirusowymi i przeciwgrzybicznymi, umożliwiającymi wykorzystanie enzymu zarówno w medycynie oraz weterynarii, jak i w przemyśle spożywczym (Proctor i Cunningham 1988). Bakteriolityczne działanie enzymu polega na hydrolizie wiązań $\beta(1-4)$ - glikozydowych pomiędzy kwasem N-acetylmuraminowym a N-acetyloglucozaminą w warstwie peptydoglikanu, czego efektem jest liza ścian komórkowych bakterii. Różnice w budowie ściany komórkowej pozwalają tłumaczyć zróżnicowaną wrażliwość bakterii na działanie lizozymu. Ściana bakterii gramdodatnich zbudowana jest z 40 warstw peptydoglikanu (mureiny), podczas gdy bakterie gramujemne mają pojedynczą warstwę peptydoglikanu, otoczoną błoną zewnętrzną. W przypadku bakterii gramdodatnich i gramujemnych warstwa mureinowa stanowi odpowiednio 50%-90% i 10%-20% suchej masy ściany komórkowej (Ibrahim i in., 2002). Przeciwbakteryjne działanie monomeru lizozymu dotyczy przede wszystkim bakterii gramdodatnich, w przypadku których substrat lizozymu - peptydoglikan wyeksponowany jest na działanie enzymu. Bakterie gramujemne są w większości odporne na działanie lizozymu, ze względu na obecność bariery w postaci błony zewnętrznej otaczającej warstwę peptydoglikanu. Znajdujące się w kompleksie polisacharydowo-peptydowym polipeptydy, lipoproteidy i lipopolisacharydy (LPS) tworzą warstwę ochronną, utrudniającą rozkład ścian komórkowych bakterii. Dostęp lizozymu do warstwy mureinowej, w przypadku wielu bakterii gramujemnych, staje się możliwy dopiero po dodaniu czynnika chelatującego, dezintegrującego liposacharydową strukturę błony komórkowej (Boland i in., 2003). Stwierdzono jednak, że budowa ściany komórkowej nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na podatność bakterii na działanie enzymu. Należy podkreślić, że są bakterie

gramododatnie odporne na działanie monomeru lizozymu, jak również bakterie gramujemne podatne na działanie enzymu. Zarówno w przypadku bakterii gramujemnych, jak niektórych gramododatnich bakteriostatyczne i bakteriobójcze działanie lizozymu może być związane nie tylko z aktywnością hydrolityczną, ale z innymi nieenzymatycznymi mechanizmami (Masschalck & Michiels, 2003).

Lizozym białka jaja jest jednym z naturalnych środków o działaniu przeciwbakteryjnym, mających zastosowanie w utrwalaniu żywności. W 1992 roku WHO/FAO uznało lizozym za środek bezpieczny dla zdrowia konsumentów, co spowodowało ogromny wzrost zainteresowania jego praktycznym użytkowaniem. Dodatkową cechą umożliwiającą wykorzystanie enzymu w utrwalaniu żywności jest jego wysoka stabilność. Jest białkiem termostabilnym, szczególnie w środowisku kwaśnym. W postaci suszonego produktu lizozym może być przechowywany w temperaturze do 30°C przez okres ponad 6 miesięcy bez utraty swojej aktywności enzymatycznej (Masschalck & Michiels, 2003). Na terenie Unii Europejskiej jego stosowanie dopuszczone jest jedynie w nielicznych przypadkach, np. w produkcji serów dojrzewających, co stanowi dotychczas najistotniejsze komercyjne wykorzystanie enzymu. Stosowany jest również w produkcji fermentowanych wyrobów winiarskich. Na znacznie szerszą skalę lizozym wykorzystywany jest w krajach Azji, przede wszystkim w utrwalaniu żywności pochodzenia zwierzęcego, wyrobów garmażeryjnych, owoców, warzyw, wina jak również wyrobów żelowych typu kamaboko. Należy wspomnieć, że jako enzym o właściwościach przeciwbakteryjnych i przeciwwirusowych znajduje też zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym i weterynarii. Stanowi środek wspomagający terapię w zakażeniach bakteryjnych i wirusowych, w chorobach skóry, oczu, jamy ustnej jak również w chorobach nowotworowych (Proctor & Cunningham, 1988; Cunningham i in., 1991; Johnson, 1994). Możliwości praktycznego stosowania monomeru lizozymu są bardzo szerokie i w dużym zakresie wykorzystywane. Należy jednak podkreślić, że przeciwbakteryjne działanie enzymu, skierowane przede wszystkim wobec bakterii gramododatnich, ogranicza jego zastosowanie w przemyśle spożywczym. Znaczną część bakterii, zarówno patogennych, jak również powodujących psucie się żywności w czasie przechowywania stanowią bakterie gramujemne. Spektrum działania lizozymu można rozszerzyć stosując enzym w połączeniu z innymi związkami, np. EDTA (kwas etylenodiaminotetraoctowy), glicyną czy laktoferyną. Ponadto stwierdzono, że w określonych warunkach lizozym z białka jaja wykazuje zdolność do asocjacji i tworzenia form oligomerycznych (Jolles & Jolles 1984). Tak zmieniony enzym efektywniej działa na bakterie przede wszystkim gramujemne. Dlatego też bardziej skuteczne przeciwbakteryjne działanie lizozymu uzyskuje się również stosując jego modyfikacje, w wyniku których otrzymuje się dimer i formy oligomeryczne enzymu (Leśnierowski & Cegielska,

2012). Stwierdzono, że zmiana właściwości lizozymu w czasie modyfikacji może wpływać na jego przeciwbakteryjne działanie. Aktualnie prowadzone badania dotyczą przede wszystkim chemicznych, termiczno-chemicznych i genetycznych modyfikacji enzymu. Pierwsze z nich polegają na tworzeniu połączeń lizozymu z substancjami współdziałającymi z nim w bakteriobójczym oddziaływaniu, takimi jak: dekstran czy galaktomannoza (Ibrahim i in., 1991; Nakamura i in., 1992; Aminlari i in., 2014), a drugie oparte są głównie na procesach termicznych (Ibrahim i in., 1996; Ibrahim, 2003; Leśnierowski i in., 2004). Badania dotyczące modyfikacji w znacznej mierze skupiają się na mechanizmach modyfikacji.

Prowadzono również badania kliniczne spolimeryzowanego enzymu dokumentujące nowe możliwości jego wykorzystania w medycynie, farmakologii i weterynarii. Skuteczne działanie lizozymu potwierdzono w licznych badaniach klinicznych przeprowadzonych na zwierzętach. Stwierdzono, że forma dimeryczna lizozymu stymuluje fagocytozę oraz produkcję interferonu α , wzmacnia aktywność limfocytów cytotoksycznych wobec komórek zakażonych wirusami oraz wykazuje zdolność niszczenia niektórych komórek nowotworowych. W weterynarii znalazł zastosowanie lek o nazwie handlowej Lydium, którego skuteczność działania w przypadku wielu chorób potwierdziło szereg badań naukowych. Stwierdzono również, że cytotoksyczność dimeru jest znacznie niższa w porównaniu z monomerem lizozymu, co umożliwia jego bezpieczne stosowanie (Kiczka, 2001; Malinowski, 2001).

W Katedrze Zarządzania Jakością Żywności w Poznaniu od wielu lat prowadzone są wielokierunkowe badania dotyczące modyfikacji lizozymu z białka jaja kurzego i oceny jego właściwości. Większość proponowanych rozwiązań jest całkowicie nowa, nie opisana dotąd w literaturze. Opracowane dotychczas metody umożliwiają uzyskanie preparatów lizozymu, będących mieszaniną monomeru, dimeru bądź wyższych form oligomerycznych. Efektem realizowanych w kilku etapach badań są liczne prace naukowe oraz komunikaty prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Spośród nich wybrałam sześć stanowiących monotematyczny cykl publikacji. Głównym celem przedstawionego cyklu publikacji jest ocena aktywności przeciwbakteryjnej modyfikowanego lizozymu i możliwości wykorzystania jej w przedłużaniu trwałości mięsa.

Cele szczegółowe monotematycznego cyklu publikacji to:

- analiza wpływu metod modyfikacji chemicznych i termiczno-chemicznych lizozymu na jego aktywność przeciwbakteryjną wobec wybranych szczepów bakterii

- określenie zależności pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi a aktywnością przeciwbakteryjną preparatów lizozymu uzyskanych w wyniku modyfikacji chemicznych i termiczno-chemicznych
- ocena przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu wobec wybranych szczepów bakterii gramdodatnich i gramujemnych w warunkach modelowych, w bulionie
- ocena potencjalnych możliwości wykorzystania modyfikowanego lizozymu do przedłużenia trwałości mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych

WYNIKI

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J., Szablewski T., Zabielski J. 2009. Effects of treatment with lysozyme and its polymers on the microflora and sensory properties of chilled chicken breast muscles. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 53, 3, 455-461.

Efektywne przeciwbakteryjne działanie monomeru lizozymu wobec bakterii gramdodatnich stało się inspiracją do określenia właściwości przeciwbakteryjnych enzymu po jego modyfikacji. Na podstawie wcześniejszych badań, przeprowadzonych w warunkach modelowych, wykazano inhibujące działanie modyfikowanego lizozymu również wobec bakterii gramujemnych (Leśnierowski i in., 2004). W preparatach lizozymu po modyfikacji obok monomeru stwierdzono obecność form oligomerycznych. W literaturze brak jakichkolwiek danych dotyczących zastosowania innych niż monomer form lizozymu do utrwalania żywności. Nie umieszczone w pracy wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań modelowych, wykazały efektywne działanie dimeru lizozymu, zarówno wobec bakterii gramdodatnich, jak również gramujemnych, takich jak: *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*. Dlatego też podjęłam badania, których celem była wstępna ocena możliwości wykorzystania przeciwbakteryjnego potencjału dimeru lizozymu jak i jego modyfikowanych preparatów w utrwalaniu mięsa. W przeprowadzonych badaniach porównałam wpływ działania monomeru, dimeru i preparatów modyfikowanego lizozymu na trwałość elementów tuszek kurcząt (mięśni piersiowych) przechowywanych w warunkach chłodniczych. Powierzchnię mięśni piersiowych pokryto roztworami lizozymu i pakowano w atmosferze powietrza. W badaniach stosowano preparaty powstałe z połączenia prób lizozymu poddanego niskotemperaturowej modyfikacji chemicznej w temperaturach 0°C, 5°C i 10°C przez okres 24 - 144 godzin, przy pH 4 i pH 10 (2% H₂O₂). Uzyskane w wyniku modyfikacji preparaty lizozymu różniły się ilością dimeru, jak również aktywnością hydrolityczną. W badaniach

zastosowano też monomer lizozymu i handlowy preparat dimeru enzymu w postaci liofilizowanej o nazwie Lydium-KLP firmy Nika™ Health Products. Potwierdzeniem skutecznego przeciwbakteryjnego oddziaływania lizozymu na bakterie tlenowe jest ograniczenie dynamiki wzrostu bakterii w próbach mięśni piersiowych, pokrytych roztworami enzymu. Najniższą liczbę bakterii tlenowych w czasie przechowywania mięśni piersiowych kurcząt uzyskano w przypadku zastosowania dimeru i preparatów lizozymu otrzymanych w wyniku modyfikacji. W czasie chłodniczego przechowywania próby mięśni piersiowych kurcząt pokryte roztworami dimeru i modyfikowanego lizozymu, w każdym z badanych okresów, uzyskały wyższe oceny ogólnej pożądalności w porównaniu z próbami z dodatkiem monomeru lizozymu i bez dodatku enzymu. W przypadku prób bez dodatku lizozymu obserwowano niekorzystne zmiany związane z pojawieniem się szarej, zieleniejącej barwy mięśni. Obliczony z modelu Weibulla czas przechowywania mięśni piersiowych, niezbędny do uzyskania ocen ogólnej pożądalności na poziomie 3 był około 1.5 - 2 krotnie dłuższy w przypadku prób mięśni piersiowych kurcząt pokrytych roztworami dimeru lizozymu i preparatów uzyskanych w wyniku jego modyfikacji. Wykazano korelację czasu przechowywania mięśni piersiowych kurcząt obliczonego z modelu Weibulla z jednym z parametrów krzywej Gompertza - maksymalną gęstością populacji. Uzyskane wyniki badań wskazują na korzystne działanie innych niż monomer form lizozymu w przedłużaniu trwałości mięsa drobiowego przechowywanego w warunkach chłodniczych.

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Leśniewski G., Kijowski J. 2009. Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. *European Food Research and Technology*, 228, 841-845.

W badaniach analizowano wpływ różnych metod termochemicznych modyfikacji lizozymu z białka jaja kurzego na jego aktywność przeciwbakteryjną. Zarówno zastosowane parametry, jak również kolejność poszczególnych etapów modyfikacji była zróżnicowana. Modyfikacja termiczna polegała na ogrzewaniu wodnych roztworów lizozymu w temperaturze 60-75°C przez okres 20 minut. Modyfikację chemiczną prowadzono stosując utleniacz H₂O₂ w czasie od 24 godzin do 14 dni. Uzyskane preparaty modyfikowanego lizozymu poddano analizie oceniając aktywność hydrolityczną oraz zawartość monomeru, dimeru i wyższych oligomerów. Porównano przeciwbakteryjne działanie monomeru i preparatów modyfikowanego lizozymu wobec wybranych szczepów bakterii, takich jak: *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* i *Staphylococcus epidermidis*. W badaniach testowano szczepy bakterii gramujemnych, należące do rodzajów bakterii stanowiących mikroflorę typową dla procesów psucia się mięsa dużych zwierząt rzeźnych, drobiu i ryb w czasie ich przechowywania. W otrzymanych w wyniku

modyfikacji preparatach lizozymu, poza monomerem, stwierdzono również obecność frakcji odpowiadających formie dimerycznej i trimerycznej enzymu. W przyjętych w badaniach warunkach modyfikacji udział monomeru kształtował się na poziomie 50-72%. Zawartość form oligomerycznych w preparatach lizozymu po modyfikacji termiczno-chemicznej była zróżnicowana i zależna od zastosowanych parametrów, takich jak temperatura, ilość H_2O_2 i czas. Podobną zależność obserwowano również w przypadku wcześniejszych badań dotyczących termicznej modyfikacji enzymu (Leśniewski i in., 2004). Preparaty enzymu uzyskane przy zastosowaniu wyższej temperatury modyfikacji ($75^\circ C$), charakteryzowały się wyższym udziałem dimeru (34-38%) i niższą aktywnością hydrolityczną, w porównaniu z preparatami otrzymanymi przy użyciu temperatury $60^\circ C$ (26-27%). Zwiększenie udziału trimerycznego w otrzymanych preparatach uzyskano na skutek wzrostu ilości stosowanego H_2O_2 oraz dłuższego działania utleniacza. Wykazano, że efektywność przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu zależna jest zarówno od testowanego szczepu bakterii, jak również preparatu enzymu. W porównaniu z monomerem preparaty modyfikowanego lizozymu charakteryzowały się skuteczniejszym przeciwbakteryjnym działaniem wobec badanych bakterii gramujemnych. Najwyższą przeciwbakteryjną aktywność wobec *Proteus mirabilis* i *Pseudomonas fluorescens*, przejawiającą się w redukcji liczby bakterii, stwierdzono w przypadku preparatów zawierających najwyższą zawartość dimeru i trimerycznego. Najmniej skuteczne przeciwbakteryjne działanie wobec bakterii *Proteus mirabilis* wykazano w przypadku monomeru lizozymu oraz modyfikowanego lizozymu o najniższym udziale dimeru. Większość analizowanych preparatów enzymu charakteryzowała się efektywnym przeciwbakteryjnym działaniem wobec *Pseudomonas fluorescens*, podczas gdy monomer lizozymu powodował jedynie niewielką redukcję liczby bakterii. Podobnie wszystkie testowane preparaty lizozymu uzyskane w wyniku modyfikacji termiczno-chemicznej, charakteryzowały się efektywniejszym w porównaniu z monomerem, przeciwbakteryjnym działaniem wobec szczepu *Escherichia coli*. Również w tym przypadku największą redukcję liczby bakterii uzyskano stosując preparat lizozymu po modyfikacji zawierający najniższą ilość monomeru. Należy podkreślić, że testowane preparaty enzymu zachowały właściwą dla monomeru zdolność efektywnego przeciwbakteryjnego działania wobec bakterii gramododatniej *Staphylococcus epidermidis*. Zarówno w przypadku monomeru lizozymu jak i jego modyfikowanych preparatów uzyskano redukcję liczby bakterii *Staphylococcus epidermidis*.

Istotnym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonych badań jest stwierdzenie, że opracowane sposoby modyfikacji termiczno-chemicznej lizozymu umożliwiają rozszerzenie spectrum przeciwbakteryjnego działania enzymu.

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Leśniewski G., Szablewski T., Kijowski J. 2010. Physico-chemical properties and antibacterial activity of modified egg white-lysozyme. *European Food Research and Technology*, 231, 959-964.

W kolejnym etapie badań określono właściwości fizykochemiczne i porównano aktywność przeciwbakteryjną preparatów lizozymu, uzyskanych w wyniku modyfikacji chemicznej i termiczno-chemicznej. Wybrano metody modyfikacji wyselekcjonowane w wyniku przeprowadzenia badań wstępnych. W przypadku modyfikacji chemicznej zastosowano 1% i 2% dodatek H_2O_2 . Modyfikacja termiczno-chemiczna polegała na ogrzewaniu wodnego roztworu lizozymu w temperaturze $70^\circ C$ przez okres 15 min, przed dodaniem odpowiedniej ilości H_2O_2 . W otrzymanych preparatach lizozymu oznaczono udział monomeru, dimeru i form oligomerycznych. Określono również aktywność hydrolityczną i hydrofobowość powierzchniową modyfikowanego lizozymu. Oceniono przeciwbakteryjne działanie monomeru i preparatów lizozymu uzyskanych w wyniku modyfikacji wobec bakterii gramujemnej *Pseudomonas fluorescens* i gramodatniej *Staphylococcus epidermidis*. W preparatach enzymu uzyskanych w wyniku modyfikacji obok monomeru stwierdzono również dimer i trimer lizozymu. Najwyższym udziałem dimeru (36,2%) i trimera (33,2%) charakteryzował się lizozym otrzymany w wyniku modyfikacji termiczno-chemicznej z dodatkiem zwiększonej ilości H_2O_2 . Najmniejszą zawartość dimeru lizozymu oznaczono w preparacie uzyskanym w wyniku łagodnej modyfikacji chemicznej. Skutkiem przeprowadzonych modyfikacji było znaczne podwyższenie hydrofobowości powierzchniowej enzymu. Najwyższą hydrofobowością charakteryzował się preparat enzymu uzyskany w wyniku modyfikacji chemiczno-termicznej z 2% ilością H_2O_2 . Jednocześnie w przypadku wszystkich preparatów modyfikowanego lizozymu obserwowano znaczne obniżenie aktywności hydrolitycznej w porównaniu z monomerem, którego aktywność hydrolityczna wynosiła 17730 U/mg. Taki rezultat potwierdza wyniki badań innych autorów, wskazujące na niższą aktywność hydrolityczną i wyższą hydrofobowość enzymu poddanego termicznej denaturacji w porównaniu z monomerem lizozymu (Ibrahim i in., 1996). Podobnie niższą aktywnością hydrolityczną charakteryzowały się również preparaty lizozymu uzyskane w wyniku modyfikacji membranowej (Leśniewski i in., 2009). Wzrost hydrofobowości powierzchniowej i obniżenie aktywności hydrolitycznej w przypadku denaturacji cieplnej lizozymu, tłumaczy się zmianą struktury cząsteczki enzymu i centrum aktywnego enzymu. W wyniku zachodzących reakcji chemicznych, następuje rozerwanie wiązań $-S-S-$, rozfałdowanie cząsteczki i oligomeryzacja enzymu. Niska hydrofobowość powierzchniowa natywnego lizozymu wynika z braku dostępu ANS (1-aniline-naphtalene-8-sulfonate) do reszt hydrofobowych, upakowanych

we wnętrzu cząsteczki enzymu (Ibrahim i in., 1996; Touch i in., 2004). Zmiany aktywności hydrolitycznej zależne są od warunków występujących w czasie modyfikowania enzymu. W przypadku modyfikacji termicznej takimi czynnikami są: kwasowość środowiska, temperatura, jak również czas trwania procesu (Leśnierowski i in., 2004). Przeprowadzone badania wskazują, że omówione powyżej zmiany właściwości lizozymu stwierdzone po jego modyfikacji, mają wpływ na aktywność przeciwbakteryjną enzymu. W przypadku monomeru lizozymu nie stwierdzono inhibującego działania enzymu wobec badanego szczepu *Pseudomonas fluorescens*. Liczba bakterii w próbie z dodatkiem monomeru lizozymu była porównywalna z liczbą bakterii w próbie bez dodatku enzymu. Stanowi to potwierdzenie badań innych autorów wskazujących na ograniczone inhibujące działanie natywnego lizozymu na wzrost bakterii gramujemnych lub w przypadku wielu szczepów brak takiego działania. Nieefektywne przeciwbakteryjne działanie monomeru lizozymu wobec bakterii gramujemnych tłumaczy się utrudnionym dostępem enzymu do warstwy peptydoglikanu, bądź jego uwięzieniem a następnie inaktywowaniem w warstwie lipopolisacharydowej błony zewnętrznej (Ohno & Morrison, 1989; Ibrahim i in., 1991; Ibrahim, 2002). W przeciwieństwie do monomeru, lizozym uzyskany w wyniku przeprowadzonych modyfikacji chemicznej i termiczno-chemicznej, wykazywał przeciwbakteryjne działanie wobec *Pseudomonas fluorescens*, zależne jednak od rodzaju modyfikacji. Najbardziej skuteczne przeciwbakteryjne działanie wobec *Pseudomonas fluorescens* uzyskano w przypadku preparatu otrzymanego w wyniku modyfikacji termiczno-chemicznej z zastosowaniem większej ilości H₂O₂. Mniej efektywne okazało się przeciwbakteryjne działanie preparatów lizozymu uzyskanych w wyniku modyfikacji chemicznej. Stwierdzono zależność pomiędzy ilością dimeru i trimeru w uzyskanych preparatach lizozymu a jego aktywnością przeciwbakteryjną wobec testowanego szczepu *Pseudomonas fluorescens*. Najefektywniej działający preparat enzymu charakteryzował się najniższym udziałem monomeru lizozymu i najwyższą zawartością form oligomerycznych. Jednocześnie preparat ten miał najwyższą hydrofobowość powierzchniową i najniższą aktywność hydrolityczną. Taki wynik wskazuje, że wzrost aktywności przeciwbakteryjnej wobec testowanego szczepu *Pseudomonas fluorescens* nie jest uwarunkowany aktywnością hydrolityczną enzymu. W przypadku wszystkich uzyskanych w wyniku modyfikacji preparatów lizozymu zahamowanie wzrostu bakterii obserwuje się w okresie 1-6 godzin. Po tym czasie następuje statystycznie istotny wzrost liczby bakterii, zależny od zastosowanego preparatu lizozymu, co wskazuje na zmniejszające się oddziaływanie modyfikowanego enzymu na badany szczep bakterii. W przypadku bakterii gramodatniej *Staphylococcus epidermidis* efektywne przeciwbakteryjne działanie stwierdzono zarówno w przypadku monomeru lizozymu oraz preparatów po modyfikacji. Skuteczne przeciwbakteryjne działanie monomeru wobec bakterii gramodatnich

tłumaczy się jego aktywnością hydrolityczną i hydrolizą wiązań glikozydowych w wyeksponowanej warstwie peptydoglikanu ściany komórkowej. W przypadku modyfikowanego lizozymu, pomimo znacznie niższej aktywności hydrolitycznej, również stwierdzono efektywne przeciwbakteryjne działanie enzymu wobec *Staphylococcus epidermidis*.

Rezultatem badań jest stwierdzenie, że zastosowane sposoby modyfikacji chemicznej i chemiczno - termicznej lizozymu pozwalają rozszerzyć spektrum przeciwbakteryjnego działania enzymu na badany szczep bakterii gramujemnej *Pseudomonas fluorescens*. Aktywność przeciwbakteryjna jest zależna od właściwości enzymu, będących efektem modyfikacji. Podobny efekt obserwowano we wcześniejszych badaniach dotyczących wpływu modyfikacji membranowej i termicznej enzymu na jego przeciwbakteryjne działanie (Leśniewski i in., 2004; Leśniewski i in., 2009). Przy zastosowanym w badaniach stężeniu modyfikowanego lizozymu nie uzyskano całkowitej redukcji liczby bakterii. Po 6 godzinach inkubacji liczba bakterii w próbach z dodatkiem najbardziej skutecznie działającego modyfikowanego lizozymu była jednak o 3,34 i 3,31 cyklu log niższa od liczby bakterii odpowiednio w próbie kontrolnej i próbie z dodatkiem monomeru lizozymu. Uzyskany rezultat badań wskazuje, że przeciwbakteryjne działanie modyfikowanego lizozymu wobec bakterii *Pseudomonas fluorescens* nie jest zależne od jego aktywności hydrolitycznej, ale związane z hydrofobowością powierzchniową enzymu.

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2014. Inhibition of food-borne bacteria by thermo-chemically modified egg white lysozyme. African Journal of Microbiology Research, 8 (6), 590-597.

W przeprowadzonych badaniach analizowano efektywność przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu wobec wybranych szczepów bakterii w warunkach modelowych, w bulionie. Wytypowano lizozym uzyskany w wyniku modyfikacji termiczno-chemicznej (70°C, 15 min, 2% H₂O₂), w przypadku którego we wcześniejszych badaniach uzyskano najbardziej skuteczne przeciwbakteryjne działanie. Określono wpływ stężenia lizozymu (od 0.5% - 1.5%) na skuteczność jego przeciwbakteryjnego działania. W badaniach stosowano zarówno szczepy bakterii gramujemnych (*Pseudomonas fragi*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*) i gramododatnich (*Listeria innocua* i *Leuconostoc mesenteroides*). Ocena przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu wobec bakterii gramujemnych, należących do rodzajów powodujących psucie się żywności jest szczególnie istotna, ze względu na potencjalną możliwość wykorzystania enzymu w utrwalaniu żywności. Spośród bakterii gramododatnich testowano szczep z rodzaju *Listeria*, ze względu na możliwość wzrostu w szerokim zakresie temperatur (1-44°C) w żywności przechowywanej w warunkach chłodniczych,

w tym w mięsie i jego produktach. Poszukiwaniem naturalnych związków inhibitujących wzrost groźnych patogenów, takich jak *Listeria monocytogenes*, zainteresowani są również producenci żywności. W przeprowadzonych badaniach potwierdzono brak inhibitującego działania monomeru lizozymu wobec testowanych bakterii gramujemnych. W większości przypadków nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy liczbą bakterii w próbach z dodatkiem monomeru lizozymu, niezależnie od zastosowanego stężenia. Wykazano natomiast zróżnicowaną aktywność przeciwbakteryjną modyfikowanego lizozymu zależną zarówno od jego stężenia, jak też od badanego szczepu bakterii. W wyniku zastosowania modyfikowanego lizozymu w stężeniach 0.75% i wyższych uzyskano całkowitą redukcję liczby *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi* i *Escherichia coli* już po 1 godzinie inkubacji, a bakterii *Proteus mirabilis* po 6 godzinach inkubacji. Inhibitujące działanie enzymu wobec bakterii gramdodatnich stwierdzono zarówno w przypadku monomeru, jak i lizozymu po modyfikacji. Po 6 godzinach inkubacji bakterii w obecności obu form enzymu, stwierdzono całkowite zahamowanie wzrostu *Leuconostoc mesenteroides*. Efektywniejsze przeciwbakteryjne działanie modyfikowanego lizozymu w porównaniu z monomerem wykazano wobec *Listeria innocua*. Niezależnie od zastosowanego stężenia inhibitujący wpływ monomeru lizozymu obserwowano do 9 godzin inkubacji. W przypadku zastosowania najniższego stężenia modyfikowanego lizozymu, nawet w końcowym okresie inkubacji, liczba bakterii w próbce z dodatkiem modyfikowanego lizozymu była odpowiednio o 5,70 cyklu log i 4,88 cyklu log mniejsza od liczby bakterii w próbce kontrolnej i z dodatkiem monomeru lizozymu. Dla stężeń modyfikowanego lizozymu 0.75% i wyższych już po 1 godzinie inkubacji stwierdzono całkowite zahamowanie wzrostu bakterii *Listeria innocua*. Do opisu wzrostu i przeżywalności badanych bakterii we wszystkich próbach wykorzystano modele Gompertza. Aproksymacja modeli do danych empirycznych jest wysoka. Stwierdzono, że obliczony z krzywej Gompertza czas inkubacji, niezbędny do podwojenia początkowej liczby bakterii jest najkrótszy dla prób bez dodatku lizozymu. Najdłuższy okres lag-fazy stwierdzono dla prób z dodatkiem modyfikowanego lizozymu. Nawet w przypadku zastosowania najniższego stężenia enzymu uzyskano 4-10 krotne wydłużenie czasu lag fazy, zależne od rodzaju bakterii. Dla wyższych stężeń modyfikowanego lizozymu nie obliczono czasu lag fazy, ze względu na całkowitą redukcję liczby bakterii. Również dla tego typu modyfikacji wykazano wzrost przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu w porównaniu z monomerem wobec testowanych rodzajów bakterii. Lizozym po przeprowadzonej modyfikacji charakteryzował się znacznie niższą aktywnością hydrolityczną a jednocześnie wyższą hydrofobowością powierzchniową. W badaniach potwierdzono, że zmiany w strukturze cząsteczki lizozymu i wzrost hydrofobowości powierzchniowej, uzyskane w wyniku przeprowadzonej modyfikacji, prowadzą

do wzrostu przeciwbakteryjnego działania enzymu wobec bakterii gramujemnych w warunkach modelowych.

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2013. Effect of modified lysozyme on the microflora and sensory attributes of ground pork. *Journal of Food Protection*, 76, 2, 338-342.

Przeprowadzone badania dotyczące oceny przeciwbakteryjnego działania lizozymu w żywności odnoszą się jedynie do monomeru enzymu lub skojarzonego działania monomeru i innych czynników o działaniu bakteriostatycznym. Skuteczne przeciwbakteryjne działanie modyfikowanego lizozymu wobec bakterii gramujemnych, odgrywających istotną rolę w procesach psucia się mięsa, jego przetworów jak również innych produktów żywnościowych, uzyskane w czasie badań prowadzonych w warunkach *in vitro*, stały się punktem wyjścia do podjęcia kolejnych badań oceniających jego aktywność bezpośrednio w żywności. Tego typu badania są szczególnie ważne, ze względu na możliwość znacznego obniżenia aktywności wielu substancji o działaniu przeciwbakteryjnym w produktach żywnościowych. Dlatego też w kolejnym etapie badań oceniono wpływ monomeru i modyfikowanego lizozymu na jakość mikrobiologiczną i właściwości sensoryczne ogrzewanego i nieogrzewanego rozdrobnionego mięsa wieprzowego, pakowanego w atmosferze powietrza i przechowywanego w warunkach chłodniczych $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. Zastosowano lizozym uzyskany w wyniku modyfikacji termiczno-chemicznej, wyselekcjonowany we wcześniejszych badaniach dotyczących oceny aktywności przeciwbakteryjnej enzymu prowadzonych w warunkach modelowych. Enzym po modyfikacji charakteryzował się wyższą hydrofobowością (40600) i niższą aktywnością hydrolityczną (1020 U/mg białka) w porównaniu do hydrofobowości (890) i aktywności hydrolitycznej monomeru lizozymu (17950 U/mg białka). Frakcja dimeru i trimeru w modyfikowanym preparacie lizozymu wynosiła odpowiednio 36.1% i 33.5%. Wykazano efektywniejsze przeciwbakteryjne działanie modyfikowanego lizozymu w porównaniu z monomerem wobec badanych bakterii, szczególnie z rodzaju *Pseudomonas* i z rodziny *Enterobacteriaceae* zarówno w ogrzewanym jak i nieogrzewanym, rozdrobnionym mięsie wieprzowym. Po 144 godzinach liczba bakterii *Pseudomonas* i *Enterobacteriaceae* w mięsie poddanym ogrzewaniu była odpowiednio o 1.2 i 2.4 cyklu log mniejsza, aniżeli w próbie bez dodatku lizozymu. Stwierdzono, że ogrzewanie mięsa wzmacnia przeciwbakteryjny efekt modyfikowanego lizozymu wobec bakterii gramujemnych. Jednocześnie stwierdzono, że dodatek do mięsa modyfikowanego lizozymu nie powoduje zmian barwy. Nie wykazano też znaczącego wpływu dodatku modyfikowanego lizozymu na pH mięsa w czasie przechowywania. Próby mięsa ogrzewanego z dodatkiem modyfikowanego lizozymu uzyskały wyższe oceny zapachu w czasie

przechowywania w porównaniu z próbami z dodatkiem monomeru i bez dodatku lizozymu. Po 72 godzinach próby mięsa ogrzewanego z dodatkiem modyfikowanego lizozymu uzyskały ocenę 4.1, podczas gdy pozostałe niższą lub równą 3.2. Przeprowadzone badania potwierdziły bakteriostatyczne działanie modyfikowanego lizozymu w mięsie w czasie jego chłodniczego przechowywania. Efektywność przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego enzymu *in vivo*, jest mniejsza aniżeli w warunkach modelowych, w których stwierdzono całkowite zahamowanie wzrostu testowanych szczepów bakterii lub znaczącą redukcję ich liczby. Dane innych autorów wskazują, że aktywność wielu substancji o działaniu bakteriobójczym czy bakteriostatycznym może być znacznie zredukowana w żywności, ze względu na takie czynniki jak ochronne działanie składników żywności na komórki bakterii, obecność enzymów proteolitycznych czy interakcje ze składnikami żywności (Devlieghere i in., 2004; Zhang i in., 2009). Uzyskane rezultaty badań wskazują na skuteczne działanie zmodyfikowanego lizozymu w utrzymaniu stabilności mikrobiologicznej surowego rozdrobnionego mięsa wieprzowego.

Publikacja:

Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T. 2014. Zastosowanie modyfikowanego termiczno-chemicznie lizozymu do przedłużenia trwałości żywności. *Przemysł Chemiczny*, 93, 4, 542-546.

W kolejnym etapie kontynuowano badania dotyczące możliwości praktycznego wykorzystania zmienionych właściwości przeciwbakteryjnych modyfikowanego lizozymu. W tym przypadku określono efektywność działania modyfikowanego lizozymu w przedłużaniu trwałości plastrów świeżego mięsa wieprzowego, pakowanych w atmosferze powietrza i atmosferze modyfikowanej, przechowywanych w warunkach chłodniczych. Roztwór monomeru lub modyfikowanego lizozymu zawierający 37% dimeru i 34% trimeru, наносono powierzchniowo na próby mięsa. W czasie przechowywania w próbach mięsa oznaczano ogólną liczbę bakterii tlenowych, bakterie kwasu mlekowego, drożdże i pleśnie, bakterie z rodzaju *Pseudomonas* i z rodziny *Enterobacteriaceae*. Oceniano również barwę, zapach i wartość pH mięsa. Wykazano efektywne działanie modyfikowanego lizozymu w ograniczaniu zmian mikrobiologicznych zarówno w mięsie pakowanym w atmosferze powietrza, jak również w atmosferze gazów ochronnych (70%O₂, 20%CO₂, 10%N₂). Najniższą liczbę bakterii tlenowych oznaczono w próbach mięsa z naniesionym roztworem modyfikowanego lizozymu. Zastosowanie modyfikowanego lizozymu pozwoliło wydłużyć okres lag-fazy bakterii z rodzaju *Pseudomonas* i *Enterobacteriaceae*. Po 13 dniach przechowywania mięsa pakowanego w atmosferze gazów ochronnych, liczba bakterii z rodzaju *Pseudomonas* w próbce kontrolnej była odpowiednio o 0,33 log jtk/cm² i 2,30 log jtk/cm² większa od liczby bakterii w próbce z dodatkiem monomeru

i modyfikowanego lizozymu. Znaczącą redukcję liczby bakterii z rodzaju *Pseudomonas* i z rodziny *Enterobacteriaceae* stwierdzono nawet po 26 dniach przechowywania prób mięsa pakowanych w atmosferze modyfikowanej. Podobną zależność stwierdzono w końcowym okresie przechowywania prób pakowanych w atmosferze powietrza. Wykazano, że powierzchniowa aplikacja 5% roztworu modyfikowanego lizozymu pozwala opóźnić pojawienie się niekorzystnych zmian zapachu mięsa. W czasie przechowywania mięsa stwierdzono zmiany wartości parametrów barwy L* i a*, jednakże nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartościami parametrów próby kontrolnej i próby z dodatkiem modyfikowanego lizozymu w poszczególnych okresach przechowywania. Powyższe badania potwierdziły przeciwbakteryjne działanie lizozymu wobec bakterii gramujemnych *in vivo*, w mięsie. Wskazały na efektywniejsze działanie modyfikowanego lizozymu w porównaniu z monomerem w ograniczaniu rozwoju drobnoustrojów, co stwarza możliwość jego zastosowania w przedłużaniu trwałości mięsa.

PODSUMOWANIE

Ubiegając się o stopień doktora habilitowanego nauk rolniczych (zgodnie z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami)), za moje największe osiągnięcie uznałam cykl sześciu publikacji, w których kompleksowo przedstawiono szerokie badania dotyczące możliwości rozszerzenia spektrum przeciwbakteryjnego działania lizozymu poprzez jego modyfikacje i zastosowania modyfikowanego enzymu do przedłużenia trwałości mięsa. Część badań prowadzono w ramach grantów (Załącznik 5, pkt I1).

Wyniki badań wskazują, że w wyniku przeprowadzenia modyfikacji lizozymu opracowanych w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności, można rozszerzyć aktywność przeciwbakteryjną enzymu wobec bakterii gramujemnych. Aktywność przeciwbakteryjna modyfikowanego lizozymu zależna jest od rodzaju i parametrów modyfikacji, jak również od testowanych szczepów bakterii. Modyfikowany lizozym wykazuje aktywność przeciwbakteryjną wobec bakterii powodujących psucie się mięsa, takich jak: *Pseudomonas*, *Proteus*, *Escherichia*. Skutkiem każdej z zastosowanych w badaniach metod modyfikacji, związanej z działaniem wysokiej temperatury lub czynnika chemicznego jest obniżenie aktywności hydrolitycznej enzymu a jednocześnie wzrost przeciwbakteryjnego działania wobec bakterii gramujemnych. W badaniach wykazałam, że rozszerzenie aktywności przeciwbakteryjnej lizozymu nie jest zależne od aktywności hydrolitycznej, ale związane ze wzrostem hydrofobowości powierzchniowej, wynikającej ze zmiany struktury cząsteczki enzymu na skutek jego modyfikacji. Takie zmiany są

wynikiem oligomeryzacji i prawdopodobnie ułatwiają zdolność przenikania enzymu przez membranę.

Uzyskane rezultaty oprócz znaczenia poznawczego mogą mieć również charakter aplikacyjny. Przedstawione dotychczas w literaturze badania związane z wykorzystaniem przeciwbakteryjnych właściwości lizozymu w utrwalaniu żywności, dotyczą jedynie monomeru enzymu lub jego połączonego działania z innymi czynnikami przeciwbakteryjnymi. Prowadzono też badania, w których oceniano możliwości rozszerzenia przeciwbakteryjnego działania monomeru lizozymu poprzez jego zastosowanie w połączeniu z innymi metodami utrwalania, takimi jak: wysokie ciśnienie hydrostatyczne, pulsacyjne pole elektryczne czy aktywne opakowania (Gill & Holley, 2000; Nattress i Baker, 2003; Malicki i in., 2004; Mangalassary i in., 2007; Cannarsi i in., 2008; Rao i in., 2008; Malicki i in., 2010; Ntzimani i in., 2010). Nie ma jednak prac, w których zostałyby zastosowane inne niż monomer formy lizozymu do utrwalania żywności. Rezultat przeprowadzonych badań wskazuje na potencjalne możliwości wykorzystania modyfikowanego enzymu do przedłużania trwałości mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych. W kolejnym etapie przewiduje się ocenę przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego enzymu, rozszerzoną o inne niż mięso surowce, jak również zastosowanie skojarzonego działania modyfikowanego lizozymu z wybranymi metodami utrwalania żywności. Szczególnie obiecujące są rezultaty badań wstępnych dotyczących zastosowania modyfikowanego lizozymu do utrwalania mięsa przechowywanego w atmosferze gazów ochronnych w warunkach chłodniczych. Badania przeprowadzone w tym zakresie, wskazują na możliwość efektywniejszego przeciwbakteryjnego działania modyfikowanego lizozymu wobec bakterii w próbach mięsa przechowywanego w warunkach zmienionej atmosfery w porównaniu do prób przechowywanych w atmosferze powietrza. Badania dotyczące możliwości szerszego wykorzystania lizozymu w utrwalaniu żywności są istotne dla konsumentów, ze względu na możliwość zastąpienia lub ograniczenia stosowanych do przedłużania trwałości żywności środków chemicznych. Lizozym jako środek pochodzenia naturalnego o działaniu przeciwdrobnoustrojowym może stanowić alternatywną lub uzupełniającą metodę utrwalania żywności. Metody wspomagania aktywności przeciwbakteryjnej lizozymu np. środkami chelatującymi nie znalazły zastosowania w praktyce. Finalnym efektem dalszych prac dotyczących modyfikowanego lizozymu, mogłoby być uzyskanie możliwości stosowania innych niż monomer form lizozymu w utrwalaniu żywności, również w postaci dodatku do powłok ochronnych. Wprowadzenie nowych substancji o charakterze utrwalającym pochodzenia naturalnego może efektywnie wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów.

LITERATURA

1. Aminlari L., Hashemi M.M., Aminlari M. 2014. Modified lysozymes as novel broad spectrum natural antimicrobial agents in foods. *J. Food Sci.*, 79, 6: 1077-1090.
2. Boland J.S., Davidson P.M., Weiss J. 2003. Enhanced inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 by lysozyme and chelators. *J. Food Prot.*, 66, 10: 1783-1789.
3. Cannarsi M., Baiano A., Sinigaglia M., Ferrara L., Baculo R. and Del Nobile M.A. 2008. Use of nisin, lysozyme and EDTA for inhibiting microbial growth in chilled buffalo meat. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43: 573-578.
4. Cunningham, F.E., Proctor V.A., Goetsch S.J. 1991. Egg-white lysozyme as a food preservative: an overview. *World Poultry Sci. J.*, 47: 141-163.
5. Devlieghere, F., Vermeiren L., Debevere J. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *Int. Dairy J.*, 14: 273-285.
6. Gill, A.O., Holley R.A. 2000. Inhibition of bacterial growth on ham and bologna by lysozyme, nisin and EDTA. *Food Res. Int.*, 33: 83-91.
7. Ibrahim H.R. 2003. Hen egg white lysozyme and ovotransferrin: mystery, structural role and antimicrobial function. In: Proceedings of the Xth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products (Ed. Y. Nys), Saint-Brieuc, France: 350-365.
8. Ibrahim H.R., Aoki T., Pellegrini A. 2002. Strategies for new antimicrobial proteins and peptides: lysozyme and aprotinin as model molecules. *Curr. Pharm. Des.*, 8: 671-693.
9. Ibrahim, H.R., Higashiguchi S., Juneja L.R., Kim M., Yamamoto T. 1996. A structural phase of heat-denatured lysozyme with novel antimicrobial action. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 1416-1423.
10. Ibrahim, H.R., Kato A. and Kobayashi K. 1991. Antimicrobial effects of lysozyme against Gram-negative bacteria due to covalent binding of palmitic acid. *J. Agric. Food Chem.*, 39: 2077-2082.
11. Johnson E.A. 1994. Egg-white lysozyme as a preservative for use in foods. In: Egg uses and processing technologies. New Developments. (Eds. J.S. Sim, S. Nakai), International CAB, Wallingford: 177-191.
12. Jolles P., Jolles J. 1984. What is new in lysozyme research? *Moll. Cell. Biochem.*, 63: 165-188.
13. Kiczka W. 2001. Dimer lizozymu – nowe możliwości terapeutyczne. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej: Zakażenie: Patogeneza i profilaktyka. 19 września 2001, Poznań.
14. Leśniewski G., Cegielska-Radziejewska R., 2012. Potential possibilities of production, modification and practical application of lysozyme. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 11, 3: 223-230.
15. Leśniewski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J. 2004. Thermally and chemical thermally modified lysozyme and its bacteriostatic activity. *World's Poult. Sci. J.*, 60:303-309.
16. Lesniewski, G., Kijowski J., Cegielska-Radziejewska R. 2009. Ultrafiltration - modified chicken egg white lysozyme and its antibacterial action. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44: 305-311.
17. Malicki, A., Jarmoluk S. and Brużewicz Sz. 2004. Effect of sodium lactate used alone or in combination with lysozyme on the physico-chemical and microbiological properties of steamed sausage stored under refrigeration. *Bull. Vet. I. Pulawy*, 48: 47-51.
18. Malicki A., Trziszka T., Szpak M., Źródłowska-Danek J. 2010. Badania nad zastosowaniem lizozymu i octanu sodu w celu przedłużenia trwałości mięsa drobiowego. *Medycyna Wet.*, 66, 10, 699-701.

19. Malinowski E. 2001. Lysozyme dimer in therapy and prophylaxis of animals diseases. Red. T. Tacher. Nika Health Product, Publishing House Hektor, Vaduz, Lichtenstein.
20. Mangalassary S., Han I., Rieck J., Acton J., Jiang X., Sheldon B., Dawson P. 2007. Effect of combining nisin and /or lysozyme with in-package pasteurization on thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat turkey bologna. *J. Food Prot.*, 70, 11: 2503-2511.
21. Masschalck B., Michiels Ch.W. 2003. Antimicrobial properties of lysozyme in relation to foodborne vegetative bacteria. *CRC Cr. Rev. Microbiol.*, 29, 3: 191-214.
22. Nakamura S., Kato A., Kobayashi K. 1992. Bifunctional lysozyme-galaktomannan conjugate having excellent emulsifying properties and bactericidal effect. *J. Agric. Food Chem.*, 40: 735-740.
23. Nattress, F.M., Baker L.B. 2003. Effects of treatment with lysozyme and nisin on the microflora and sensory properties of commercial pork. *Int. J. Food Microbiol.*, 85: 259-267.
24. Ntzimani A.G., Giatrakou V.I., Savvaidis I.N. 2010. Combined natural antimicrobial treatments (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4°C: Microbiological and sensory evaluation. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 11: 187-196.
25. Ohno N., Morrison D.C. 1989. Lipopolysaccharide interaction with lysozyme. Binding of lipopolysaccharide to lysozyme and inhibition of lysozyme enzymatic activity. *J. Biol. Chem.*, 264: 4434-4439.
26. Proctor V.A., Cunningham F.E. 1988. The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical. *CRC Crit.Rev.Food Sci.Nutr.*, 26, 4: 359-395.
27. Rao, M.S., R. Chander, A. Sharma. 2008. Synergistic effect of chitooligosaccharides and lysozyme for meat preservation. *Food Sci. Technol.*, 41, 10: 1995-2001.
28. Touch V., Hayakawa S., Saitoh K. 2004. Relationships between conformational changes and antimicrobial activity of lysozyme upon reduction of its disulfide bonds. *Food Chem.*, 84: 421-428.
29. Zhang, H., B. Kong, Y. L. Xiong, and X. Sun. 2009. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogen and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4°C. *Meat Sci.*, 81, 4: 689-692.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Tematy badawcze, którymi zajmuję się od momentu zatrudnienia, koncentrują się przede wszystkim wokół zagadnień związanych z zagrożeniami mikrobiologicznymi w produkcji surowców i produktów drobiarskich. Taki rozwój zainteresowań naukowych uwarunkowany był rozpoczęciem pracy w Katedrze Technologii Produktów Drobiarskich w 1991 roku. W tym obszarze badawczym jestem autorem lub współautorem licznych publikacji naukowych, rozdziałów w monografiach, podręcznikach i skryptach przeznaczonych dla studentów. W organizacji warsztatu mikrobiologicznego pomogło mi doświadczenie zdobyte w czasie pracy w Klinice Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, jak również odbyte staże i szkolenia (Załącznik 5). Zmiana profilu katedry w 2002 roku i jej przekształcenie w Katedrę Zarządzania Jakością Żywności przyczyniły się do rozwoju moich zainteresowań naukowych. Nowe zagadnienia

wymagały ode mnie zdobycia wiedzy dotyczącej systemów zarządzania jakością i bezpieczeństwem żywności. Było to możliwe dzięki uczestnictwu w wielu szkoleniach i ukończeniu Podyplomowego Studium Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności (Załącznik 5). Obecnie tematyka moich badań dotyczy identyfikacji zagrożeń, przede wszystkim mikrobiologicznych, w produkcji żywności oraz skutecznych sposobów ich kontroli przy zastosowaniu systemów zarządzania jakością i bezpieczeństwem żywności.

Szeroki obszar badań, w których uczestniczyłam dotychczas w zespole kierowanym do 2013 roku przez prof. dr hab. Jacka Kijowskiego, można podzielić na kilka grup tematycznych:

1. Nietermiczne metody utrwalania stosowane w produkcji żywności
2. Ocena jakości jaj i przetworów z jaj
3. Ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego mięsa i produktów z mięsa drobiowego
4. Mikotoksyny jako zagrożenie w produkcji pasz i żywności

Najważniejsze badania omówiono poniżej i podano sposób udokumentowania, powołując się na dane znajdujące się w wykazie opublikowanych prac (Załącznik 5).

Ad.1. Szczególnie istotny obszar badawczy w mojej działalności naukowej stanowi problematyka związana z możliwością wykorzystania nietermicznych metod utrwalania w produkcji żywności. Głównym moim celem badawczym jest ocena właściwości przeciwbakteryjnych lizozymu z białka jaja kurzego i możliwości ich zastosowania w przemyśle spożywczym. Moje zainteresowanie enzymem wynika z faktu, że jest to naturalny środek utrwalający, którego właściwości nie są w pełni wykorzystywane. Pozyskiwanie lizozymu z białka jaja, jego modyfikacje i właściwości przeciwbakteryjne, stanowiły przedmiot badań prowadzonych w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności w ramach grantów KBN, których byłam wykonawcą (5P06G 01410, 1996-1998; 5P06G 03818, 2000-2002; 2P06T 009 26, 2004-2007) – Załącznik 5. Opracowane metody modyfikacji lizozymu oparte zarówno na przemianach termicznych, chemicznych, termiczno-chemicznych, jak również wykorzystujące techniki membranowe, umożliwiły uzyskanie modyfikowanego lizozymu o zmienionych właściwościach fizykochemicznych. Istotnym celem badań jest ocena właściwości przeciwbakteryjnych otrzymanych preparatów oraz możliwości ich praktycznego wykorzystania. Początkowo moje badania dotyczyły określenia właściwości przeciwbakteryjnych pozyskiwanego monomeru lizozymu z białka jaja kurzego i ich wpływu na mikrobiologiczną trwałość konfekcjonowanego mięsa drobiowego. W późniejszych pracach skoncentrowałam się analizie właściwości przeciwbakteryjnych modyfikowanego lizozymu. Najważniejsze rezultaty badań przedstawiłam w cyklu publikacji (Załącznik 5, I B), stanowiących osiągnięcie, będące podstawą

do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego zgodnie z art.16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz.595 z póź.zm.). Pozostałe wyniki badań z tego obszaru zawarto w wielu publikacjach, referatach i doniesieniach konferencyjnych, których jestem autorem lub współautorem (Załącznik 5: II A 5., II A 8., II A 15., II A 16., II A 17., II A 18., II D 1.14., II D 1.15., II D 1.16., II D 1.17., II D 1.18., II D 1.19., II D 1.20., II D 1.21., II D 1.23., II D 1.24., II D 1.29., II D 1.34., II D 1.35., II D 2.4., II D 2.5., II K 1.2., II K 1.3., III B 1.1., III B 1.2., III B 1.3., III B 1.4., III B 1.6., III B 1.7., III B 1.8., III B 1.9., III B 1.10., III B 1.16., III B 2.1., III B 2.7., III B 2.8.). Efektem prowadzonych badań było również zaproszenie mnie do udziału w europejskim programie Action COST 923 (Załącznik 5: III A 1.).

Bardzo ważne zagadnienie badawcze w mojej działalności naukowej stanowiły też badania związane z oceną możliwości zastosowania modyfikowanej atmosfery do przedłużania trwałości produktów z mięsa drobiowego przechowywanych w warunkach chłodniczych. Podjęcie tego typu badań w latach 1994-1999 było szczególnie istotne, ze względu na nieliczne w tamtym okresie opracowania, dotyczące analizy wpływu pakowania w modyfikowanej atmosferze przetworów z mięsa drobiowego na ich jakość podczas przechowywania w stanie schłodzonym. Obecne w dostępnej literaturze informacje dotyczyły jedynie wykorzystania modyfikowanej atmosfery gazów ochronnych do przechowywania surowych, nieogrzewanych całych tuszek drobiowych. Znaczną część badań wykonałam w ramach projektu badawczego finansowanego przez KBN (5.S.30700106), realizowanego we współpracy z Instytutem Chemicznej Technologii Żywności Politechniki Łódzkiej. Oceniono jakość różnego rodzaju przetworów drobiowych, stosując zmienny skład gazów ochronnych i zróżnicowane warunki temperaturowe przechowywania. Surowiec do badań stanowiły wędzone i parzone piersi kurcząt, wyroby z rozdrobnionego mięsa typu klopsy oraz kiełbasy drobiowe o różnym stopniu rozdrobnienia. Porównano trwałość wymienionych wyrobów pakowanych i przechowywanych w atmosferze powietrza, próżni i atmosferze modyfikowanej o ustalonym składzie. Oceniono również możliwość wykorzystania właściwości bakteriostatycznych mleczanu sodu do przedłużania trwałości wyrobów z mięsa drobiowego pakowanych w atmosferze azotu oraz azotu i dwutlenku węgla. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań mikrobiologicznych, chemicznych i sensorycznych stwierdzono, że efektywność pakowania przetworów z mięsa drobiowego w modyfikowanej atmosferze jest ściśle uzależniona od rodzaju i składu gazów użytych do pakowania oraz od temperatury przechowywania. Przeprowadzone przeze mnie badania umożliwiły określenie optymalnego poziomu dwutlenku węgla w mieszaninie gazów ochronnych, zapewniającego utrzymanie dobrej jakości początkowej wybranych rodzajów przetworów z mięsa drobiowego w czasie chłodniczego przechowywania.

Stwierdzono, że pakowanie wyrobów z mięsa drobiowego w modyfikowanej atmosferze (próżni lub mieszaninie gazów), w porównaniu do pakowania w atmosferze powietrza, pozwala kilkakrotnie przedłużyć okres ich przydatności do spożycia podczas przechowywania w warunkach chłodniczych 0-2°C. Wykazałam, że skuteczność oddziaływania atmosfery gazów ochronnych można zwiększyć od 2 do 4 razy poprzez dodanie w procesie produkcji wyrobu mleczanu sodu na poziomie 1% lub 2%. W prowadzonych badaniach wskazałam na możliwość wykorzystania modelu Weibulla do prognozowania okresów przydatności do spożycia wyrobów na podstawie ocen ogólnej pożądalności, w zależności od składu modyfikowanej atmosfery i warunków temperaturowych przechowywania. Do określenia dynamiki zmian liczby bakterii jak również zawartości aldehydu malonowego zastosowałam funkcje liniowe i wykładnicze. Natomiast dla wyznaczonych temperatur przechowywania ustaliłam sekwencję wpływu analizowanych czynników zmiennych (liczba bakterii, czas przechowywania, wartość liczby TBA, udział procentowy dwutlenku węgla) na trwałość wyrobów, stosując równania regresji wielokrotnej i obliczając współczynniki regresji. Dane uzyskane z analizy obliczonych równań regresji mogą być przydatne w procesie technologicznym. Przeprowadzone badania dostarczyły nowych informacji w zakresie zastosowania technologii pakowania w modyfikowanej atmosferze do utrwalania schłodzonych wyrobów, co jest szczególnie istotne ze względu na złożoność zagadnienia. Badania, które przeprowadziłam, znacznie poszerzyły wiedzę dotyczącą udziału CO₂ w przedłużaniu trwałości mięsa i wyrobów z mięsa drobiowego. Oprócz aspektu naukowego miały one charakter aplikacyjny, ze względu na możliwość określenia okresu przydatności do spożycia różnych wyrobów z mięsa drobiowego, w zależności od składu atmosfery i warunków przechowywania, przy zachowaniu niezmięnionej dobrej jakości początkowej produktu. Pozyskiwanie tego typu danych daje możliwość doskonalenia metod chłodniczego przechowywania żywności, co jest szczególnie istotne ze względu na dynamiczny rozwój handlu i sieci dystrybucyjnych. Kończącym efektem badań była rozprawa doktorska „Rola modyfikowanej atmosfery w przedłużaniu trwałości wyrobów z mięsa drobiowego” (promotor prof. dr hab. Jan Pikul), którą obroniłam z wyróżnieniem jak również liczne publikacje i doniesienia konferencyjne (Załącznik 5: II A 2., II A 3., II A 4., II D 1.5., II D 1.6., II D 1.7., II D 1.8., II D 1.10., II D 1.11., II D 1.12., II D 1.13., II D 1.14., II K 1.1., II K 2.3., II K 2.4.).

Uzupełnieniem wiedzy dotyczącej stosowania modyfikowanej atmosfery do pakowania i przechowywania mięsa i przetworów z mięsa były podjęte przeze mnie badania, związane z oceną jakości i trwałości produktów z marynowanego mięsa drobiowego z warzywami. Moje zainteresowanie tym tematem wynikało z zapotrzebowania przemysłu spożywczego na informacje

dotyczące jakości mięsa marynowanego, pakowanego i przechowywanego w modyfikowanej atmosferze, stanowiącego znaczny udział w handlu detalicznym (Załącznik 5: II A 7.).

Ad.2. Znaczna część mojego dorobku naukowego związana jest z jajczarstwem, szczególnie z zagadnieniami dotyczącymi oceny jakości jaj i ich przetworów. Pierwsze prace badawcze z tego obszaru, w których uczestniczyłam po zatrudnieniu w Katedrze Technologii Produktów Drobiarskich, dotyczyły dopracowania technologii produkcji jaj marynowanych, produktu o specyficznych cechach smakowo-zapachowych i zwiększonej trwałości, nadającego się do dalszego wykorzystania w produkcji żywności wygodnej. Rezultatem przeprowadzonych badań było wyznaczenie optymalnych warunków marynowania jaj określonych na podstawie pomiaru pH, zawartości soli, ubytków masy, oceny organoleptycznej i mikrobiologicznej. Wyniki badań prezentowano na konferencjach i opublikowano w materiałach konferencyjnych (Załącznik 5: II D 1.1., II D 1.2.).

Kolejnym ważnym, prowadzonym przeze mnie, tematem badawczym o charakterze utylitarnym były badania związane z oceną możliwości zastosowania procesu kondycjonowania białka jaja do poprawy jego stanu higienicznego. Jakość mikrobiologiczna suszonego białka jest często niezadowalająca, ze względu na stosowanie limitowanej, stosunkowo niskiej temperatury pasteryzacji, co związane jest z podatnością białek jaja na denaturację cieplną. Ponadto istnieje również potencjalna możliwość wtórnej kontaminacji białka po przeprowadzeniu procesu pasteryzacji. W badaniach określiłam zarówno mikrobiologiczny jak i technologiczny efekt działania wysokiej temperatury przechowywania suszonego białka jaja. Ustaliłam optymalne warunki kondycjonowania suszonego białka jaja, umożliwiające wystarczającą redukcję pałeczek *Salmonella* Enteritidis charakterystycznych dla jaj, a jednocześnie nie pogarszające wybranych właściwości funkcjonalnych. Badania dotyczyły prób białka dostępnych w handlu, zawierających glukozę, jak również jej pozbawionych. Efektem przeprowadzonych badań było wyznaczenie parametrów kondycjonowania białka, pozwalających uzyskać wymagany poziom mikrobiologiczny produktu bez obniżenia jego jakości technologicznej. Określiłam najkorzystniejsze parametry kondycjonowania białka odcukrzonego (temperatura 70°C i 80°C i czas 5-7 dni). Stwierdziłam, że nieodcukrzone białko nie powinno być poddawane kondycjonowaniu, ze względu na znaczne pogorszenie cech funkcjonalnych. Wyniki badań z tego zakresu zostały przedstawione na konferencji i opublikowane (Załącznik 5: II A 1., II K 2.2.).

Jaja i ich przetwory powinny stanowić ważny składnik diety człowieka, ze względu na wysoką wartość odżywczą oraz szczególne walory kulinarne. Uważane są jednak za jedno z głównych źródeł zatruc pokarmowych, wywołanych bakteriami z rodzaju *Salmonella*. Obecność

bakterii, w tym patogennych pałeczek, dotyczy przede wszystkim skorup jaj, których stopień zanieczyszczenia zależy jest również od systemu chowu niosek. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) Nr 1168/2006 kraje UE mają obowiązek ograniczenia częstości występowania niektórych serotypów salmonelli w stadach kur niosek. Jednym z zalecanych zabiegów higienizacyjnych, przyczyniających się do redukcji poziomu zanieczyszczenia powierzchni skorup jaj jest promieniowanie UV-C. W ostatnich latach uczestniczyłam w badaniach dotyczących możliwości zastosowania promieniowania UV-C do higienizacji powierzchni skorup jaj konsumpcyjnych. Badania przeprowadzono zarówno dla mikroflory natywnej znajdującej się na skorupie, jak też mikroflory naniesionej celowo na powierzchnię skorupy (*Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*), stosując różne poziomy inokulacji i dawki promieniowania. Oceniono również zdolność do regeneracji komórek *Escherichia coli* i *Salmonella*, uszkodzonych pod wpływem promieniowania. Przeprowadzono badania modelowe dotyczące przeżywalności i konkurencyjnych oddziaływań natywnej mikroflory skorupy z inokulowanymi szczepami bakterii. Stwierdzono, że pałeczki z rodzaju *Salmonella* nie wykazują zdolności do regeneracji w badanych systemach naprawy uszkodzeń komórek promieniowaniem UV-C, a bakterie *Escherichia coli* w niewielkim stopniu. Proces zamierania bakterii na powierzchni skorup zależy jest od natywnej mikroflory występującej na powierzchni skorup. Zastosowany zabieg higienizacyjny może być stosowany w praktyce, ze względu na brak niekorzystnego wpływu na cechy jakościowe jaj. Połączone działanie mycia i naświetlania umożliwia skuteczną redukcję bakterii z grupy coli. W przypadku badanych szczepów bakterii dla wszystkich zastosowanych poziomów inokulacji stwierdzono znaczną skuteczność naświetlania jaj. Wyniki przeprowadzonych badań opublikowano i prezentowano na konferencjach międzynarodowych i krajowych (Załącznik 5: II A 9., II A 11., II D 1.27., II D 1.32., II D 2.6., II D 2.7., II D 2.8., II K 1.4., II K 1.6., II K 2.8., III B 2.3., III B 2.6., III B 2.9.).

W odpowiedzi na zainteresowanie producentów jaj dotyczące metod ich znakowania, brałam też udział w badaniach o charakterze aplikacyjnym, których celem była ocena możliwości zastosowania metody laserowej do znakowania jaj kurzych. Wymagane obecnie znakowanie jaj ma kluczowe znaczenie dla identyfikacji ich pochodzenia i jest niezbędnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Najczęstszym sposobem znakowania jest stemplowanie lub nadruk na skorupie przy użyciu tuszu, co budzi znaczne zastrzeżenia, ze względu na możliwość dyfuzji tuszu lub rozpuszczalników wykorzystywanych w ich produkcji do treści jaj. Przeprowadzone badania wykazały, że laserowa metoda znakowania skorupy jaj kurzych jest bezpieczna i może być wykorzystana w zakładach pakowania jaj przeznaczonych

do spożycia. Dodatkowym atutem takiego sposobu znakowania jest szybkość nadruku (załącznik 5: II D 1.31., III B 2.4.).

Współpracując z ośrodkami naukowo-badawczymi w Poznaniu (Katedra Chemii, Katedra Hodowli i Użytkowania Drobiu Uniwersytetu Przyrodniczego oraz Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt w Dworzyskach k. Poznania Instytutu Zootechniki) uczestniczę w badaniach dotyczących określenia zależności pomiędzy rodami i sposobem chowu kur niosek a jakością jaj konsumpcyjnych. Wykorzystując nowoczesne, zaawansowane techniki analityczne, takie jak spektrometria i chromatografia, oznaczono zawartość makroelementów i mikroelementów, jak również porównano profil kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w treści jaj kurzych wybranych ras zachowawczych, utrzymywanych w warunkach gospodarstwa ekologicznego i żywionych w jednakowy sposób. Uzyskane rezultaty badań potwierdziły genotypową zależność pomiędzy barwą skorupy a rodami kur niosek. Stwierdzono związek pomiędzy parametrami barwy żółtka a barwą skorupy, jednakże nie wykazano zależności pomiędzy intensywnością wybarwienia żółtka a barwą skorupy. Zawartość kwasów tłuszczowych i cholesterolu była zróżnicowana i zależna od rodu niosek. Wyniki badań opublikowano oraz przedstawiono na konferencjach zarówno w formie posterów jak i referatów, których byłam współautorem (Załącznik 5: II A 19., II A 20., II A 21., II D 1.33., II D 2.9., II K 1.5., II K 1.7., II K 1.10., II K 1.13., II K 1.14., II K 1.15., III B 1.11., III B 1.14., III B 2.5.).

Jaja stanowią koncentrat wartościowych składników odżywczych, takich jak łatwo przyswajalne białko o znacznej ilości aminokwasów egzogennych, nienasycone kwasy tłuszczowe czy mikroelementy i witaminy. Należy podkreślić, że są też źródłem cennych bioaktywnych składników, takich jak: lizozym, cystatyna czy immunoglobuliny, wykorzystywanych w przemyśle farmaceutycznym, biotechnologicznym i spożywczym. Dlatego też część mojego dorobku dotyczy możliwości wykorzystania jaj w ofercie żywności wygodnej, stanowiącej rozwijającą się grupę produktów, jak również możliwości potencjalnego wykorzystania bioaktywnych składników izolowanych z jaj (Załącznik 5: II A 14., II D 1.9., II D 2.1., III D 2.2.).

Ad.3. Kolejny obszar badawczy w mojej działalności naukowej związany jest z oceną zanieczyszczenia mikrobiologicznego mięsa drobiowego i jego przetworów. Uczestniczyłam w badaniach realizowanych w ramach grantu KBN PB 5015-91-01, 1991-1994 – „Technologia pozyskiwania, utrwalanie i wykorzystanie preparatów białkowych typu surimi z mięsa odzyskanego mechanicznie”, których rezultatem było opracowanie technologii pozyskiwania wysokobiałkowych preparatów o szerokich możliwościach wykorzystania w przetwórstwie. Moim zadaniem w ramach realizowanego tematu była charakterystyka mikrobiologiczna preparatu

miofibryli (surimi) otrzymanego z mechanicznie odkostnionego mięsa kurcząt oraz jego ocena w czasie chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. Oznaczenia wybranych wyróżników mikrobiologicznych przeprowadziłam zarówno dla ważniejszych etapów otrzymywania surimi (rozdrabnianie, przemywanie, oddzielanie tkanki łącznej, w czasie chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania preparatu), jak też dla uzyskanego preparatu finalnego. Część badań prowadzono we współpracy z Uniwersytetem w Bristolu, w ramach grantu British Council-KBN, co związane było z moim pobytem w 1997 roku w Langford w Anglii. Uzyskane rezultaty badań przedstawiono również na konferencjach (Załącznik 5: II D 1.3., II K 2.1.).

Brałam też udział w badaniach dotyczących oceny wyróżników sensorycznych i mikrobiologicznych suszonych produktów przekąskowych z mięsa drobiowego, określanych jako „jerky”. Wytwarzanie tego typu produktów, również w warunkach domowych, staje się w ostatnich latach coraz bardziej popularne. „Jerky” reprezentują produkty mięsne, uzyskane z odpowiednio przygotowanego surowca, doprawionego smakowo i utrwalonego na drodze suszenia lub wędzenia, zawierające około 40% białka, od 5 do 8% tłuszczu oraz stosunkowo wysoką zawartość chlorku sodu (od 4 do 5%). W przeprowadzonych badaniach stosowano różne warianty tego typu produktu, zawierające odmienne dodatki smakowo-zapachowe. W ramach przeprowadzonych badań oceniłam wpływ stosowanych parametrów suszenia na jakość mikrobiologiczną produktu. Rezultaty badań prezentowano na konferencji międzynarodowej w Czechach (Załącznik 5: II D 1.22., III B 1.5.).

W ostatnich latach uczestniczę także w badaniach związanych z oceną dynamiki zmian mikrobiologicznych zachodzących w przetworach mięsnych w czasie ich chłodniczego przechowywania. W łańcuchu produkcji mięsa i wyrobów z mięsa dąży się do zminimalizowania dynamiki przemian prowadzących do ich zepsucia. Gromadzenie informacji dotyczących wpływu różnych czynników na jakość mikrobiologiczną, pozwala oszacować ryzyko mikrobiologiczne. W ramach tego zagadnienia podjęto istotne dla sprzedaży hurtowej i detalicznej badania, których celem była ocena wpływu temperatury przechowywania na dynamikę zmian liczby bakterii w wędlinach o różnym składzie, stopniu rozdrobnienia surowca i technologii produkcji. Do opisu wzrostu i przeżywalności liczby bakterii w badanych kielbasach wykorzystano modele Gomperta. Aproksymacja modeli do danych empirycznych była wysoka. Uzyskane rezultaty badań potwierdziły kluczowy wpływ temperatury na dynamikę zmian mikrobiologicznych w wędlinach w czasie ich przechowywania (Załącznik 5: II A 6.). Funkcję czasowo-temperaturową typu Arrheniusa wykorzystano z kolei do modelowania zmian zachodzących w czasie chłodniczego przechowywania nietrwałych wyrobów mięsnych. Wykazano, że matematyczny opis pogarszania się jakości wędlin na podstawie wyróżników sensorycznych, wykorzystujący równanie typu

Arrheniusa, może być użytecznym narzędziem w prognozowaniu jakości sensorycznej produktu w czasie dystrybucji i przechowywania. W badaniach oceniano możliwość wykorzystania wartości energii aktywacji zmian jakości poszczególnych wyróżników sensorycznych do obiektywizacji wartości współczynników ważkości. Weryfikacja utworzonych modeli świadczy o ich dobrym dopasowaniu do danych eksperymentalnych, szczególnie w niższych temperaturach, co wskazuje na dużą wartość użyteczną. Stwierdzono, że znajomość parametrów reakcji pogarszania się jakości wyróżników sensorycznych może być pomocna w wyznaczaniu jakości sensorycznej produktu w końcowym etapie łańcucha dystrybucji (Załącznik 5: II D 1.30., II K 2.9., II K 2.10.).

Ad.4. Konsekwencją mojego rozwoju naukowego było rozszerzenie obszaru badawczego i skierowanie zainteresowań badawczych również na zagadnienia dotyczące jednego z najgroźniejszych zagrożeń chemicznych, jakim są mikotoksyny. Prace badawcze poprzedziła przygotowana wspólnie z prof. Jackiem Kijowskim monografia, w której opracowałam rozdział poświęcony charakterystyce mikotoksyn ze szczególnym podkreśleniem metod ich kontroli, mających zastosowanie w łańcuchu produkcji żywności (Załącznik 5: II D 2.3.).

Aktualnym tematem badawczym z tego obszaru, w realizacji którego uczestniczę, jest ocena możliwości występowania grzybów i mikotoksyn ze środowiska kurnika na powierzchni i w treści jaj konsumpcyjnych. Określenie zależności pomiędzy intensywnością zasiedlania jaj grzybami mikroskopowymi, a systemem chowu niosek jest interesujące i istotne, ze względu na brak w literaturze danych dotyczących możliwości zasiedlania jaj kurzych grzybami pochodzącymi ze środowiska kurnika. Badania innych autorów koncentrują się jedynie na analizie zależności pomiędzy obecnością mikotoksyn w jajach a zanieczyszczeniem pasz metabolitami grzybów. Należy podkreślić, że warunki panujące w kurniku sprzyjają wzrostowi grzybów mikroskopowych m.in. z rodzajów *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Candida*. Grzyby i produkowane przez nie metabolity są przyczyną występowania grzybic i mikotoksykoz u drobiu, jak również mogą powodować liczne choroby zawodowe pracowników zatrudnionych w sektorze rolniczym. W prowadzonych badaniach obecność grzybów oznaczana jest zarówno metodami tradycyjnymi oraz w oparciu o oznaczenie stężenia ergosterolu, będącego składnikiem ściany komórkowej grzybów. Badania te prowadzone są we współpracy z autorytetem w tej dziedzinie, prof. dr hab. J. Perkowskim i jego zespołem z Katedry Chemii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Należy podkreślić, że dotychczas nie wykorzystywano oznaczenia stężenia ergosterolu do określania zawartości grzybów w jajach. Rezultaty przeprowadzonych badań wstępnych wskazują na obecność grzybów mikroskopowych ze środowiska kurnika w komponentach jaj, co stanowi uzasadnienie podjęcia tematu i podstawę powodzenia dalszych badań. Wyższe stężenie

ergosterolu stwierdzono w próbach jaj z chowu ściółkowego, a niższe klatkowego. Analiza mikotoksyn wskazuje na obecność trichotecenów z grupy A i B. Dalsze badania prowadzone będą ze środków uzyskanych z Narodowego Centrum Nauki w ramach programu SONATA na lata 2013-2016. Wstępne wyniki opublikowano w Poultry Science oraz przedstawiono w formie doniesień konferencyjnych (załącznik 5: II A 10., II D 1.37., II K 1.8., II K 1.9., II K 1.11., II K 1.12., II K 1.15., II K 1.17., II K 1.18., II K 1.19., II K 1.20., II K 1.21., II K 2.11., II K 2.12., II K 2.13., III B 1.12., III B 1.13., III B 1.19., III B 1.20., III B 1.21, III B 1.22, III B 1.24., III B 2.10.).

W obszarze badań dotyczących mikotoksyn prowadziłam również prace związane z możliwością wykorzystania metody immunoenzymatycznej do identyfikacji mikotoksyn w paszach i zbożach paszowych. Obecność mikotoksyn, wytwarzanych głównie przez grzyby z rodzaju *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium* w paszach i zbożach paszowych, prowadzi do znacznych strat w produkcji zwierzęcej. Ocenia się, że mikotoksyny powodują rocznie zniszczenie lub pogorszenie jakości około 20-25% zbóż i w konsekwencji straty w hodowli zwierząt. W Normie PN-EN ISO 22000:2006 wskazuje się na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa żywności na wszystkich etapach produkcji i obrotu „od pola do stołu”. Konieczność kontroli jakości pasz oraz wycofania zbóż i pasz skażonych mikotoksynami, wymaga wykorzystania szybkich i efektywnych metod ich identyfikacji, które można zastosować na poszczególnych etapach łańcucha żywnościowego. Celem podjętych badań była ocena obecności deoksyniwalenolu i zearalenonu w zbożach paszowych i paszach przy wykorzystaniu metody immunoenzymatycznej ELISA (testy Veratox firmy Neogen). Rezultaty badań, które uzyskałam, wskazują na istotne znaczenie mikotoksyn jako potencjalnego zagrożenia w produkcji pasz i konieczność systemowego podejścia w celu zapewnienia kontroli nad tym zagrożeniem. Spośród badanych pasz, największe stężenie deoksyniwalenolu i zearalenonu, stwierdzono w przypadku kukurydzy i pasz wyprodukowanych na jej bazie. Efektem moich badań z tego obszaru było stwierdzenie, że metodę immunoenzymatyczną można zastosować do oznaczenia mikotoksyn w paszach i zbożach ze względu na jej czułość, specyficzność i prostotę stosowania (załącznik 5: II D 1.25.).

Dzięki dobrej współpracy z Katedrą Chemii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, miałam możliwość przeprowadzenia badań dotyczących występowania bakterii, grzybów i mikotoksyn z grupy trichotecenów w mieszankach paszowych dla drobiu z obszaru Wielkopolski. Pasze dla drobiu stanowią 70% udziału w produkcji pasz przemysłowych. Obecność grzybów oceniono zarówno stosując tradycyjną metodę mikrobiologiczną oraz w oparciu o oznaczenie stężenia ergosterolu. Zidentyfikowane w paszach grzyby należały do rodzaju *Aspergillus*, *Rhizopus* i *Mucor*. Niezależnie od rodzaju paszy (starter, grower i finisher) udział trichotecenów grupy B był pięciokrotnie wyższy, aniżeli z grupy A. Mieszanki paszowe zawierały najwyższe stężenie

deoksyniwalenolu. Te badania wykazały statystycznie istotną korelację pomiędzy zawartością deoksyniwalenolu i ogólną ilością trichotecenów a ergosterolem. Ponadto okazało się, że zanieczyszczenie mikrobiologiczne nie przekraczało wymaganych standardów, określonych przez Unię Europejską (Załącznik 5: II A 12., II K 1.9., III B 2.2.).

PODSUMOWANIE DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

Mój całkowity dorobek naukowy wg punktacji MNiSW wynosi 735 punkty, w tym 105 przypada na monotematyczny cykl publikacji, składający się na osiągnięcie habilitacyjne, będące podstawą wniosku o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego. Sumaryczny Impact Factor (zgodnie z rokiem opublikowania) wynosi 18,938, Indeks Hirscha wg bazy Web of Science (WoS) i Scopus wynosi odpowiednio 5 i 5 a liczba cytowań 71 (51 bez autocytowań) i 88. Dotychczas jestem autorem lub współautorem 173 prac, z czego 154 opublikowałam po uzyskaniu stopnia doktora. Na mój dorobek składa się 65 (58 po doktoracie) oryginalnych prac twórczych, w tym 26 stanowią publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, z których w 11 jestem pierwszym autorem. Pozostałe to oryginalne prace opublikowane w czasopismach międzynarodowych i krajowych, innych niż znajdujące się w bazie JRC oraz w monografiach i materiałach konferencyjnych. Wyniki badań prezentowałam na 24 konferencjach międzynarodowych i 14 krajowych w formie referatów (34) oraz posterów (38).

Dotychczas brałam udział w realizacji 6 projektów badawczych (KBN 5. S.30700106, 1994-1996; KBN 5P06G 01410, 1996-1998; KBN 5P06G 03818, 2000-2002; KBN 6P06 021 2001 C/5492, 2002-2005; Action COST 923, 2003-2004; KBN 2P06T 009 26, 2004-2007). Obecnie jako wykonawca uczestniczę w badaniach prowadzonych w ramach grantu NCN SONATA 42012/07/D/NZ9/01004 (2013-2014). Całościowy wykaz opublikowanych prac i zakres tematyczny grantów zamieściłam w Załączniku 5 pkt I 1. Współpracując z redakcjami wykonałam 21 recenzji publikacji naukowych dla czasopism: Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. (1), European Food Research and Technology (6), Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria (1), Journal of the Science of Food and Agriculture (3), Journal of Food Processing & Technology (1), Dairy Science & Technology (1), Aparatura Badawcza i Dydaktyczna (3), Toxins (1), African Journal of Microbiology, Research (1), African Journal of Biotechnology (1), Food Control (1), Nauka.Przyroda.Technologie (1). W czasie zatrudnienia na etacie naukowo-dydaktycznym wielokrotnie uzyskałam nagrody JM Rektora za osiągnięcia zarówno za naukowe, jak i dydaktyczne (1994, 2000, 2005, 2010, 2011, 2013). W 2009 otrzymałam nagrodę Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności za najlepszą pracę badawczą z zakresu nauk o żywności, opublikowaną

w czasopiśmie naukowym *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. W 2013 roku otrzymałam Medal Srebrny za Długoletnią Służbę nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej.

Zestawienie dotyczące dorobku publikacyjnego z podziałem na poszczególne formy aktywności przedstawiłam w poniższej tabeli.

Zestawienie dorobku naukowego

Rodzaj publikacji	Ilość	IF	Punkty MNiSW
Oryginalne prace twórcze	65	18,627	658
Publikacje przeglądowe	10	0,311	47
Publikacje popularnonaukowe	3	-	-
Rozdziały w monografiach, książkach, skryptach	8	-	24
Komunikaty naukowe przedstawione w formie prezentacji ustnej na konferencjach			
• krajowych	14	-	-
• międzynarodowych	20	-	-
Komunikaty naukowe przedstawione w formie posterów na konferencjach			
• krajowych	11	-	-
• międzynarodowych	27	-	-
Nie opublikowane opracowania, w tym sprawozdania z grantów	13	-	-
Redakcja książek, monografii	2		6
Łącznie	173	18,938	735
w tym stanowiące osiągnięcie	6	5,337	105

Impact factor₅ (2009-2013/2014) - 19,244

Index Hirscha h=5, liczba cytowań (bez autocytowań) 51 (wg bazy Web of Science)

DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA

Od początku zatrudnienia na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii Produktów Drobiarskich, prowadzę zajęcia w pełnym wymiarze godzin zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych dla studentów Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu i Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Ponad 20 letnia praktyka dydaktyczna na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu pozwoliła mi uzyskać bogate doświadczenie

dydaktyczne i opanować szeroki zakres problematyki zajęć. Do momentu uzyskania stopnia doktora prowadziłam głównie ćwiczenia w ramach takich przedmiotów jak: (Surowce Zwierzęce, Kierunkowa Technologia Żywności, Przetwórstwo Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Technologia Specjalizacyjna, Wybrane Działy z Technologii Specjalizacyjnej, Zajęcia Terenowe). Po uzyskaniu stopnia doktora i awansie na stanowisko adiunkta, moja działalność dydaktyczna objęła również wykłady, seminaria i konwersatoria. Cykl prowadzonych przeze mnie zajęć od 2000 roku obejmuje przedmioty: (Surowce Zwierzęce, Przetwórstwo Żywności, Seminarium Inżynierskie, Technologia Kierunkowa Żywności, Technologie Produktów Pochodzenia Zwierzęcego, Technologie Specjalnościowe Zwierzęce, Pracownia Specjalizacyjna, Pracownia Dyplomowa, Zajęcia Terenowe, Dobra Praktyka Produkcyjna i Higieniczna, Praktyka Auditowania i Dokumentowania Systemów Zarządzania, Analityka dla Bezpieczeństwa Żywności, Bezpieczeństwo Produkcji Żywności, System Bezpieczeństwa, Zdrowotnego Żywności HACCP, Systemowe Zapewnienie Bezpieczeństwa w Łańcuchu Żywnościowym, Jakość i Bezpieczeństwo Żywności Bezpieczeństwo, Jakość Żywności i Ochrona Środowiska, Współczesne Trendy w Nauce o Żywności i Żywieniu, Systemy Zapewnienia Jakości i Bezpieczeństwa Żywności, Bezpieczeństwo Żywności, Quality and Safety in Food Production).

W 2002 roku Katedra, w której jestem zatrudniona rozszerzyła zakres działalności, również dydaktycznej, w związku z powstaniem Katedry Zarządzania Jakością Żywności i utworzeniem specjalności Zarządzanie Jakością Żywności. Organizacja nowej jednostki oraz przygotowanie programów zajęć dla powstałej na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu specjalności wiązało się z koniecznością podniesienia kwalifikacji w tym obszarze. W 2002 roku ukończyłam dwusemestralne Podyplomowe Studium Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności, Akademii Rolniczej w Poznaniu. Uzyskałam certyfikaty Auditora Wewnętrznego Systemów Zarządzania Jakością i HACCP i Asystenta Jakości Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji S.A. W 2005 otrzymałam certyfikat Auditora Wiodącego Systemu Zarządzania Jakością wg ISO 9000 (BSI, Polish Branch). W ramach powstałej specjalności Zarządzania Jakością Żywności a obecnie również na kierunku Towaroznawstwo ze specjalnością Zarządzanie Jakością Żywności jestem kierownikiem dwóch przedmiotów z zakresu zarządzania: Dobra Praktyka Produkcyjna i Higieniczna i Praktyka Auditowania i Dokumentowania Systemów Zarządzania. Prowadzę zajęcia zarówno z zakresu technologii i mikrobiologii produktów drobiarskich jak również systemów zarządzania jakością w przemyśle spożywczym. Uczestniczyłam również w realizacji programu przygotowującego studentów studiów dziennych specjalności Zarządzanie Jakością Żywności do egzaminu umożliwiającego uzyskanie certyfikatu Asystenta Systemów Zarządzania Jakością przeprowadzanego przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A. Corocznie

realizuję zajęcia w wymiarze wyższym, (130 - 200%) wymaganego pensum dydaktycznego (240 godzin), niezależnie od opieki nad pracami dyplomowymi. Od 2004 roku prowadzę zajęcia w ramach przedmiotów: Audit i Dokumentacja Systemów Jakości oraz Systemy Bezpieczeństwa Żywności na dwusemestralnym Podyplomowym Studium Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Jestem autorem 4 rozdziałów w skryptach przeznaczonych dla studentów: „Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego” oraz „Ocena technologiczna jaj i przetworów z jaj” oraz współautorem podręczników akademickich (załącznik 5: II D 3.1., II D 3.2., II D 3.3., II D 3.4.). Moje zaangażowanie w obszarze dydaktyki zostało wyróżnione przez Rektora Akademii Rolniczej w Poznaniu dwiema nagrodami (1994, 2005).

W okresie zatrudnienia byłam promotorem 32 prac magisterskich i 24 inżynierskich zarówno na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka jak również Towaroznawstwo ze specjalnością Zarządzanie Jakością Żywności (załącznik 5: III J). Ponadto recenzowałam 22 prace inżynierskie i magisterskie. Jestem członkiem wydziałowej Komisji ds. Studiów, jak również należę do zespołu opracowującego programy studiów dla kierunku Towaroznawstwo.

DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA

Aktywnie uczestniczę w działalności organizacyjnej zarówno Katedry, w której jestem zatrudniona, jak również Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu. Jako przedstawiciel adiunktów od trzech kadencji jestem członkiem Rady Katedry Zarządzania Jakością Żywności, jak również Katedralnej Komisji ds. Aparatury Naukowo-Badawczej i Dydaktycznej. Jestem opiekunem pracowni mikrobiologicznej, którą zorganizowałam w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności. Od 1 października 2013 roku pełnię funkcję Kierownika Zakładu Zarządzania Jakością Żywności w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności.

W okresie zatrudnienia uczestniczyłam w pracach Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, przeprowadzającej rekrutację kandydatów na studia stacjonarne. Jako przedstawiciel adiunktów, jestem członkiem Rady Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu w trzech kadencjach: 2004-2008, 2008-2012 i 2012-2016. Działam aktywnie w dwóch Komisjach Wydziałowych: ds. Studiów i ds. Nagród Rektorskich dla Nauczycieli Akademickich. Jestem także członkiem zespołu dostosowującego program studiów na kierunku Towaroznawstwo do wymogów Krajowych Ram Kwalifikacji. W 2012 roku zostałam również powołana jako członek Zespołu ds. Jakości Kształcenia na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, w zakresie oceny zajęć dydaktycznych dokonywanych przez studentów i doktorantów. W okresie

zatrudnienia brałam czynny udział w organizowanych przez Katedrę Zarządzania Jakością Żywności konferencjach, seminariach i warsztatach, zarówno o zasięgu krajowym jak też międzynarodowym (załącznik 5: III C).

Od 2004 roku uczestniczę w organizacji i prowadzeniu zajęć na Podyplomowym Studium Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności, którego organizatorem jest Katedra Zarządzania Jakością Żywności na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Jestem również członkiem Komisji przygotowującej i przeprowadzającej egzaminy końcowe dla absolwentów Studium Podyplomowego.

Jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności oraz reprezentantem Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w Polskim Komitecie Normalizacyjnym w Komisji PKN KT 310 ds. Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności.

Renata Legielka-Radziejewska