

Przemysław Marek, Joanna Sobczak, Andrzej Rakowski,  
Jakub Maćkowiak, Michał Gedymin  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Poznaniu

## BADANIA SKUTECZNOŚCI USUWANIA BAKTERII ZE SKORUP JAJ SPOŻYWCZYCH PRZEZ NAŚWIETLANIE PROMIENIAMI UVC

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań skuteczności usuwania skażeń bakteriologicznych z powierzchni skorup jaj spożywczych za pomocą promieniowania UVC. Badania prowadzone były w Zakładzie Technologii Drobiarskich IBMER w Poznaniu w 2009 r. Prowadzono je na jajach skażonych bakteriami Salmonella. Uzyskane wyniki pokazują wpływ wielu czynników fizycznych takich jak czas naświetlania, temperatura świetlówek na proces unieszkodliwiania bakterii. Wykazano również zależność natężenia UVC od temperatury i kierunku padania promieni. Stwierdzono znaczny spadek natężenia promieniowania w czasie spowodowany nagrzewaniem się świetlówek. Badania skuteczności prototypu weryfikowano badaniami mikrobiologicznymi. Istotny spadek liczebności bakterii uzyskano po wydłużeniu czasu przebywania jaj w komorze naświetlającej do 54 s.

**Słowa kluczowe:** bakterie Salmonella, skażenie skorup jaj, promieniowanie UVC, natężenie i dawka promieniowania

### Wstęp

Salmonella jest zaliczana do grupy bakterii Gram ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae*. Jest bardzo rozpowszechniona wśród ptaków również hodowlanych, zakażenie następuje drogą pokarmową. Wg zaleceń Komisji Europejskiej zakażeń należy unikać przez zachowanie odpowiednich warunków sanitarnych na fermach, programy szczepień oraz kontrolę produktów drobiarskich. Istnieje możliwość wtórnego skażenia jaj w czasie transportu i przechowywania wraz z innymi jajami. Z tego względu badania nad skutecznymi metodami eliminacji bakterii nabierają szczególnie dużego znaczenia.

Celem badań prowadzonych w IBMER było stwierdzenie czy i w jakim stopniu prototypowe urządzenie do dezynfekcji jaj przy pomocy promieniowania UVC, zapewnia czystość mikrobiologiczną oraz niszczy bakterie Salmonella na skorupach jaj spożywczych.

Promieniowanie ultrafioletowe jest skutecznym czynnikiem niszczącym formy wegetatywne bakterii. Powoduje ono zaburzenia w procesie replikacji bakteryjnego DNA. Optymalny zakres długości fal wynosi 230-280 nm. Należy jednak pamiętać o tym, że skuteczność tej metody zależy od wielu czynników, które decydują o wielkości dawki, jaką otrzymują bakterie. Najważniejszymi są czas naświetlania, natężenie promieniowania UV, odległość od źródła promieniowania, rodzaj i pole powierzchni itd. [Wejher 1979]

### Metodyka badań

Program badań został podzielony na dwie części:

- badania parametrów technicznych urządzenia,
- badania mikrobiologiczne czystości skorup jaj.

Badania parametrów technicznych prowadzone były zgodnie z metodami badań urządzeń nie będących przedmiotem produkcji seryjnej, lecz zgodnych z Metodą kwalifikacyjnych badań maszyn rolniczych [Czeczott, Pawlik 1975].

Badania techniczne urządzenia miały na celu określić dawkę promieniowania, którą otrzymuje powierzchnia skorup jaj oraz warunki, w jakich ono występuje. W tym celu zmierzono:

- czas naświetlania jaj  $t$  (s) - czas transportu jaj na przenośniku pod świetłówkami UVC, mierzono czas przesuwu jaj od wejścia do wyjścia z komory naświetlania,
- natężenie promieniowania UVC -  $J$  ( $W/m^2$ ), mierzono średnie natężenie promieniowania podczas transportu sondy pomiarowej na przenośniku pod świetłówkami UVC w czasie równym czasowi transportu jaj,
- temperaturę w polu promieniowania  $T$  ( $^{\circ}C$ ) zmierzono za pomocą pirometru, kierując go na świetłóWKi; temperaturę powietrza za pomocą termometru laboratoryjnego rtęciowego,
- zmianę natężenia promieniowania w czasie  $J(t)$  ( $W \cdot m^{-2}$ ), sondę pomiarową umieszczono bezpośrednio pod świetłówką i w czasie  $t = 90$  min mierzono zmiany wartości natężenia promieniowania.

Wykorzystano następujące przyrządy pomiarowe:

- pomiar czasu - stoper,
- pomiar natężenia promieniowania - miernik FOTO-RADIOMETR HD2302.0 wraz z sondą do pomiarów UVC typu LP 471 UVC PROBE o zakresie pomiarowym długości fali 220-280 nm oraz natężeniu pola promieniowania  $0,1 \text{ m} \cdot W \cdot m^{-2} - 2000 \text{ W} \cdot m^{-2}$ ,
- pomiar temperatury - pirometr ST-8819 oraz laboratoryjny termometr rtęciowy.

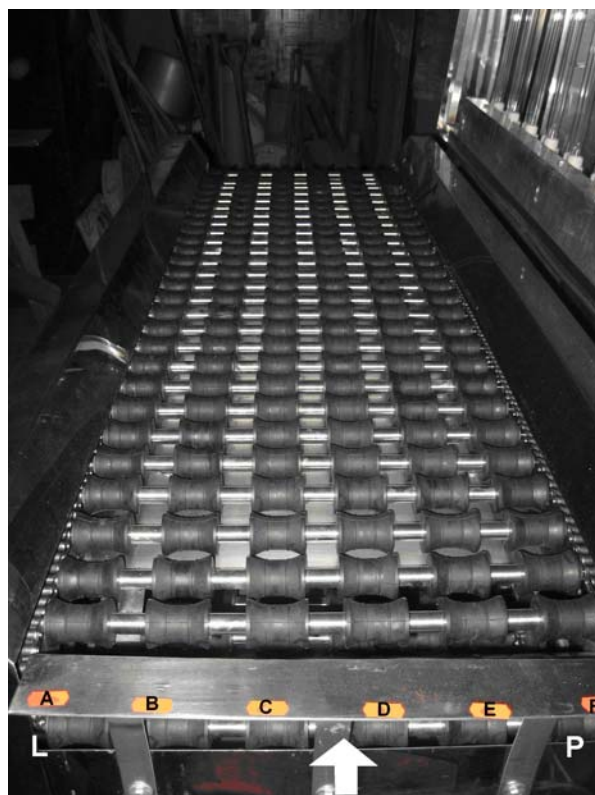
Badania mikrobiologiczne skażonych jaj, po uprzednim poddaniu ich działaniu ww. urządzenia, zlecono do przeprowadzenia akredytowanemu laborato-

rium Katedry i Zakładu Mikrobiologii Lekarskiej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Jaja były znakowane w sposób identyczny, jak tory przesuwu wzdłuż komory naświetlania. Wykonano analizę czystości mikrobiologicznej jaj pochodzących z trzech serii badań oraz jaj stanowiących grupę kontrolną skażoną szczepem wzorcowym *Salmonella enterica* subsp. *Enterica* sv, *Enteritidis* ATCC 13076. Wszystkie badania były powtarzane 3.krotnie.

### **Krótką charakterystyka urządzenia**

Naświetlacz stanowi indywidualną część ciągu technologicznego, obejmującego sortowanie i pakowanie jaj. Składa się z dwóch podstawowych zespołów: pokrywy z świetłówkami UVC oraz podstawy z przenośnikiem rolkowym biegnącym w komorze naświetlania.

Całość napędzana jest motoreduktorem NMRV 30 (0,18 kW). W bocznych (krótszych) ścianach części roboczej znajdują się szczeliny wlotowa i wylotowa dla jaj. Dzięki rolkom z tworzywa sztucznego, jaja obracają się wokół własnej osi. Umożliwia to naświetlanie ich na całym obwodzie. Jaja przemieszczają się w sześciu rzędach (A - F) wzdłuż naświetlacza, bez możliwości kontaktu pomiędzy poszczególnymi sztukami.



*Rys. 1. Widok komory naświetlania z przenośnikiem rolkowym do jaj*  
*Fig. 1 View of exposure chamber with the roller conveyor for eggs*

## Wyniki badań i ich omówienie

Całkowity czas naświetlania jaj (równy czasowi transportu na przenośniku) wynosi  $t = 18$  s. Jednak efektywny czas ekspozycji części środkowej jaj na promienie UVC wynosi  $t_1 = 9$  s, podczas gdy końce są stale oświetlone (tj. przez 18 s). Do obliczenia dawki najważniejszy jest czas, w którym jaja są wystawione na pionową - najwyższą wiązkę promieniowania. W naszym przypadku czas ten wynosił połowę całkowitego czasu transportu jaj pod świetlówkami.

Natężenie promieniowania UVC ( $W \cdot m^{-2}$ ) docierającego do przenośnika mierzono za pomocą sondy mocowanej na specjalnym uchwycie, w trzech kierunkach padania wiązki promieniowania: pionowym oraz poziomym w lewo i prawo. Czas przemieszczania sondy wynosił 18 s, a dawkę promieniowania obliczono jako iloczyn wartości natężenia promieniowania i czasu ekspozycji jaja na wiązkę.

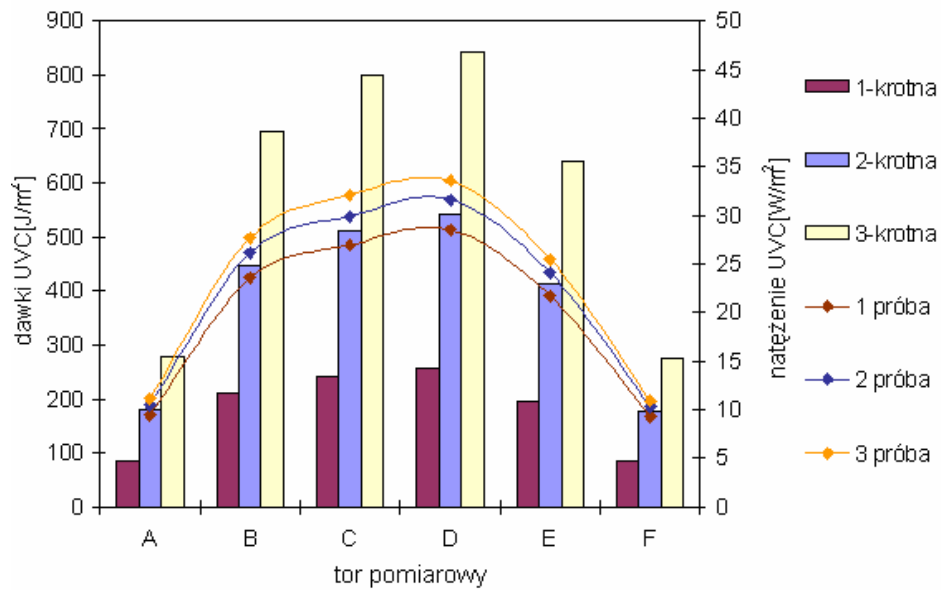


Rys. 2. Uchwyt z sondą pomiarową na torze w badanym urządzeniu.

Fig. 2. Holder with a measuring sounder on the track in testing stand

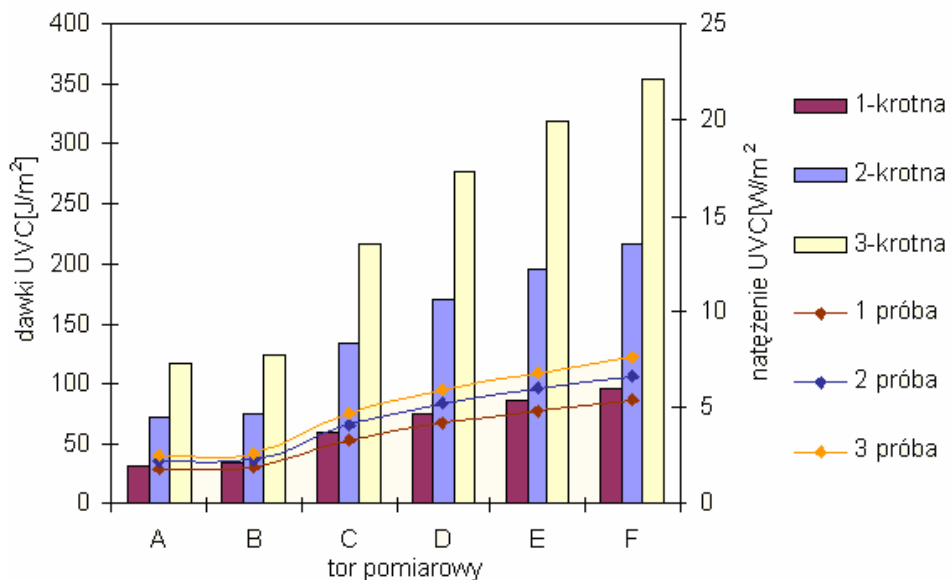
Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 3-5.

Kierunki działania promieni, inne niż pionowy, dawały duże spadki wartości natężenia promieniowania. Maksymalne dawki promieniowania jaja otrzymują bezpośrednio pod świetlówką, pomiędzy nimi wartości te są niższe. Stosowane wewnątrz obudowy odbłyśniki, wykonane z polerowanej blachy stalowej, nie spełniły zakładanej funkcji, gdyż nastąpiło na nich duże rozproszenie promieniowania.



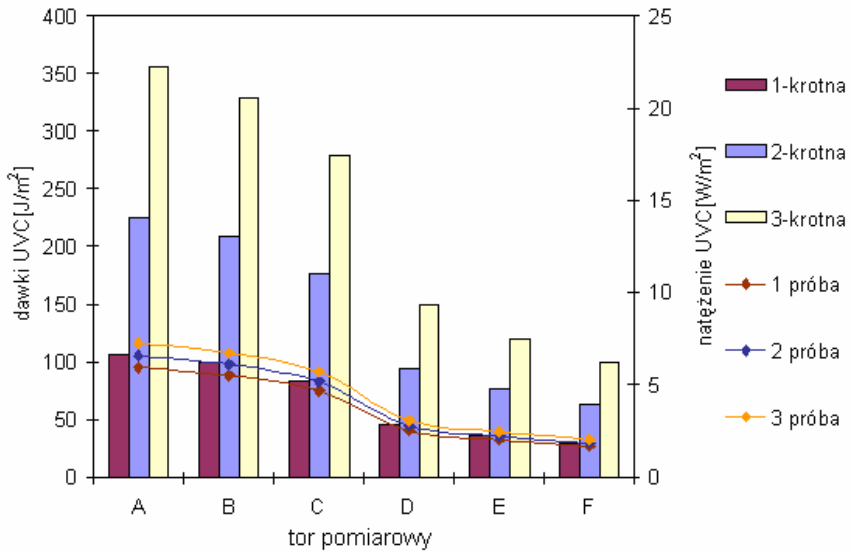
Rys. 3. Dawki UVC oraz średnie natężenie promieniowania ( $Wm^{-2}$ ) - kierunek pionowy działania promieniowania

Fig. 3. UVC dose and the average intensity of radiation ( $Wm^{-2}$ ) - vertical radiation

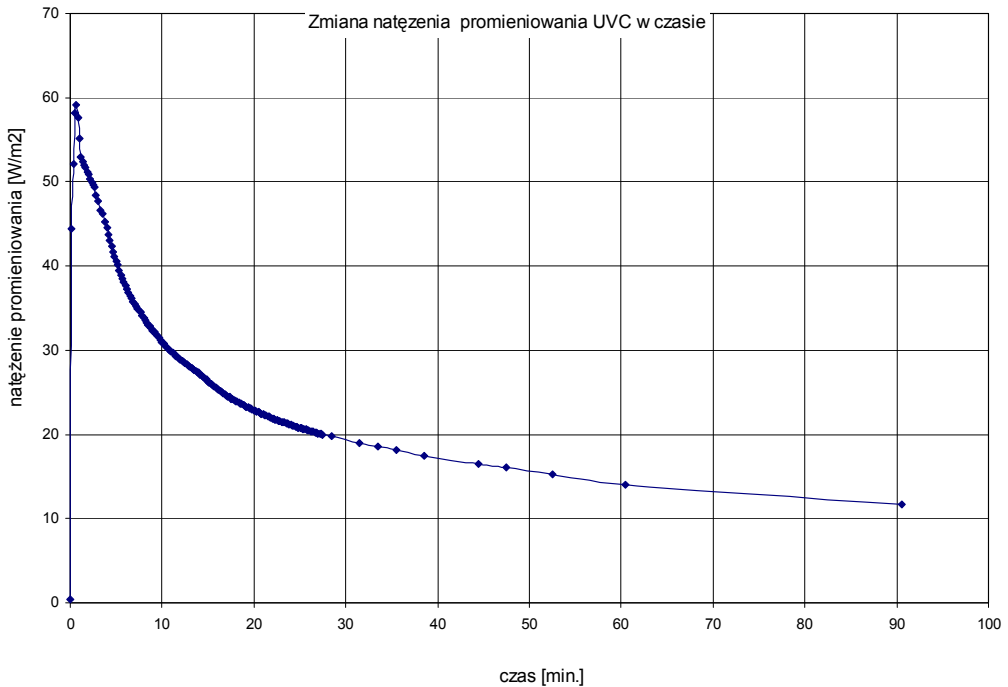


Rys. 4. Dawki UVC oraz średnie natężenie promieniowania ( $Wm^{-2}$ ) - kierunek poziomy działania promieniowania od lewej strony przenośnika

Fig. 4. UVC dose and the average intensity of radiation ( $Wm^{-2}$ ) - the direction of the radiation levels from the left side of the conveyor



Rys. 5. Dawki UVC oraz średnie natężenie promieniowania ( $Wm^{-2}$ ) - kierunek poziomy działania promieniowania od prawej strony przenośnika  
 Fig. 5. UVC doses and average radiation intensity ( $Wm^{-2}$ ) - horizontal radiation direction from the right side of conveyor



Rys. 6. Zmiana natężenie promieniowania UVC w czasie  
 Fig. 6. Change of UVC radiation intensity in time

Maksymalną wartość natężenia promieniowania UVC urządzenie uzyskuje po ok. 50 s, dlatego kolejne badania dotyczyły zmian natężenia promieniowania w czasie pracy urządzenia, który w praktyce wynosi nieprzerwanie kilkanaście godzin. Wyniki przedstawiono na rysunku 6.

Okazało się, iż wartość natężenia promieniowania UVC obniża się wraz z upływem czasu z powodu nadmiernego grzania się świetlówek, spadki te wynoszą ok. 75% wartości maksymalnej po 90 min, kiedy urządzenie osiągnęło stan równowagi cieplnej. Po zastosowaniu chłodzenia, uzyskano wartości promieniowania porównywalne z maksymalnymi.

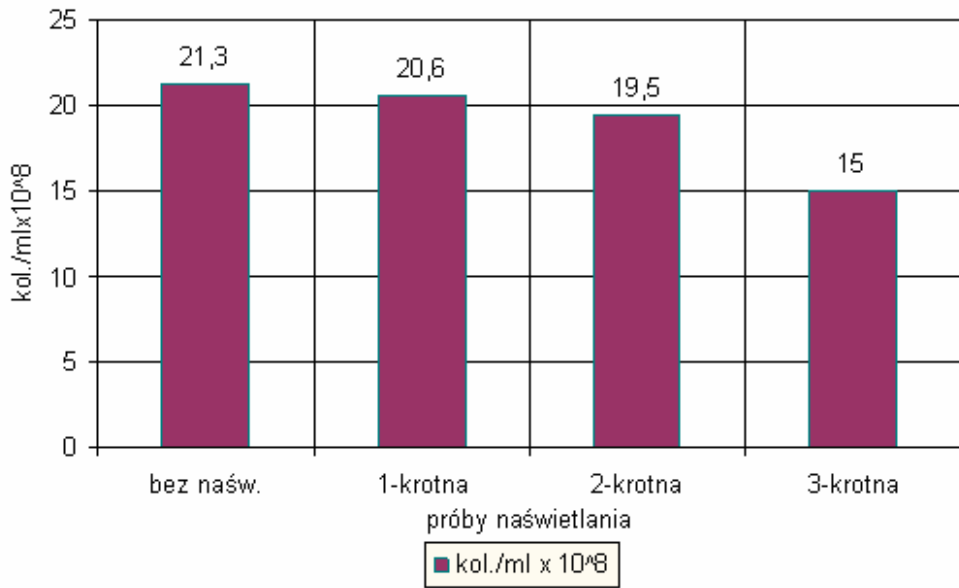


*Rys. 7. Jaja w komorze naświetlania.  
Fig. 7. Eggs in the exposure chamber*

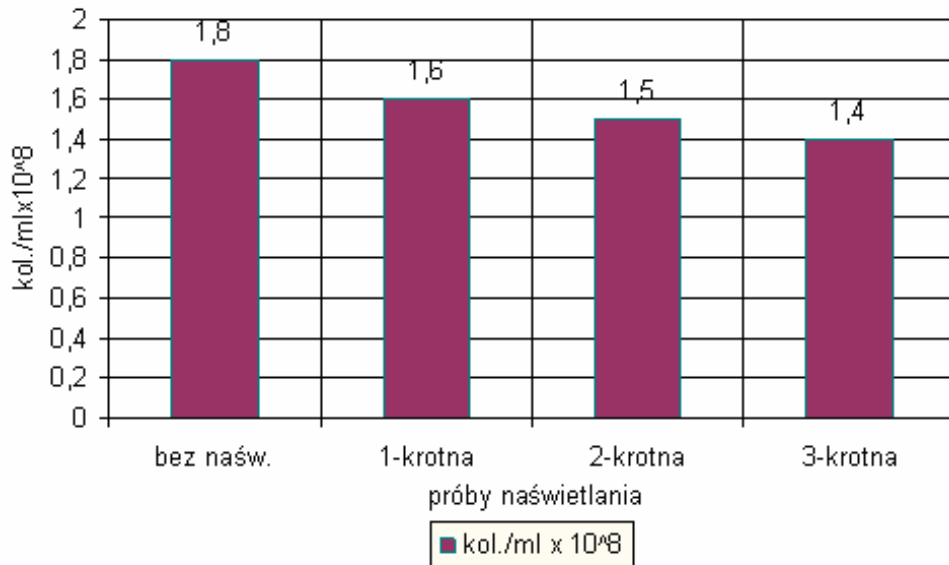
Na podstawie wiedzy teoretycznej oraz wyników badań urządzenia do naświetlania jaj promieniami UVC stwierdzono, że dostarczone dawki promieniowania UVC nie były wystarczające, gdyż nie zmniejszyły w wystarczający sposób poziomu skażenia bakteriologicznego. Dawkę promieniowania obliczono jako iloczyn wartości natężenia promieniowania UVC oraz czasu naświetlania.

Temperatura w polu promieniowania  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) - maksymalna temperatura świetlówek uzyskana po 90 min pracy urządzenia  $T_1 = 110^{\circ}\text{C}$ , po zastosowaniu chłodzenia wnętrza urządzenia strumieniem zimnego powietrza obniżono ją do  $T_2 = 54^{\circ}\text{C}$ .

Badania mikrobiologiczne. Wyjściowe skażenie jaj było na poziomie  $21,3 \times 10^8$  na ml bakterii. Po pierwszej próbie naświetlania nastąpił spadek liczebności bakterii do  $20,6 \times 10^8/\text{ml}$ , po drugiej próbie do  $19,5 \times 10^8$  na ml. Obniżenie tych wartości nie okazało się wystarczające, gdyż różnice te mieszczą się w granicach błędów pomiaru. Po trzeciej próbie uzyskano średnią gęstość bakterii równą  $15,0 \times 10^8$  na ml. Stwierdzono istotną redukcję liczebności bakterii, jednak poziom skażenia nadal był bardzo wysoki (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Redukcja ogólnego skażenia jaj bakteriami  
Fig. 7. Reduction of general bacterial contamination of the eggs



Rys. 8. Redukcja skażenia jaj bakteriami Salmonella  
Fig. 8. Reduction of eggs contamination with Salmonella bacteria



## **Podsumowanie**

W świetle obowiązujących przepisów nie ma norm mówiących o dopuszczalnym poziomie bakterii na powierzchni skorup jaj. Ogólne zalecenia stwierdzają, że produkty spożywcze powinny być wolne od zanieczyszczeń bakteriologicznych. Współczesna technika naświetlania jaj promieniami UVC, stosowana przez producentów, nie daje oczekiwanych wyników w odniesieniu do eliminacji skażeń bakteriologicznych. Działanie badanego urządzenia do naświetlania jaj spożywczych promieniami UVC pozwala na mały stopień redukcji liczebności bakterii na skorupach jaj spożywczych, związany ze zbyt niską dawką promieniowania UVC, na którą miały wpływ wysoka temperatura świetlówek oraz zbyt krótki czas naświetlania dezynfekowanych jaj.

## **Bibliografia**

- Wejher A. 1979. Metoda zastosowania elektrycznych źródeł promieniowania nadfioletowego oraz określenie właściwych parametrów dla stymulacji rozwoju zarodków kaczyc jaj lęgowych i ich dezynfekcji. Rozprawa doktorska. IBMER, Warszawa
- Czeczott O., Pawlik A. 1975. Metodyka kwalifikacyjnych badań maszyn rolniczych. IBMER, Warszawa