

Mgr inż. Maciej WAWRZYŃIAK
Dr hab. inż. Dariusz PIOTROWSKI
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności

WYKORZYSTANIE WODY PŁUCZĄCEJ I TESTU FLUORESCENCJI DO OCENY CZYSTOŚCI OBIEKTÓW PROCESOWYCH W ZAKŁADACH PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO®

Utilization of rinse water and fluorescent test for process facilities cleanability evaluation in food processing plants®

Słowa kluczowe: procesy zapewniające czystość, woda płuczająca, zbiorniki przemysłowe, projektowanie higieniczne, test ryboflawiny.

W artykule zaprezentowano identyfikacje uwarunkowań pracy i obsługi stanowiska do weryfikacji procesu wypłukiwania w zakładach przetwórstwa spożywczego. Cel został osiągnięty we współpracy z producentem posiadającym doświadczenie w projektowaniu i budowie wysokiej jakości obiektów procesowych (w tym zbiorników i silosów). Badano wypłukiwalność zbiorników procesowych z ich ewentualnym wyposażeniem, wykorzystując wodę płuczającą, opierając się na założeniach metodycznych testu fluorescencyjnego ryboflawiny. Oceny dokonano w środowisku przemysłowym. Przeprowadzono dyskusję w celu uzyskania praktycznych spostrzeżeń dotyczących technologiczno-technicznych uwarunkowań testowanej stacji jak i samych obiektów poddanych procedurom wypłukiwania.

Key words: cleanability processes, rinse water, industrial tanks, hygienic design, riboflavin test.

In this paper, identification of working conditions and operating services of station for verifying cleanability in food processing plants were presented. It was achieved in cooperation with a working experienced manufacturer in design and building high-quality process facilities (including tanks and silos). The cleanability of process tanks with their possible equipment was investigated using rinse water based on the methodical assumptions of a riboflavin fluorescence test. Evaluations were carried out in an industrial environment. A discussion was carried out to gain practical remarks about the technological - technical conditions of tested station as well as about facilities subjected to rinsing procedures.

WSTĘP

Higiena powierzchni produkcyjnych w mleczarniach, browarach oraz zakładach branży napojów alkoholowych i bezalkoholowych ma decydujący wpływ, na jakość otrzymywanych produktów [1].

Rozwiązania techniczne i konstrukcyjne linii produkcyjnych, muszą być podporządkowane zasadom higieny. Jednym z wymogów higienicznych warunkujących utrzymanie czystości powierzchni roboczych obiektów i urządzeń technologicznych jest ich uprzednie całkowite zwilżenie wodą płuczającą, gwarantujące skuteczne wymycie poprzez wykorzystanie różnicowanych metod i technik mycia. Celem zabiegów mycia jest usunięcie wszystkich potencjalnie występujących osadów biologicznych i innych zanieczyszczeń generowanych podczas procesów przetwórczych surowców [8].

Poprawność higienicznej konstrukcji urządzeń przetwórstwa spożywczego ze względu na uwarunkowania higieniczne powinna podlegać weryfikacji i certyfikowaniu. Przyczyny przeprowadzania weryfikacji poprawności wykonania konstrukcji są następujące [11]:

- zgodność z odpowiednimi przepisami dotyczącymi higienicznego wykonania konstrukcji aparatów i maszyn, w tym obowiązująca m.in. dyrektywa dla maszyn (2006/42 / WE) w Unii Europejskiej (UE),
- jako część systemu zapewniania jakości stosowanego przez producenta sprzętu, w celu sprawdzenia jakości swoich procesów projektowania i produkcji,
- w celu spełnienia warunków, założeń procesowych i wymagań jakościowych odbiorcy sprzętu,
- zweryfikowanie, czy nowy lub zmodyfikowany projekt nie jest sprzeczny z higienicznymi kryteriami projektowymi.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Maciej Wawrzyniak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159 C; 02-776 Warszawa, maciej_wawrzyniak@sggw.pl

Poszukuje się niezawodnych metod zatwierdzania wyższych kryteriów, w celu potwierdzenia stanu higienicznego różnego typu aparatury produkcyjnej np. o budowie otwartej lub zamkniętej. Zarówno metody jak i dostępne testy są opracowane dla różnego typu zbiorników i silosów przemysłowych. Testy przeprowadza się zarówno przed włączeniem aparatu do linii technologicznej, jak i okresowo po zakończonym procesie wytwórczym realizowanym na różnego typu urządzeniach np. zestawionych w linii produkcyjnej [4]. W związku z tym zarówno konstrukcja higieniczna jak i skuteczność zabiegu wypłukiwania, a także częstotliwość mycia i dezynfekcji muszą być zintegrowane z istniejącym układem procesu realizowanego na poszczególnych urządzeniach technologicznych [8].

W literaturze specjalistycznej [6] opisane są metody weryfikacji wykorzystywane w procesie certyfikowania sprzętu, w tym dla aparatów i maszyn przemysłu spożywczego oraz farmaceutycznego. Zaproponowane testy, m.in. przez ciała doradcze takie jak EHEDG (*ang. European Hygienic Engineering and Design Group*), umożliwiają potwierdzenie zalet higienicznych konstrukcji, w tym m.in. łatwości wypłukiwania (*ang. cleanability*), szczelności zapobiegającej wnikaniu mikroorganizmów (*ang. bacterial tightness*) czy sterylności konstrukcji (*ang. sterilisability*), która określa czy urządzenie przeznaczone jest do kontaktu z wysoko podgrzanyimi mediami (np. para wodna) gwarantującymi aseptyczność procesu.

Metody i techniki stosowane do wykrywania problemów związanych z wypłukiwaniem powierzchni roboczych zbiornika (*ang. cleanability*) muszą być przede wszystkim praktyczne, poglądowe i całkowicie niegroźne dla ludzi czy powierzchni badanego zbiornika. Wśród wielu wymagań wymienia się również prostotę i szybkość przeprowadzenia, jak i stosunkowo niski koszt wykonania wypłukania. Istotne z punktu bezpieczeństwa produktu jest wykluczenie ryzyka skażenia szkodliwymi pozostałościami odczynników chemicznych bądź substancjami pochodzenia mikrobiologicznego wykorzystywanymi podczas testów. Zdolność wypłukiwania wodą płuczącą powierzchni roboczych w różnym etapie eksploatacyjnym może być weryfikowana testami ilościowymi bądź jakościowymi. Powszechne i stosunkowo łatwo adaptowalne są techniki opierające się na kontroli wizualnej przez doświadczonego pracownika. Efektywność badań wizyjnych może być zwiększona poprzez wykorzystanie do obserwacji substancji barwiących zawierających składnik fluorescencyjny, w tym m.in. ryboflawinę bądź urainę. Szczególnie powszechne zastosowanie w weryfikacji wypłukiwalności znalazł wizualny test ryboflawiny (tj. witamina B2). Polega on na wystąpieniu zjawiska fluorescencji w przypadku istnienia zabrudzeń na mytej powierzchni, które stają się widoczne pod wpływem światła ultrafioletowego (UV) w zakresie 320 - 400 nm [10].

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań dotyczących identyfikacji uwarunkowań pracy i obsługi stanowiska do weryfikacji procesu wypłukiwania. Wyniki uzyskano we współpracy z producentem posiadającym doświadczenie w projektowaniu i budowie wysokiej jakości obiektów procesowych (w tym zbiorników i silosów) opierając się na założeniach metodycznych wizualnego testu ryboflawiny [10].

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań była analiza i ocena procedur prowadzenia testów w środowisku przemysłowym. Materiał do badań stanowiły nowe zbiorniki magazynowe (ZB_{m-1}) i procesowe (ZB_{m-2}), zróżnicowane pod względem konstrukcyjnym, które udostępnił producent. W zakresie i metodach prac uwzględniono [10]:

1. Wytypowanie i klasyfikację punktów krytycznych, a następnie nanoszenie przygotowanego roztworu substancji fluorescencyjnej na te punkty kontrolne.
2. Wykonanie pełnej procedury testu ryboflawiny przy dwóch wybranych czasach wypłukiwania: 5 i 15 min; w wyniku przepływu uzdatnionego medium płuczącego, tj. wody o temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, przy zróżnicowanym ciśnieniu i przepływie uzależnionym od wartości nominalnych, użytych głowic myjących.
3. Inspekcję wizualną przy użyciu lampy generującej promieniowanie ultrafioletowe (UV). Do archiwizacji wyników prowadzono niezbędną dokumentację fotograficzną kamerą cyfrową dostosowaną do występującego zaciemnienia.
4. Ustalenie stabilnych warunków pracy (przepływ, ciśnienie, czas, sekwencja) dla poszczególnych aktywnych elementów instalacji zapewniających pełną zdolność zwilżania i skuteczność wypłukiwania zanieczyszczeń.

Przeprowadzony test służył praktycznej weryfikacji skuteczności wypłukiwania wyznaczonych punktów kontrolnych w stosunku do przyjętych założeń projektowych. W przypadku stwierdzenia widocznych pozostałości naniesionej substancji fluorescencyjnej na wytypowanych powierzchniach wewnętrznych po procesie wypłukiwania, należy zaproponować modyfikacje, w tym m.in. parametrów wypłukiwania bądź konstrukcyjnie dobranych głowic myjących.

W tabeli 1 zestawiono punkty kontrolne obserwowane w trakcie procesu wypłukiwania zbiorników. W tabeli 2 zestawiono niektóre elementy stacji wypłukiwania wymagane do poprawnych metodycznie zadań opracowanego testu ryboflawiny.

Tabela 1. Wytypowane punkty kontrolne procesu wypłukiwania zbiorników

Table 1. The selected tank checkpoints for cleanability process

Lp.	ZB_{m-1} , ZB_{m-2}
1	Właz inspekcyjny
2	Dennica górna, dolna
3	Króćce przyłączeniowe
4	Wał, łopatki i skrobaki mieszadeł
5	Ściana boczna
6	Głowica myjąca

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 2. Elementy stacji wyplukiwania

Table 2. Elements of rinsing station

Lp.	Kod	Funkcja
3	FI8	Wskazywanie wartości przepływu
4	PI7	Wskazywanie wartości ciśnienia
5	WDW	Uzdatnianie wody
6	RFQ6	Regulacja częstotliwością prądu
8	ZB _{sw}	Zbiornik medium płuczącego
9	ZB _{m-1} , ZB _{m-2}	Analizowany zbiornik ZB _{m-1} lub ZB _{m-2}
10	V0	Programowalny zawór warunkujący dopływ wody
11	V1	Manualna zmiana parametrów przepływu
14	LAL3-LAH4	Czujniki poziomu wody w zbiorniku ZB _{sw}
15	STER	Sterowanie i regulacja elementami aktywnymi

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W tabeli 3 zestawiono cechy głowic myjących wykorzystywanych do testu wyplukiwania wg. informacji dostarczonych przez producenta.

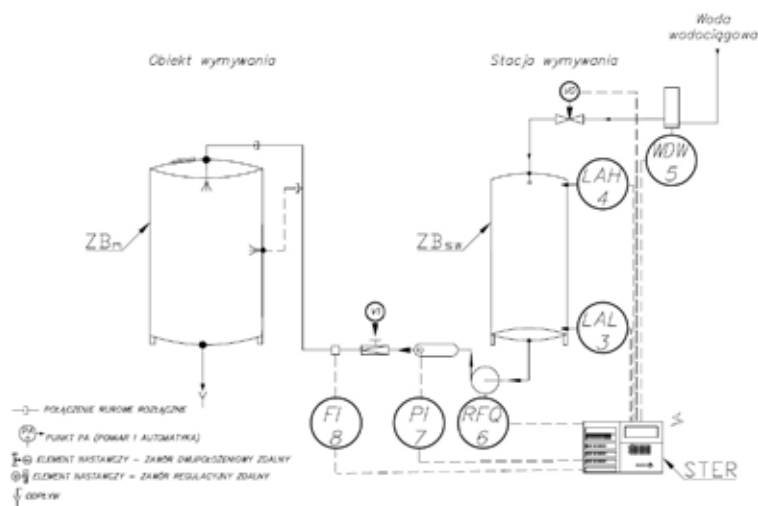
Tabela 3. Dobór głowic myjących do zbiorników wg. informacji producenta

Table 3. The selection of cleaning heads for tanks according to manufacturer information

Lp.	Głowica myjąca	Kąt mycia (°)	Norma DIN	Zasięg (m)	Ciśnienie robocze (kPa)	
					100	250
					Przepływ (m ³ /h)	
1	Typ1	360	20	2,0-2,5	7,7	12,2
2	Typ2	360	25	3,0-4,0	17,5	28,1

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 1. Schemat ideowy stacji wyplukiwania, służącej wykonywaniu skutecznego płukania pojedynczego obiektu procesowego: zbiornika ZB_m (opracowanie na podstawie informacji uzyskanych w zakładzie producenta).

Fig. 1. Schematic diagram of a rinse station serving for effective rinse performance of process facility: tank ZB_m (elaborated on the basis of information obtained at the manufacturer).

Na rysunku 1 przedstawiono schemat instalacji wyplukiwania służącej testom.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 2 zaprezentowano fluorescencję wytypowanego punktu jednego z dwóch testowanych zbiorników tj. zbiornika procesowego ZB_{m-2}. Wytypowanym punktem był wał mieszadła wraz z powierzchnią przylegającą tzw. osadzeniem wału. Do rozprowadzenia roztworu ryboflawiny w wytypowanym punkcie kontrolnym wykorzystano rozpylacz ręczny. Posiadany model rozpylacza nie gwarantował uzyskania równomiernej i równej grubości warstwy barwnego odczynnika, lecz do założonych celów testów w środowisku przemysłowym był wystarczający. Obecnie znane są techniki umożliwiające nanoszenie ryboflawiny w sposób równomierny w stosunku do płaskich powierzchni [7]. Metodycznie poprawna technika nakładania ryboflawiny, powinna wykluczać pozostawienie substancji w zbyt długim kontakcie z testowaną powierzchnią, gdyż obesznieta substancja ma tendencje do tworzenia ciężko wyplukiwanych osadów, co może prowadzić do błędnych ocen skuteczności wyplukiwania [10].

Na rysunku 3 zaprezentowano fluorescencję kolejnego punktu wytypowanego dla rozpatrywanego zbiornika ZB_{m-2} po 5 minutach procedury wyplukiwania. W przypadku niepełnego wymycia z obszarów kontrolnych, zaproponowano przeprowadzenie wyplukiwania dla trzykrotnie dłuższego czasu przepływu medium płuczącego, tj. 15 minut.

Na rysunku 4 przedstawiono fluorescencję wybranego punktu wytypowanego z testowanego zbiornika ZB_{m-2} po 15 minutach wyplukiwania. Zauważono, że elementy wykonane z tworzywa sztucznego dają wrażenia barwne przy naświetlaniu światłem (UV). Obserwowane lśnienie, może mylić niedoświadczonego obserwatora, który błędnie utożsamia odczyt z wrażeniem fluorescencji ryboflawiny, mimo że proces wyplukiwania zakończono z sukcesem.

Dla wybranego wariantu procesu zbiornika magazynowego ZB_{m-1} przed przystąpieniem do testu uszczelniono i zaślepiono wszelkie wolne przyłącza procesowe. W tych warunkach zapewniono więc odwzorowanie faktycznych warunków działania urządzenia. Przed przystąpieniem do przeprowadzenia testu fluorescencji szczególnie istotna była wstępna weryfikacja powierzchni, która powinna być wolna od zanieczyszczeń i sucha. W przypadku ZB_{m-1} przed nałożeniem substancji barwiącej zidentyfikowano w obszarze wewnętrznym zanieczyszczenia, które dawały efekt podobny do efektu fluorescencji ryboflawiny.

Ze względu trudności związane z nakładaniem odczynnika fluorescencyjnego na niektóre z wytypowanych obszarów (np. ZB_{m-2} – wylot zlokalizowany w osi symetrii dennicy dolnej), uznano za dopuszczalne zaniechanie nakładania ryboflawiny na wybrane obszary powierzchni wewnętrznych. Obserwacje napotkały na trudności inspekcyjne m.in ograniczony dostęp z lampą UV w myśl obowiązujących przepisów BHP, który uniemożliwiał wejście do zbiorników osobom nieposiadającym odpowiednich uprawnień. Przyjęto za właściwe, że wyznaczone punkty kontrolne spełniały

wartości odniesienia w stosunku do pozostałych niepokrytych powierzchni. Światło naturalne i sztuczne występujące w hali produkcyjnej utrudniało wykonanie poprawnych obserwacji, gdyż nie wprowadzano całkowitego zaciemnienia.

Wypłukiwanie zbiornika ZB_{m-1} przebiegło pomyślnie przy parametrach 250 kPa, 200-203 l/min. Osiągane wartości parametrów wypłukiwania były dla ZB_{m-1} – zbliżone do normatywów, a osiągnięte ciśnienie i przepływ następował przy niepełnej wydajności pompy podającej P1.

Ze względu na przyszłą charakterystykę działania zbiornika ZB_{m-2} , podczas trwania procesu wypłukiwania następuje załączenie aktywnych elementów (mieszadło: wolnoobrotowe i szybkoobrotowe). W przypadku zbiornika ZB_{m-2} o dużej złożoności konstrukcyjnej (podwójna głowica myjąca) osiągnięte wartości odbiegały od zaproponowanych przez producenta głowic myjących. W przypadku ZB_{m-2} zidentyfikowano tzw. cienie rozpryskowe. Zaobserwowano dużą ilość barwnego odczynnika w obszarze trudno wypłukiwanym tj. rejonie wjazdu inspekcyjnego (rys. 5). Po pełnej procedurze wypłukiwania zaproponowano w kolejnym etapie wydłużenie czasu wypłukiwania oraz podwyższenie wartości ciśnienia uzyskiwanego na dwóch głowicach myjących. Inną możliwą modyfikacją jest zmiana wysokości i kierunku rozprysku wykorzystywanej głowicy myjącej. Przed przystąpieniem do modyfikacji konstrukcyjnej przeprowadzono symulację w programie komputerowym umożliwiającą obserwację cieni rozpryskowych. Zebrane od producenta głowic myjących informacje sugerują, że różnice w parametrach operacyjnych +/- 20% (ciśnienie, przepływ ilościowy medium płuczącego) są jedną z głównych przyczyn powstawania cieni rozpryskowych prowadzących do niepełnego wypłukiwania zanieczyszczeń z powierzchni.

Wykorzystywane w niniejszych badaniach głowice myjące to głowice statyczne, bez dodatkowych części ruchomych. Typy modeli głowicy myjących różniły się średnicą przyłączy, perforacją ścianek kuli myjącej (średnica, ilość, kierunek). W przypadku wykorzystywania wody jako medium płuczącego gwarantują one odpowiednią drożność.

Głowice myjące dla obu przypadków zbiorników ZB_{m-1} i ZB_{m-2} , nie stanowiły obszaru o utrudnionej charakterystyce wypłukiwania, jednakże w przypadku nieprzestrzegania odpowiednich parametrów medium płuczącego, mogły pojawiać się zacieki barwne. Obecnie do obiektów przemysłowych wdrażane są głowice strumieniowe. Koszt zakupu głowicy często przekracza kwotę 4000 Euro za sztukę, co stanowi znaczną barierę powszechności ich zastosowania w instalacjach starszego typu, jednakże ich charakterystyka w długiej perspektywie działania, umożliwia znaczne ograniczenie zużycia wody.

Obserwacje wizualne są często subiektywnymi wrażeniami operatora. Błędy ludzkiego oka można częściowo wyeliminować poprzez zastosowanie dodatkowej aparatury badawczej. Wykorzystanie spektroskopii sprzęgniętej z detektorem UV-VIS umożliwia uzyskanie wyników w formie ilościowej [3, 5]. Obecnie oferowane są czujniki pomiarowe gwarantujące ciągły i bieżący pomiar przepływającej cieczy. Ograniczeniem tej metody jest przede wszystkim jej dostępność i koszt sprzętu. W przypadku testów ustalających niezbędny czas wypłukiwania urządzeń technologicznych, ta metoda wydaje się być docelowym podejściem.



Rys. 2. Wybrany punkt kontrolny ZB_{m-2} – Wał mieszadła i osadzenie wału – Stan po naświetleniu substancji barwiącej [fotografia własna].

Fig. 2. Selected checkpoint ZB_{m-2} – The agitator shaft and the rear shaft – State of coloring substance by irradiation [own photography].



Rys. 3. Wybrany punkt kontrolny ZB_{m-2} – Wał mieszadła i osadzenie wału – Niepełne wypłukanie ryboflawiny [fotografia własna].

Fig. 3. Selected checkpoint ZB_{m-2} – The agitator shaft and the rear shaft – Incomplete rinsing out of riboflavin [own photography].



Rys. 4. Wybrany punkt kontrolny ZB_{m-2} – Wał mieszadła i osadzenie wału – Powierzchnia wmyta uzyskana po modyfikacji technicznej głowicy myjącej [fotografia własna].

Fig. 4. Selected checkpoint ZB_{m-2} – The agitator shaft and the rear shaft – Clean surface obtained after the modification of the technical cleaning head [own photography].



Rys. 5. Wybrany punkt kontrolny ZB_{m-2} – Właz inspekcyjny – Niepełne wypłukanie spowodowane cieniami rozpryskowymi [fotografia własna].

Fig. 5. Selected checkpoint ZB_{m-2} – Inspection manhole – Incomplete rinsing out caused by spray shadows [own photography].

Koncepcja ewentualnej rozbudowy stacji wypłukiwania może zakładać doposażenie zarówno w moduły programowalne jak i dodatkowe urządzenia aktywne (np. zawory elektromechaniczne) oraz czujniki pomiarowe umożliwiające bieżący pomiar i płynną regulację parametrów przepływu medium płuczącego.

Inspekcję wizualną z użyciem substancji barwiącej, jaką jest ryboflawina można również zastosować do oceny metod mycia z wykorzystaniem medium płuczącego innego niż zimna woda (tj. podgrzana roztwór kwasowy lub alkaliczny) [12]. W pracach badawczych [2, 9], autorzy sugerowali mieszanie odczynnika barwnego z matrycą żywieniową, m.in.

białkami mleka. Omawiane podejście miało na celu dodatkową weryfikację wytypowanych parametrów mycia umożliwiających usunięcie specyficznych zanieczyszczeń i ciężko usuwalnych osadów, z użyciem emitera światła UV potwierdzającego obecność ryboflawiny [9].

SPOSTRZEŻENIA I WNIOSKI

1. Analizowana stacja wypłukiwania przy badaniu pojedynczego obiektu procesowego np. zbiornika spełnia zalecane wymagania metodyczne konieczne do poprawnego przeprowadzenia testów w środowisku przemysłowym.
2. Test fluorescencji z wykorzystaniem ryboflawiny jest stosunkowo prostą i przydatną techniką do badania wypłukiwalności urządzeń procesowych w metodzie mycia bez rozbierania instalacji CIP (*ang. cleaning-in-place*), w tym zbiorników o różnej konfiguracji konstrukcyjnej. Zbiorniki mogą być wyposażone w różnego rodzaju armaturę m.in. mieszadła, króćce przyłączy procesowych, dysze myjące, włazy inspekcyjne, które mogą tworzyć natryskowe „cienie” warunkujące dokładność wypłukiwania.
3. Test ryboflawiny służy weryfikacji poprawności konstrukcji i doboru umiejscowienia głowic myjących jak i odpowiedniego stanu wykończenia powierzchni zbiorników.
4. Wykonana procedura stanowi jeden z kroków pośrednich procedur kontroli jakości podczas procesu produkcyjnego budowy zbiorników ze stali kwasoodpornej dla przetwórstwa spożywczego. Po analizie wyników testu fluorescencji i akceptacji stanu czystości płukanych powierzchni można rozpocząć kolejne etapy wykończenia zbiorników m.in. przeprowadzenie pasywacji, montaż uszczelnień.

LITERATURA

- [1] CERULLI G.J., J.W. FRANKS. 2002. “Making the case for clean in place”. *Chemical Engineering* 109 (2): 78-82.
- [2] FAN, M., D.M. PHINNEY, D.R. HELDMAN. 2015. “Effectiveness of rinse water during in-place cleaning of stainless steel pipe lines”. *Journal of Food Science* 80: E1490–E1497.
- [3] FUCHS E., A. BOYE, R. MURCEK, J.P. MAJSCHAK. 2015. “An experimental comparison of film flow parameters and cleaning behaviour of falling liquid films for different tilt angles”. *Food and Bioprocesses Processing* 93: 318-326.
- [4] ISO 3452-1:2013. Non-destructive testing. Penetrant testing. Part 1. General principles.
- [5] KOEHLER H., H. STOYE, M. MAUERMANN, T. WEYRAUCH, J.P. MAJSCHAK. 2015. „How to assess cleaning? Evaluating the cleaning performance of moving impinging jets“. *Food and Bioprocesses Processing* 93: 327-332.
- [6] LELIEVELD H.L.M., J. HOLAH, D. NAPPER. 2014. „Hygiene in Food Processing Principles and Practice“. 2nd Edition. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- [7] **LERCH K., J. HINRICHS, P. DITTMER, J. RAUSCHNABEL 2013.** „Cleanability of surfaces from active pharmaceutical ingredient surrogate riboflavin by falling film“. *Chemie Ingenieur Technik* 85 (3): 323-332.
- [8] **PAGCATIPUNAN C. 2003.** „Options for a tomated tank cleaning“. *Chemical Engineering* 110 (8): 27 30, 32.
- [9] **SALO S., A. FRIIS, G. WIRTANEN. 2008.** „Cleaning validation of fermentation tanks“. *Food and Bioproducts Processing* 86: 204-210.
- [10] **VDMA PROCESS PLANT AND EQUIPMENT ASSOCIATION, 2008.** Information sheet: Riboflavin test for low-germ or sterile process technologies. Fluorescence test for examination of cleanability for food, aseptic pharmacy and chemistry.
- [11] **WAWRZYNIAK M., D. PIOTROWSKI. 2015.** Uwarunkowania pracy przemysłowej instalacji do badania procesu wymywania zbiorników. W: *Materiały IX Konferencji Naukowej z cyklu: Jakość i bezpieczeństwo żywności nt.: „Systemy zarządzania bezpieczeństwem i jakością żywności – terazniejszość i przyszłość”*. PPTŻ Oddział Warszawski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW), Wydział Nauk o Żywności (WNoŻ), Warszawa: 65.
- [12] **WEIDERMAN C., S. STAHL, H. NIRSCHL. 2013.** „Development of a qualitative test method for the cleanability of polymer woven filter media“. *Food and Bioproducts Processing* 91(4): 515-524.