

PIEPIÓRKA – STEPUK Joanna
 Politechnika Koszalińska
 Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

Porównanie metod oceny stopnia umycia powierzchni produkcyjnych w systemie CIP

Streszczenie

W pracy porównano dwie metody oceny czystości powierzchni produkcyjnych po procesach mycia, pod kątem obecności pozostałości zanieczyszczeń fizycznych. Pierwsza metoda polegała na wizualnej ocenie powierzchni, natomiast w metodzie drugiej, do oceny pobierano z powierzchni wymazy. Zamieszczony przykład dotyczył oceny stopnia usuwania zanieczyszczeń mlekowych w płytowych wymiennikach ciepła, mytych w systemie CIP. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystywane przy podejmowaniu decyzji dotyczącej wyboru danej metody do oceny czystości powierzchni produkcyjnych w zakładach przemysłu spożywczego. Wybór określonej metody uzależniono od wymaganych reżimów higieny obowiązujących w zakładzie.

Słowa kluczowe: monitoring higieny, czystość powierzchni, metody oceny

Comparison of evaluation methods degree of cleaning surface production in the CIP system

Summary

The study compares two methods for assessment cleanliness of surface of production after the cleaning process. The first was a visual assessment and the second method to assess the swabs taken from the surface. Published example concerned the assessment of degree of milk deposits removal in plate heat exchangers cleaning in CIP system. The results can be used when deciding on the choice of the method for assessment cleanliness of surface of production in the food industry. Selecting a specific method was conditional on the required hygiene regimes in force in the plant.

Key words: hygiene monitoring, surface cleanliness, assessment methodology

Wstęp

Jakość i bezpieczeństwo żywności powinny stanowić główny cel dla producentów żywności. Jednym z czynników, decydującym o ich poziomie jest higiena produkcji, czyli podejmowane działania i warunki higieniczne, które muszą być spełnione na kolejnych etapach produkcji, w ramach Dobrej Praktyki Higienicznej, będącej podstawą zasad systemu HACCP. Wśród tych działań, istotną rolę odgrywają procesy mycia i dezynfekcji urządzeń oraz pomieszczeń produkcyjnych, jak również konieczność ich nadzorowania, m.in. poprzez ocenę czystości powierzchni.

Pomimo powtarzalności warunków, w których prowadzone są procesy mycia oraz kontroli parametrów mycia (stężenie środków, czas i temperatura mycia), nie ma gwarancji o uzyskaniu idealnie czystych powierzchni urządzeń produkcyjnych, szczególnie wówczas, gdy myte są one w obiegu zamkniętym. Pewność, że instalacja produkcyjna została w sposób wystarczający umyta, że nie stanowi źródła skażenia produktu, uzyskujemy w momencie przeprowadzenia kontroli czystości w aspekcie zanieczyszczeń pochodzenia fizycznego (np. osady poprodukcyjne), chemicznego, (np. pozostałości detergentów) oraz mikrobiologicznego, (drobnoustroje). Ich obecność określana jest poprzez zastosowanie różnego rodzaju metod badawczych, opracowanych z myślą o bezpieczeństwie produkowanej żywności. Istotne jest, aby uzyskiwane informacje z prowadzonych analiz o stanie higieny były precyzyjne i otrzymywane w stosunkowo krótkim czasie (Blel i in. 2007). Złożoność procesów produkcyjnych, dostępność powierzchni oraz różnorodność

stosowanych surowców do przetwórstwa spożywczego wpływa na heterogeniczność powstających osadów poprodukcyjnych, co sprawia, że ocena skuteczności mycia nie zawsze jest łatwa. Stosowane metody oceny są zróżnicowane i nie zawsze możliwe do zastosowania w warunkach przemysłowych (Benezech i in. 2002; Lewicki 2006; Piepiórka 2009).

Najprostszą jakościowo, ale subiektywną metodą oceny czystości powierzchni, weryfikującą skuteczność procesu mycia, jest ocena wizualna. Metoda ta wiąże się z wieloma ograniczeniami związanymi z jej wykorzystaniem m.in. ze względu na dostępność mytych powierzchni, ryzyko wtórnego skażenia oraz, że na jej podstawie można wnioskować wyłącznie o czystości fizycznej umytej powierzchni. Nie mniej jednak, jest ona najczęściej stosowana po zakończonym procesie mycia, gdyż daje pierwsze informacje o stanie higieny w aspekcie pozostałości poprodukcyjnych (Lelieveld i in. 2003; van Asselt i in. 2002; Lewicki 2006). Stosowana jest głównie do oceny czystości blatów, narzędzi, różnego rodzaju zbiorników, cystern, wanien i innych urządzeń, w których możliwy jest dostęp do mytych powierzchni.

Inną podstawową metodą kontroli higieny w zakładach przemysłu spożywczego są metody wymazowe. Polegają one na badaniu materiału, pobranego przez wymaz z określonych obszarów urządzeń, w kierunku obecności zanieczyszczeń fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych. Istotne znaczenie ma miejsce pobierania próbek i wielkość przetartego obszaru. Zalecanymi miejscami są m.in. urządzenia sterylizacyjne, narzędzia (np. noże w miejscu połączenia ostrza z rękojeścią), stoły, taśmy i rurociągi transportujące, króćce zasilające, kadzie fermentacyjne, konte-

nery, zbiorniki, uszczelki, zawory, zamknięcia itp. Nośnikiem pobranego materiału jest sterylny tampon lub specjalnie przeznaczona do tego sterylna wymazówka (Benezech i in. 2002). Obecnie na rynku dostępnych jest wiele szybkich testów, nazywanych indykatorami barwy, do określenia fizycznego stanu higieny, m.in. do określania pozostałości zanieczyszczeń białkowych pochodzących z procesów przetwórstwa mleka. Czułość takiego testu jest bardzo wysoka, co jest ich bezdyskusyjną zaletą, wadą jednak jest ich wysoka cena (Diakun 2011).

Cel i zakres pracy

Celem pracy było porównanie wrażliwości dwóch standardowo stosowanych metod oceny czystości powierzchni, metody wizualnej i metody wymazowej, oraz udzielenie odpowiedzi na pytanie: Czy wizualne metody oceny czystości powierzchni (szybkie i tanie) mogą zastąpić metody instrumentalne (kosztowne) i czy są z nimi zgodne?

Metoda badawcza

Objektem badawczym był płytowy wymiennik ciepła myty w systemie CIP. Pojedynczy cykl pomiarowy obejmował testowe brudzenie płyt gorącym mlekiem, ich montaż w wymiennik ciepła, mycie w przepływie, demontaż oraz ocenę stopnia umycia. Badania prowadzono w trzech powtórzeniach dla 20 różnych programów mycia przyjętych zgodnie z harmonogramem badań projektu badawczego realizowanego w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego. Ocenie podlegało pięć różnych, newralgicznych obszarów na płycie wymiennika ciepła, o wymiarach 5,0 cm na 5,0 cm (Piepiórka, Diakun 2011). W rezultacie uzyskano 300 wyników pomiarowych, które poddano dalszej analizie.

Stopień umycia oceniano dwoma metodami. Pierwszą metodą była metoda wizualna, adoptowana z normy PN – EN 50242 – 2004 i odnosząca się do oceny skuteczności mycia naczyń mytych w zmywarkach gastronomicznych. Polegała ona na wzrokowej ocenie czystości powierzchni. W ramach oceny, przyznawano punkty czystości w skali od 0 do 5 punktów, według kryteriów przedstawionych w tabeli 1. W ocenie uwzględniono zarówno występowanie pozostałości białkowych, jak również występowanie plam, zacieków i zmatowienia powierzchni. Oceniano wszystkie płyty w wymienniku, każdą w pięciu wybranych obszarach, zgodnych z przyjętym szablonem. Określanie stopnia czystości wykonywane było w stałych warunkach oświetlenia przy rozproszonym sztucznym oświetleniu, zgodnie ze wskazaniem normy.

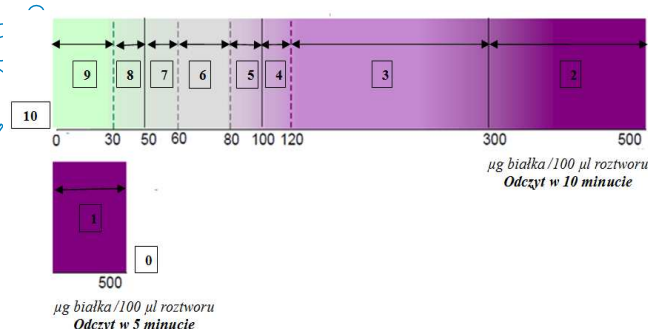
Druga metoda oceny czystości powierzchni płyt prowadzona była testami wymazowymi Clean-Trace, standardowo stosowanymi w zakładach produkcyjnych. Metoda oceny polegała na przetarciu wyznaczonego obszaru powierzchni płyty jałową wymazówką w celu oznaczenia pozostałości białka. Pojedynczy test składał się z dwóch elementów: jałowego tamponu oraz kuwетки z mieszaniną siarczanu miedzi (CuSO_4) i wodorotlenku potasu (KOH). Oznaczenie przebiegało zgodnie z reakcją biuretową, w której zachodziła redukcja jonów miedzi II (Cu^{2+}) do jonów miedzi I (Cu^+). Zredukowane jony miedzi (Cu^+) w obecności białka, tworzyły barwny kompleks białko – miedź (wiązanie jonów miedzi I z dwoma łańcuchami peptydowymi). W wyniku reakcji, barwa roztworu w kuwecie zmieniała się na purpu-

rową, a jej intensywność była proporcjonalna do zawartości białka (rys. 1). Reakcja uzależniona była od czasu jej trwania i temperatury powierzchni, z której pobierany był materiał (materiały firmy BioTrace). Wynik odczytywano w 10 minut, natomiast temperatura powierzchni płyt, z których pobierano wymaz, mieściła się w zakresie temperatur $15^\circ\text{C} \div 25^\circ\text{C}$.

Tabela 1. Wyróżniki i skala oceny stopnia umycia metodą wizualną zgodnie z normą PN – EN 50242 – 2004

Table 1. Discriminants and scale assessing the degree of cleaning in visual method according to PN - EN 50242 - 2004

Obszar zabrudzenia; Area of contamination	Ocena punktowa; The point evaluation	Skala ujednoczona; Standardized scale
Brak; Clear	5	10
Ilość punktowych cząstek zabrudzenia od 1 do 4 oraz obszar całkowicie zabrudzony do 4 mm^2 ; Number of single deposits from 1 to 4 and area completely contaminated to 4 mm^2	4	8
Ilość punktowych cząstek zabrudzenia od 5 do 10 oraz obszar całkowicie zabrudzony do 4 mm^2 ; Number of single deposits from 5 to 10 and area completely contaminated to 4 mm^2	3	6
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzenia od 5 do 10 lub obszar całkowicie zabrudzony od 4 do 50 mm^2 ; Number of single deposits from 5 to 10 or area completely contaminated from 4 to 50 mm^2	2	4
Obszar całkowicie zabrudzony od 50 do 200 mm^2 ; Area completely contaminated from 50 to 200 mm^2	1	2
Obszar całkowicie zabrudzony powyżej 200 mm^2 ; Area completely contaminated above 200 mm^2	0	0



Rys. 1. Barwna skala oceny testami Clean-Trace (materiały firmy BioTrace)

Fig. 1. The color scale Clean-Trace tests assessment (materials BioTrace company)

W ramach oceny przyznawano punkty czystości w skali od 0 do 10 punktów. Powyższa skala oceny została opracowana przez zespół Katedry Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego (Piepiórka, Diakun 2011). Maksymalna ilość 10 punktów oznaczała czystość idealną. Wartość 9 i 8 punktów przyznawano po uzyskaniu zielonej barwy roztworu w kuwecie, co oznaczało, że badana powierzchnia jest czysta, a ilość zawartego na niej białka waha się od 0 do $50\text{ }\mu\text{g}$ białka/ $100\text{ }\mu\text{l}$ roztworu. W momencie uzyskania w kuwecie roztworu o barwie szarej i szaro – fioletowej przyznawano 7 i 6 punktów (od 50 do $80\text{ }\mu\text{g}$ białka/ $100\text{ }\mu\text{l}$ roztworu), co sugerowało, że mycie nie do końca było skuteczne i należałoby je powtórzyć. Barwa purpurowa, o różnej intensywności, oceniana była poniżej 6 punktów (ilość μg białka/ $100\text{ }\mu\text{l}$ roztworu > 80), co oznaczało, że powierzchnia jest brudna a proces mycia był nieskuteczny. Barwna skala oceny została opracowana na podstawie materiałów pozyskanych z firmy BioTrace

i rozszerzona o dwa dodatkowe punkty, którym przypisano wartość 1 i 0. Jeden punkt przyznawano w momencie uzyskania ciemno – purpurowego koloru roztworu w kuzetce już w piątą minutę od pobrania materiału, natomiast zero oznacza powierzchnię brudną, niepoddaną procesowi mycia (tab. 2).

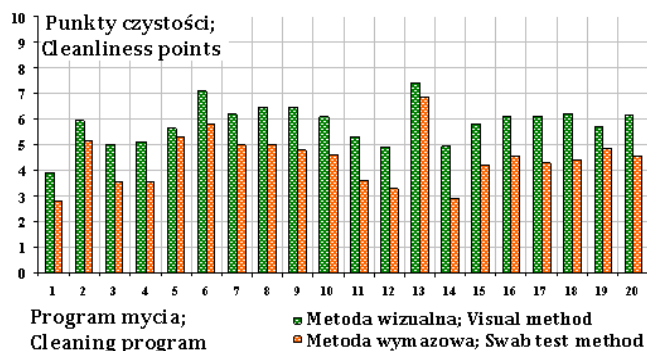
Tabela 2. Punktowa ocena stopnia umycia, przyznawana na podstawie porównania barwy testów wymazowych z barwą skalą oceny

Table 2. Scoring the degree cleaning, granted on the basis of a comparison color swab test with color scale evaluation

Ilość białka [µg/100 µl roztworu]; Amount of protein [µg/100 µl of solution]	Ocena punktowa; The point evaluation
0	10
0 ÷ 30	9
30 ÷ 50	8
50 ÷ 60	7
60 ÷ 80	6
80 ÷ 100	5
100 ÷ 120	4
120 ÷ 300	3
300 ÷ 500	2
powyżej 500 odczyt w 5 minucie; above 500 reading at 5 minutes	1
powierzchnia nie myta; surface not cleaned	0

Wyniki badań i ich analiza

Obie metody oceny różniły się skalą zakresu przyznawanych punktów czystości. Stąd też, do ich porównania, konieczne było przeskalowanie uzyskanych wyników badań. W tym celu wyniki uzyskane w ocenie wizualnej podwojono.



Rys. 2. Wyniki badań dla dwóch metod badawczych stosowanych do oceny skuteczności mycia płytowego wymiennika ciepła

Fig. 2. Test results for the two test methods used to assess the effectiveness of cleaning the plate heat exchanger

Na rysunku 2 przedstawiono średnie wyniki stopnia umycia powierzchni płyt wymiennika ciepła z trzech powtórzeń (średnia arytmetyczna z pięciu obszarów próbkowania), dla obu zastosowanych metod.

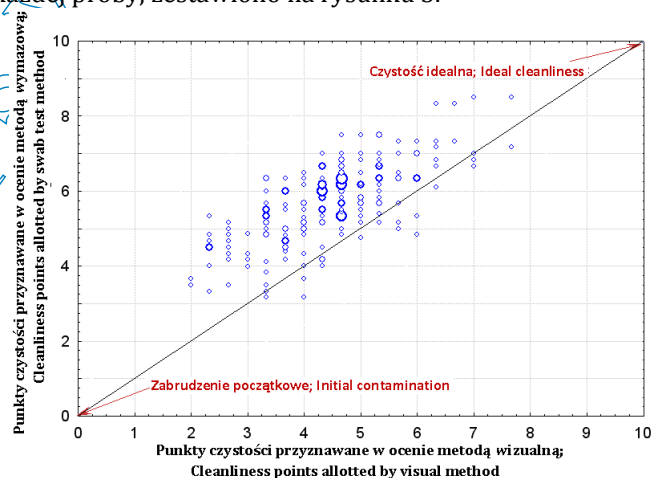
Obie metody oceny wykazują podobny charakter zmian dla przeprowadzonych programów mycia, jednak w każdym przypadku, wartości uzyskiwane w wizualnej ocenie czystości są wyższe. Może to świadczyć o tym, że oceniając wizualnie mytą powierzchnię, określana jest ona jako czystsza, niż jest w rezultacie. W celu dalszego porównania testowanych metod uzyskane wyniki poddano analizie wariancji z pojedynczą klasyfikacją, wykorzystując do tego celu test F - Snedecora (tab. 3).

Tabela 3. Analiza wariancji dla dwóch metod oceny czystości powierzchni płyt wymiennika ciepła

Table 3. Analysis of variance for the two methods for assessment of surface cleanliness of the heat exchanger plates

Źródło zmienności; Source of variation	Liczba stopni swobody; Degrees of freedom	Suma kwadratów odchyień; Sum of squares	Średni kwadrat; Mean square	$F_{\text{obliczone}};$ $F_{\text{obliczane}}$	$F_{(\alpha=0,05; k=1; v_2=38)}$
Między obiektami; Between objects (T)	1	19,22	19,22	23,44	4,10
Wewnątrz obiektów Błąd; Inside objects Error (E)	38	31,27	0,82	-	-
Całkowite; Amount	39	50,49	-	-	-

Ponieważ zachodzi nierówność: $F_{\text{obliczone}} > F_{(\alpha=0,05; k=1; v_2=38)}$, to odrzuca się hipotezę o braku zróżnicowania pomiędzy badanymi metodami stosowanymi do oceny czystości powierzchni po procesie mycia. Dla sprawdzenia wiarygodności wyników statystycznych przeprowadzono dodatkowo test NIR (najmniejszych istotnych różnic) z wykorzystaniem testu t - Studenta. Wartość NIR wynosi 0,49. W badaniach mamy do czynienia z jedną parą średnich $|\bar{x}_A - \bar{x}_B| = 1,39$, zatem zachodzi nierówność $|\bar{x}_A - \bar{x}_B| > NIR$, co oznacza, że pomiędzy wynikami czystości uzyskanymi w obu zastosowanych metodach, występują istotne różnice. Porównanie uzyskanych wyników badań obu metod badawczych, dla każdej próby, zestawiono na rysunku 3.

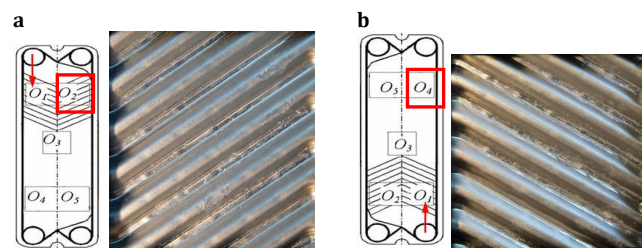


Rys. 3. Porównanie dwóch metod badawczych zastosowanych do oceny jakości mycia płyt wymiennika ciepła

Fig. 3. Comparison of two methods used to assess the quality of cleaning plate heat exchanger

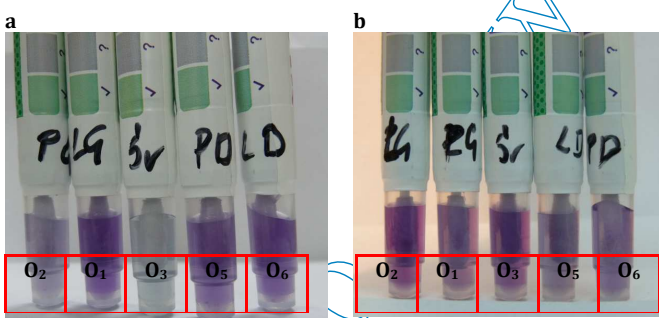
Na wykresach (rys. 2, rys. 3) widać, że wartości badań, uzyskane w obu zastosowanych metodach, nie pokrywają się ze sobą. Wynika to ze specyfiki każdej z wykonywanych metod oceny. W przypadku metody wizualnej, niedokładność oceny może być spowodowana trudnością określenia poziomu czystości w pobliżu punktów skrajnych, oznaczonych na wykresie jako zabrudzenie początkowe i czystość idealna. Ilość policzonych zanieczyszczeń w metodzie wizualnej nie zawsze przekładała się na ilość białka pobranego przez wymaz z powierzchni. Wynika to przede wszystkim z grubości utworzonych osadów. W przypadku oceny wizualnej, w pobliżu punktu o współrzędnych (0; 0 - zabrudzenie początkowe), powierzchnia zanieczyszczeń nie pokrywała całkowicie badanego obszaru, w związku z czym, przyznawano więcej

punktów czystości podczas, gdy ilość pobranego przez wymaz białka, wynikającego z grubości utworzonego osadu, była większa. Podobnie można wnioskować o ocenie czystości w pobliżu punktu (10; 10 – czystość idealna). Pojedyncze skupiska zanieczyszczeń lub ich brak, zgodnie z Normą, oceniane były na wysokim poziomie czystości. Powyższa ocena nie uwzględniała jednak obecności cienkiego filmu białkowego pozostającego po procesie mycia, który często był niedostrzegalny gołym okiem w naturalnych warunkach oświetlenia. Ocena testami wymazowymi w tym przypadku była bardziej dokładna i uwzględniała nawet niewielką ilość białka. Odwrotną sytuację zaobserwowano natomiast w przypadku oceny czystości powierzchni płyt wymiennika, mytych w programach z wysoką temperaturą czynnika myjącego. Po zakończeniu mycia, pozostający osad białkowy tworzył cienki, suchy film, dość równomiernie rozłożony na badanym obszarze, który powodował, że płyty były matowe z widocznymi drobnymi skupiskami nagromadzonych punktowo osadów białkowych (rys. 4), w wyniku czego, w ocenie wizualnej przyznawano mało punktów. Powstały osad był natomiast trudny do zebrania tamponami wymazowymi, co mogło w rezultacie wpływać na zawyżenie oceny stopnia umycia płyt, przez niecałkowite wymazanie zanieczyszczeń z powierzchni (rys. 5).



Rys. 4 Pozostałości zanieczyszczeń po procesie mycia dla prawego górnego obszaru płyty: a - przepływy cieczy realizowany na płycie z góry na dół; b - przepływ cieczy realizowany na płycie z dołu do góry;

Figure 4. Residual contamination after the cleaning process for the upper-right area of plate: a - the flow of liquids realized on plate from up to down, b - the flow of liquids carried on plate from bottom to top



Rys. 5. Ocena testami Clean-Trace po procesie mycia dla pięciu ocenianych obszarów na płycie tego samego powtórzenia: a - przepływy cieczy realizowany na płycie z góry na dół; b - przepływy cieczy realizowany na płycie z dołu do góry

Figure 5. Clean-Trace test after the cleaning process for the five areas assessed on plate of the same repeats: a - the flow of liquids realized on plate from up to down, b - the flow of liquids realized on plate from the bottom up

Mając powyższe na uwadze uznano, że metoda testami Clean-Trace wykazuje większą czułość w przypadku śladowych ilości zanieczyszczeń białkowych, stąd też wskazane jest stosowanie jej w układach, w których wymagane jest uzyskiwanie wysokiej czystości powierzchni technologicznych. W przypadku powierzchni urządzeń stykających

się z przetwarzaną żywnością z powodzeniem można stosować metodę oceny wizualnej.

Wnioski

1. Wyniki oceny czystości powierzchni po procesie mycia uzyskane w metodzie wizualnej i w metodzie wymazowej istotnie różnią się między sobą.
2. Metoda oceny fizycznej czystości powierzchni po procesie mycia, z wykorzystaniem testów wymazowych, wykazuje wysoką czułość w przypadku śladowych ilości zanieczyszczeń białkowych, stąd też, wskazane jest jej stosowanie w układach, w których wymagane jest uzyskiwanie wysokiej czystości powierzchni technologicznych.
3. Metodę wizualnej oceny czystości powierzchni po procesie mycia można z powodzeniem stosować do oceny powierzchni urządzeń stykających się z przetwarzaną żywnością, jako pierwszą krytyczną ocenę jakości mycia, poprzedzając badania mikrobiologiczne.
4. Żadnej z metod nie należy odrzucać i obie, uwzględniając ich pewne niedoskonałości w określonych warunkach, z powodzeniem można stosować do oceny czystości powierzchni.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010 – 2011, jako projekt badawczy Nr N 313 136838

Literatura

1. Benezech T., Lelièvre C., Membré J.M., Viet A.F., Faille C. 2002. A new method for in place cleanability of food processing equipment, Journal of Food Engineering, Vol. 54, Issue 1, pp. 7–15.
2. Biel W., Benezech T., Legentilhomme P., Legrand J., Le Gentil-Lelievre C., 2007. Effect of flow arrangement on the removal of Bacillus spores from stainless steel equipment surfaces during a Cleaning In Place procedure. Chemical Engineering Science, Vol. 62, s. 3798–3808.
3. Lewicki P.P. 2006. Skuteczność procesów mycia w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy, nr 2.
4. Materiały informacyjne firmy BioTrace, <http://www.adpsa.co.za/Biotrace/Biotrace%20Intro.htm>, dostęp 3.01.2009.
5. Polska Norma PN- EN 50242 – 2004 Elektryczne zmywarki do użytku domowego. Metody badań cech funkcjonalnych.
6. Piepiórka J., Diakun J. 2011. Nierównomierność mycia powierzchni płyt wymienników ciepła. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, nr 1.
7. Piepiórka J. 2009. Ocena skuteczności procesów mycia w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy, nr 2.
8. Diakun J. 2011. Metody i kryteria oceny stopnia umycia powierzchni urządzeń przetwórstwa spożywczego. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, nr 3.
9. Lelieveld H., i in. 2003. Higiene in food processing. Woodhead publishing limited, England.
10. Van Asselt A.J., Van Houwelingen G., Te Giffel M.C. 2002. Monitoring system for improving cleaning efficiency of cleaning in place process in dairy environments. Food and Bioproducts Processing, Vol. 80, Issue 4, pp. 276–280.

Joanna Piepiórka-Stepuk

Politechnika Koszalińska,

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

joanna.piepiorka@tu.koszalin.pl