

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Doskonalenie metod laboratoryjnej oceny właściwości flokulantów stosowanych w gospodarce wodno-ściekowej i osadowej przemysłu spożywczego

EWELINA MROCZEK, PIOTR KONIECZNY

**UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu,
Katedra Zarządzania Jakością Żywności**

Słowa kluczowe: przemysł spożywczy, ścieki, osady ściekowe, chemikalia, flokulanty

STRESZCZENIE

Celowemu wprowadzeniu wybranych reagentów chemicznych do strumienia ścieków z przemysłu spożywczego towarzyszy wiele ciekawych efektów technologicznych, związanych z doskonaleniem procesów oczyszczania ścieków. Do najważniejszych chemikaliów stosowanych obecnie do tego celu należą koagulanty i flokulanty, umożliwiające istotne zwiększenie rozmiarów separowanych cząstek. Wobec coraz szerszej oferty ze strony firm produkujących takie reagenty, decydujące znaczenie mają nie tylko ceny, ale jakość oraz skuteczność takich preparatów. Ustalenie zasadniczych danych dla aplikacji przemysłowej, w tym zwłaszcza wymaganej dawki, rozpoczyna się już na etapie badań laboratoryjnych. Czynniki, które wpływają na przebieg flokulacji, związane są z właściwościami stosowanego preparatu i właściwościami usuwanych zanieczyszczeń, a także parametrami hydrodynamicznymi procesu. Przedstawienie i omówienie zasad laboratoryjnej oceny flokulantów przeznaczonych do stosowania w gospodarce ściekowej i osadowej przemysłu spożywczego jest zasadniczym celem niniejszego opracowania.

Improvement of laboratory assessment methods of flocculants applied in water and sewage management of food industry

Keywords: food industry, wastewater, sludge, chemicals, flocculants

ABSTRACT

On purpose introduction of selected chemical reagents to stream of food processing wastewater is associated by many interesting technological effects connected, both, with improving wastewater treatment processes as well as sewage sludge treatment methods. Coagulants and flocculants belong to the most important chemicals used currently for these purposes enabling essential increase of size of separated floccules. High diversity of such products offered by chemical companies requires to take into consideration not only prices of these products but also their quality and efficiency. Basic data for commercial application, including first of all required dose of reagent are determined already during initial laboratory tests. Among factors having influence on flocculation process both features of preparations and sediments as well as hydrodynamic parameters of process are mentioned. The main aim of this study is to discuss briefly laboratory testing principles of flocculants recommended to wastewater and sludge management from food industry.

1. WPROWADZENIE

W technologii uzdatniania wody, a także oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych metodami chemicznymi, koagulacja i flokulacja należą aktualnie do najważniejszych procesów jednostkowych. Agregacja zachodząca na skutek zmiany odczynu pH, siły jonowej lub poprzez dodatek np. wielowartościowych kationów metali takich jak żelazo czy glin, określana jest mianem koagulacji, natomiast proces łączenia cząstek o charakterze koloidu w większe agregaty na skutek oddziaływania z dawkowanym do zawiesiny wybranym reagentem, na przykład polimerem organicznym, określa się mianem flokulacji. Oba procesy służą kilkudziesięciokrotnemu zwiększaniu rozmiarów separowanych cząstek, a tym samym ułatwieniu ich flotacji lub sedymentacji, a na przebieg tych procesów mają wpływ zarówno czynniki związane z właściwościami stosowanych reagentów, właściwościami zawiesiny, jak i parametrami hydrodynamicznymi procesów [1-3]. Stosowanie koagulantów i flokulantów jest możliwe i uzasadnione między innymi w oczyszczaniu ścieków i obróbce osadów pochodzących z przemysłu spożywczego, przy czym producenci oferują w tym zakresie szeroką gamę reagentów różniących się właściwościami fizycznymi, chemicznymi, a jednocześnie w różny sposób oddziałującymi na cząstki zanieczyszczeń [4]. Na etapie wyboru oferty i podejmowania de-

cyzji zakupowych, podstawowym źródłem informacji dla eksploatatora instalacji są karty charakterystyki oferowanych reagentów oraz wyniki testów laboratoryjnych. Te ostatnie, często wspomagane użyciem odpowiedniego sprzętu i standardowych metod, powinny być prowadzone w taki sposób, aby można było przenieść ich wyniki na pełną skalę techniczną [3].

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę scharakteryzowania i omówienia zakresu podstawowych badań laboratoryjnych wybranych reagentów przeznaczonych w szczególności do stosowania w gospodarce wodno-ściekowej i osadowej zakładów branży spożywczej.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Ścieki z zakładów branży spożywczej są zazwyczaj źródłem dużego ładunku zanieczyszczeń, o różnym charakterze i rozmiarach, obejmujących takie grupy jak substancje rozpuszczone, substancje koloidalne lub zawiesiny, reprezentowane przez związki organiczne, głównie białka i tłuszcze, a także nieorganiczne jak np. azotany, fosforany, chlorki, siarczany, węglany i inne. Niektóre ścieki, zwłaszcza z przemysłu mięsnego, drobiarskiego czy rybnego, mogą być źródłem zagrożeń epidemicznych wskutek przedostawania się treści przewodów pokarmowych, skrawków tkanek oraz krwi zwierząt rzeźnych. W związku z procesami mycia i dezynfekcji, ścieki z przemysłu spożyw-

czego zawierają zazwyczaj popłuczyny o zmiennym pH (zasadowym lub kwaśnym) i zróżnicowanej, często znacznie podwyższonej temperaturze, co sprzyja tworzeniu trudno rozdzielających się emulsji [5].

Wybrane związki chemiczne, działając w określonej dawce, przy odpowiednio dobranym stężeniu i odczynie pH, mają kilka podstawowych właściwości przydatnych w oczyszczaniu ścieków z zakładów spożywczych. Za najważniejsze uznaje się ich właściwości koagulujące, właściwości defosfatacyjne, właściwości wiązania siarkowodoru oraz zwalczania tzw. „puchnięcia” osadu powodowanego przez bakterie nitkowate np. *Microthrix parvicella*. Do najlepszych koagulantów przeznaczonych do wykorzystania w instalacjach oczyszczania ścieków z branży spożywczej należą z pewnością nieorganiczne sole wielowartościowych, najczęściej trójwartościowych, metali, zwłaszcza żelaza i glinu, np. $Fe_2(SO_4)_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$. Różne aspekty stosowania chemikaliów w branży spożywczej, proponowane metody strącania zanieczyszczeń, w tym wyniki testów laboratoryjnych zebranych podczas własnych badań, omówiono szczegółowo w kilku pracach przeglądowych i eksperymentalnych, opublikowanych w czasopiśmie branżowych [5-10].

Sposoby realizacji procesu oddzielania zawiesin w ściekach zakładów spożywczych z wykorzystaniem wybranych substancji chemicznych opisano w Tabeli 1.

Jako substancje wywołujące flokulację znajdują obecnie zastosowanie substancje pochodzenia naturalnego jak żelatyny, alginiany, karageniany, chitozan, jak również pochodne skrobi i celulozy. Jako flokulanty syntetyczne najczęściej stosuje się poliakryloamidy, kwasy poliakrylowe, tlenek polietylenu, alkohol poliwinylowy i ich pochodne [3, 5].

Intensyfikacji procesów oczyszczania ścieków i obróbki osadów z przemysłu spożywczego służy wprowadzanie zwłaszcza flokulantów o charakterze polimerów. Polimerem nazywa się wielocząsteczkowy związek chemiczny powstały z połączenia prostych cząsteczek (tzw. monomerów) o niskim ciężarze cząsteczkowym. Cechą charakterystyczną polimerów jest występowanie powtarzających się fragmentów cząsteczki tzw. monomerów (segmentów) [4, 11].

Według Biały, 2006 [2] skuteczność procesów flokulacji jest wypadkową wielu czynników związanych z właściwościami samego polimeru oraz

Tabela 1 Sposoby realizacji procesu oddzielania zawiesin w ściekach z wykorzystaniem wybranych substancji chemicznych [5]

Table 1 The ways of carrying out the process for separating suspensions in wastewater with the use of selected chemicals [5]

SPOSÓB ODDZIELANIA ZAWIESIN	URZĄDZENIA	CZYNNIKI POMOCNICZE
SEDYMENTACJA ↓ ↓ ↓ opadanie zawiesin	osadniki a) przepływ pionowy poziomy b) kształt pionowy kołowy c) dolne usuwanie osadu	opadanie naturalne wspomagane: * koagulantem * koagulantem i flokulantem
unoszenie zawiesin ↑ ↑ ↑ FLOTACJA	flotatory a) przepływ pionowy poziomy b) kształt prostokątny kołowy c) górne usuwanie osadu	unoszenie naturalne wspomagane: * napowietrzaniem np. drobnopęcherzykowym * koagulantem + flokulantem + sprężonym powietrzem (mikropęcherzykami)

właściami zawiesiny. Jest też funkcją parametrów hydrodynamicznych procesu tj. sposobu dozowania reagentów, szybkości oraz czasem mieszania (Tab. 2). Rezygnując ze szczegółowego omawiania wszystkich czynników, warto zwrócić uwagę na najistotniejsze z nich.

Spośród właściwości stosowanego polimeru, które wywierają znaczący wpływ na kinetykę procesu flokulacji, do najważniejszych zalicza się jego masę cząsteczkową oraz gęstość ładunku. Stwierdzono, że im dłuższy łańcuch polimeru, tym więcej cząstek zostaje związanych w jego strukturze, a powstające flokuły są odpowiednio większe, co korzystnie wpływa na szybkość sedymentacji. Wysoka gęstość ładunku sprzyja rozwinięciu polimeru w roztworze, a tym samym zwiększa się prawdopodobieństwo kontaktu pomiędzy jego centrami aktywnymi a separowanymi zanieczyszczeniami [2].

Tabela 2 Czynniki determinujące skuteczność oraz selektywność procesu flokulacji [2]

Table 2 Factors determining the efficiency and selectivity of the process of flocculation [2]

Klasyfikacja czynników ze względu na:		
Właściwości polimeru	Właściwości zawiesiny	Parametry hydrodynamiczne
<ul style="list-style-type: none"> - masa cząsteczkowa - gęstość ładunku oraz znak - konformacja - dawka polimeru - czas przechowywania 	<ul style="list-style-type: none"> - odczyn pH - siła jonowa - ładunek cząstek - stężenie fazy zdyspergowanej 	<ul style="list-style-type: none"> - sposób dozowania polimeru - szybkość oraz czas mieszania

Spotykane w praktyce przemysłowej zawiesiny są tak różnorodne, że konieczne jest stosowanie różnych flokulantów. Wytwarza się flokulanty o ciężarach cząsteczkowych od jednego do kilkunastu milionów g/mol, a w zależności od charakteru chemicznego grup funkcyjnych rozmieszczonych wzdłuż łańcucha można je podzielić na kationowe, anionowe i niejonowe. Zmiany pH i siły jonowej mogą powodować nie tylko zmiany wymiarów hydrofilowych cząstek polimeru, ale również zmianę ich ładunku, a w konsekwencji zmiany stabilności dyspersji takich cząstek. Do badania tych zjawisk używa się zaawansowanej aparatury do pomiaru tzw. potencjału zeta. Wielkość tego potencjału pozwala wnioskować o stabilności dyspersji [12]. W ostatnich latach, z uwagi na organiczny charakter osadów ściekowych, zawarte w nich białka i tłuszcze, a także makro- i mikropierwiastki, coraz większą uwagę zwraca się na kierowanie do zastosowań w branży spożywczej tylko takich flokulantów, które nie wykluczają ich dalszego wykorzystania w kierunku nawozowym, a nawet paszowym. W tym kontekście, w przypadku polimerów akryloamidowych, ważnym parametrem jakościowym staje się między innymi wiedza o zawartości resztkowego monomeru, bowiem powszechnie znane są jego właściwości neurotoksyczne i kancerogenne [13, 14]. Oznaczenia monomeru akryloamidowego we flokulantach dokonuje się zaawansowanymi technikami analitycznymi, najczęściej z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii ciś-

nieniowej HPLC lub chromatografii gazowej (GC MS) [15]. Producentów coraz częściej zobowiązuje się do podawania informacji dotyczącej maksymalnej zawartości monomeru między innymi w kartach charakterystyk oferowanych produktów. Zgodnie ze wspólnymi ustaleniami grupy producentów polimerów (Polymer Producer Group) w Unii Europejskiej akceptowana maksymalna zawartość monomeru to 1000 ppm dla reagentów przeznaczonych do obróbki ścieków komunalnych lub przemysłowych, a 200 ppm dla reagentów przeznaczonych do uzdatniania wody [16].

Surowe osady ściekowe powstające w instalacjach niektórych zakładów spożywczych, w różnych węzłach technologicznych jak np. na kratkach i sitach, w osadnikach i łapaczach tłuszczu lub we flotatorach, są trudne do unieszkodliwienia i wykorzystania, ponieważ charakteryzują się dużą, zależną od technologii oczyszczania ścieków masą, posiadają konsystencję plastyczną, typową dla gęstej zawiesiny, a ponadto łatwo fermentują. Dla zakładu spożywczego są najczęściej ekologicznie uciążliwym odpadem, związanym z dodatkowymi kosztami stabilizacji, transportu i magazynowania. Mimo wielu potencjalnych możliwości racjonalnego postępowania z osadami ściekowymi, problem pozostaje nierozwiązany i wymaga zawsze indywidualnego podejścia. Wybór kierunku zagospodarowania osadów ściekowych powinien pozostać zawsze w ścisłym związku z konkretnymi uwarunkowaniami danego zakładu, między innymi położeniem zakładu, charakterem wewnątrzzakładowej kanalizacji, stosowaną technologią podczyszczania ścieków, stopniem i rodzajem wyposażenia [17].

Na rynku dostępne są aktualnie różnorodne polimery przeznaczone do zagęszczania wielu typów osadów, dając tym samym zróżnicowane efekty technologiczne – stąd wybór środka musi być dobrze przemyślany. Polimery oferowane są w postaci suchej oraz jako emulsje lub roztwory wodne. Ułatwiają odwadnianie i zagęszczanie osadów ściekowych na wszelkiego rodzaju urządzeniach tj. prasach, wirówkach, zagęszczaczach mechanicznych itp. Skutecznie poprawiają wydajność procesów i parametry obrabianych osadów. Dobre odpowiedniego polimeru pozwala na aglomerację cząsteczek (proces flokulacji) i neutralizację ładunku elektrycznego cząsteczek osadu, co przyczynia się do przyspieszenia tworzenia się większych cząstek szybciej oddających wodę,

a także uzyskania odporności mechanicznej kłaczką oraz redukcji jego żelowej struktury, co z kolei ułatwia oddawanie wody związanej [2, 18, 25]. Dobre efekty w zagęszczaniu i odwadnianiu osadów wstępnych i nadmiernych osadów biologicznych można uzyskać po aplikacji polimerów kationowych, które doświadczalnie dają lepsze efekty niż polimery anionowe. Wielkość zużycia polimerów waha się w granicach 1-5 kg/tonę suchej masy osadu [3].

W celu uzyskania optymalnych warunków procesów stosowanych w gospodarce ściekowej i osadowej przemysłu spożywczego wskazane jest niekiedy stosowanie kombinacji organicznych polimerów oraz nieorganicznych koagulantów w postaci tzw. blendów. Przynosi to szereg korzyści technologicznych, do których należą m.in. uzysk wyższej suchej masy osadu niż przy zastosowaniu samego polimeru, redukcja dawki polimeru oraz obniżenie kosztów wynikające z możliwości wykorzystania tańszego polielektrolitu o niższej kationowości. Dodatkowo uzyskany odciek charakteryzuje się dużo mniejszym stężeniem fosforu ogólnego, zawiesiny i ChZT [19, 23, 24].

Czynnikiem, który w istotny sposób kształtuje skuteczność oraz koszty procesu flokulacji, jest zawsze dawka dozowanego polimeru. Zależność między dawką a skutecznością ma najczęściej postać krzywej dzwonowej. W początkowym stadium dozowanego polimeru obserwuje się, że wraz ze wzrostem dawki następuje wzrost skuteczności flokulacji, wzrasta bowiem liczba centrów aktywnych, do których mogą przyłączać się separowane cząstki. Stan równowagi jest osiągnięty w momencie, gdy dawka polimeru jest wystarczająca do związania wszystkich zanieczyszczeń obecnych w medium. Dalsze zwiększanie dawki polielektrolitu może prowadzić do jego przedawkowania, a wówczas ma miejsce rozpad powstałych agregatów. Ze wskazanym zjawiskiem mamy do czynienia, gdy cała powierzchnia separowanych cząstek jest pokryta warstwą polimeru [20]. Skuteczność chemicznego wspomaganie procesów oczyszczania ścieków stanowi wreszcie funkcję miejsca dozowania reagentów i intensywności mieszania, które uznaje się za optymalne wówczas, gdy zapewnia dokładne zdyspergowanie reagenta w zawieszynie, przy minimalnym poziomie uszkodzeń powstających flokuł [2, 26].

3. KRYTERIA DOBORU I ZASADY BADAŃ LABORATORYJNYCH WYBRANYCH REAGENTÓW CHEMICZNYCH STOSOWANYCH W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW I OBRÓBCE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Jak wynika z dotychczasowych rozważań, decydujące znaczenie dla uzyskania zadowalającego efektu oczyszczania ścieków lub obróbki osadów ściekowych (zagęszczania, odwadniania, kondycjonowania), zarówno komunalnych jak i przemysłowych, ma wybór właściwego reagenta.

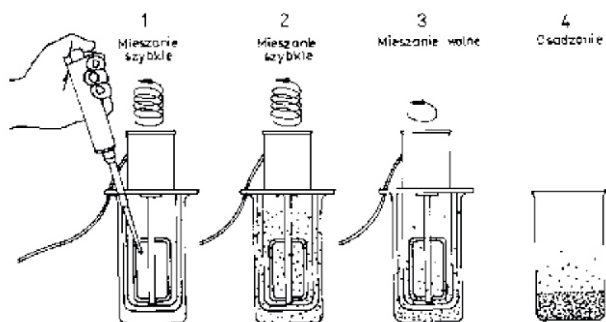
W prawodawstwie chemicznym podstawowym źródłem informacji dla nabywcy uczestniczącego w łańcuchu dostaw chemikaliów jest obecnie tzw. karta charakterystyki produktu. W karcie charakterystyki produktu można znaleźć ogólne informacje dotyczące jego zastosowania, dostawy, magazynowania, transportu, sposobu użycia, warunków pracy, z uwzględnieniem szczególnych właściwości fizycznych, chemicznych, toksykologicznych i ekologicznych [21]. W przypadku flokulantów zwraca się uwagę na takie właściwości użytkowe jak ich postać (emulsje, proszki), łatwość przygotowania roztworu roboczego i jego dozowania, związaną z tym rozpuszczalność i lepkość, możliwość działania w szerokim zakresie pH oraz skuteczność przy niskiej dawce produktu [3]. Producenci reagentów przeznaczonych do stosowania w oczyszczaniu ścieków i obróbce osadów ściekowych za podstawę skuteczności marketingowej uznają obecnie zaawansowane doradztwo technologiczne. Program standardowych badań laboratoryjnych, proponowanych w miejscu aplikacji reagenta chemicznego przeznaczonego do obróbki ścieków obejmuje między innymi: (a) analizę składu ścieków surowych, (b) analizę podatności ścieków na proces chemicznego oczyszczania, (c) ocenę wizualną i analizę składu ścieków oczyszczonych oraz (d) określenie stopnia redukcji zanieczyszczeń w kontekście wymagań odbiornika, np. urządzeń kanalizacyjnych lub urządzeń oczyszczalni biologicznej.

Zasadą jest również określenie zasadności wprowadzenia procesu chemicznego w aspekcie ekonomicznym oraz konfrontacja otrzymanych danych w aspekcie obowiązujących aktów prawnych. Podobny schemat postępowania dotyczy obróbki osadów ściekowych, a wyznacznikiem efektywności dobieranego flokulanta jest uzyskanie minimalnej zawartości suchej masy w osadzie

oraz klarownego odcieku po procesie zagęszczenia [3].

W pracach laboratoryjnych związanych z dobo-rem reagentów chemicznych przeznaczonych do wykorzystania w oczyszczaniu ścieków czy obróbce osadów używa się zazwyczaj podstawowego, zwykle przenośnego, sprzętu laboratoryjnego jak pH-metry, fotometry, mętnościomierze, wagosuszarki itp.

Podstawowym etapem działań podejmowanych przed zastosowaniem danego reagenta chemicznego w praktyce jest jednak wykonanie, możliwe w standardowych warunkach, testu laboratoryjnego, którego celem jest ocena podatności ścieków lub osadów ściekowych na wspomaganie chemiczne wybranymi substancjami. Wykonanie takiego testu pozwala dobrać rodzaj reagenta, określić wpływ różnych dawek reagenta na wielkość redukcji poszczególnych zanieczyszczeń oraz określić wpływ dawki stosowanego środka na inne parametry fizykochemiczne ścieków jak np. zasadowość, odczyn itd. Test wykonuje się tzw. metodą testu naczyniowego (ang. *jar test*) według procedury przewidzianej do badań ścieków (koagulacji i/lub flokulacji), będącej odwzorowaniem procesów zachodzących w skali technicznej. Wykonanie testu ułatwia w sposób znaczący wykorzystanie tzw. miniflokulatora (Rys. 1).



Rysunek 1 Zasada badania procesu flokulacji zanieczyszczeń przy użyciu miniflokulatora [3]

Figure 1 The principle to test flocculation process of contaminants using lab flocculator [3]

Urządzenie to wyposażone jest w mieszadło o ustalonej maksymalnej szybkości obrotowej i o mniejszych szybkościach regulowanych płynnie. Jest ono umieszczone w zlewce, a procedura polega na:

- szybkim wymieszaniu reagenta i badanych ścieków, co zapewnia destabilizację zawiesin i koloidów,

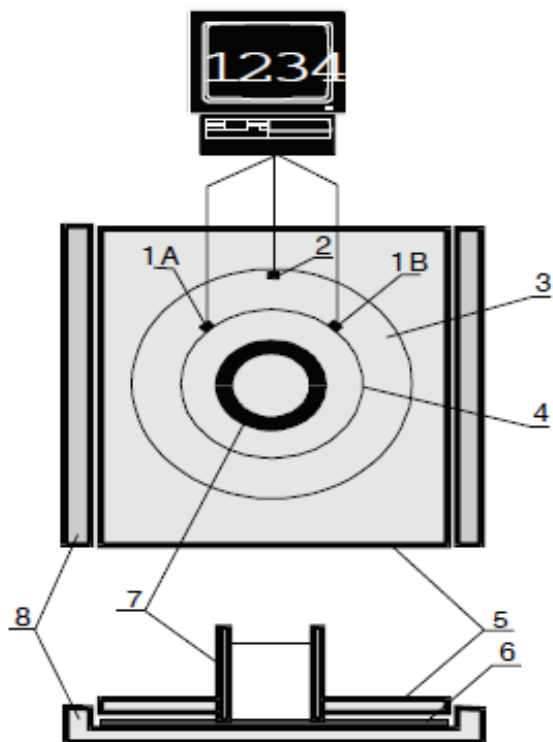
- wolnym mieszaniu destabilizowanego ścieku zapewniającym łączenie się zawiesin w większe flokuły,

- sedymentacji zawiesin z oddzieleniem wody nadosadowej kierowanej do badań analitycznych.

Wybrane oznaczenia chemiczne, jak na przykład zawartość zawiesiny ogólnej, ChZT, BZT, zawartość ekstraktu eterowego czy miogenów (azot, fosfor) uzupełnia się oceną wizualną obejmującą porównanie szybkości pojawiania się kłaczków i ich opadania – w minutach, porównanie wielkości kłaczków, ocenę ilości wytrąconego osadu, a także ocenę klarowności i barwy ścieków [8].

Dla zapewnienia standardowych warunków oceny, podobne, zazwyczaj nieskomplikowane procedury opracowuje się w przypadku oceny przydatności flokulantów do obróbki osadów ściekowych. W laboratoryjnym teście zagęszczenia osadów próby uwodnionego osadu o jednakowej objętości (na przykład około 3 dm³) i znanej, oznaczonej analitycznie zawartości suchej masy pobiera się bezpośrednio z linii technologicznej, a następnie umieszcza w pojemnikach i wprowadza roztwór flokulantu w ilościach wynikających z przyjętego zakresu dawek. Po starannym wymieszaniu próby pozostawia się na określony czas celem utworzenia flokuł osadu, które następnie oddziela się na sicie perlonowym i ponownie oznacza zawartość suchej masy [3, 21].

Do wyznaczania optymalnej dawki flokulantów przeznaczonych do wspomaganie procesu zagęszczenia i/lub odwadniania osadu można obserwować zmiany wysokości granicy podziałowej w czasie. Do takiej tradycyjnej oceny właściwości sedymentacyjnych osadów wykorzystuje się najczęściej wyskalowane naczynia zwane lejami Imhoffa [3], a alternatywą takiego postępowania jest pomiar tzw. czasu ssania kapilarnego (CSK) [22]. Czas ssania kapilarnego (CSK) określa szybkość oddawania cieczy odpadowej przez badany osad. Tę zdolność określa się czasem (w sekundach), jaki jest potrzebny do zwilżenia przez odciek warstwy bibuły filtracyjnej o określonej powierzchni przez określoną objętość próbki osadu, z której ciecz jest odciągana przez siłę ssania kapilarnego bibuły. Im CSK jest mniejszy, tym badany osad łatwiej i szybciej wydziela wchodzącą w jego skład ciecz. Zaletą oznaczenia CSK jest jego krótki czas i względnie proste urządzenie, za pomocą którego dokonywany jest pomiar (Rys. 2).



Rysunek 2 Schemat przyrządu do oznaczania czasu ssania kapilarnego [22]

(1A, 1B i 2 – podpórki stanowiące jednocześnie kontakty, 3 – okrąg o $\phi = 4,5$ cm, 4 – zaznaczony na górnej płytce okrąg o $\phi = 3,2$ cm, 5 – górna płytka, 6 – gruba bibuła (chromatograficzna), 7 – cylinderek ze stali nierdzewnej, 8 – dolna płytka)

Figure 2 Scheme of measuring instrument of the capillary suction time (CST) [22]

(1A, 1B and 2 – contactors, 3 – circle $\phi = 4,5$ cm, 4 – circle $\phi = 3,2$ cm, 5 – top plate, 6 – filtration paper, 7 – steel cylinder, 8 – bottom plate)

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony powyżej przegląd metod laboratoryjnej oceny właściwości chemikaliów przeznaczonych do stosowania w oczyszczaniu ścieków i obróbce osadów ściekowych jest tylko subiektywnym wyborem kilku podstawowych technik i sprzętu przydatnego do właściwego doboru takich preparatów, których obszar stosowania dotyczy między innymi gospodarki wodno-ściekowej przemysłu spożywczego. Wybór właściwego koagulanta czy flokulanta do wykorzystania w praktyce musi poprzedzać nie tylko dokładne rozpoznanie jego właściwości użytkowych opisanych w karcie charakterystyki produktu, ale przede wszystkim zweryfikowanie jego działania wykonaniem niezbędnych testów laboratoryjnych wspomaganym użyciem możliwie standardowych metod i sprzętu. Jak wynika z powyższych rozważań podejmuje się starania, aby badania te systematycznie doskonalić.

Wobec różnorodności oferowanych przez producentów flokulantów, ich cena nie może być jedynym kryterium decyzji zakupowych, ale znacznie ważniejsze jest zwrócenie uwagi na jakość i skuteczność działania takich chemikaliów w warunkach przemysłowych. Nie wolno zapomnieć, że dla eksploatatora instalacji ściekowej lub osadowej mądrze korzystanie z doradztwa technologicznego i udoskonalanych badań laboratoryjnych przed podjęciem takich decyzji może oznaczać nie tylko bezawaryjną pracę instalacji czy poprawę wizerunku, ale także znaczące oszczędności ekonomiczne.

LITERATURA

- [1] Konieczny P., Chemia w oczyszczaniu ścieków przemysłowych, *Ecomanager - przemysł, biznes, środowisko*, 9/2011, 23-25.
- [2] Biały W., Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem prof. dr. hab. Tomasza Jankowskiego pt. Optymalizacja separacji membranowej zawiesin i homogenatów komórkowych, UP w Poznaniu, 2006, 17-24.
- [3] Poradnik: Oczyszczanie ścieków i uzdatnianie wody. Police, Kemipol, 1995.
- [4] Konieczny P., Szymański M., Różnorodność zastosowań wybranych procesów chemicznych w oczyszczaniu ścieków przemysłu spożywczego, *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, tom IX, nr 4, 2004, 219-226.
- [5] Konieczny P., Uchman W., Wybrane działy z technologii mięsa: Zakład mięsny a środowisko naturalne, Wydawnictwa Akademii Rolniczej w Poznaniu, ISBN 83-7160-077-1, 1997.
- [6] Konieczny P., Racjonalne gospodarowanie wodą i ściekami w rzeźniach i przetwórnictwach drobiu, Mięso i przetwory drobiowe. Technologia, higiena, jakość, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2004, 547-564.

- [7] Konieczny P., Przemysł spożywczy a środowisko, *Wodociągi- Kanalizacja*, 07-08/2006, 10.
- [8] Konieczny P., Ekner E., Uchman W., Kufel B., Effective Use of Ferric Sulfate in Treatment of Different Food Industry Wastewater, *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 4(1), 2005, 123-132.
- [9] Konieczny P., Szymański M., Ścieki i osady z przemysłu spożywczego – charakterystyka problemu w aspekcie zagrożeń i korzyści – *Zeszyty Komunalne* 2(49), *Przegląd Komunalny*, 2007, 35-40.
- [10] Konieczny P., Szymański M., Kopiec D., Mycie i detergenty w przemyśle spożywczym jako problem środowiskowy – *Zeszyty Komunalne* 2(49), *Przegląd Komunalny*, 2007, 40-44.
- [11] Bajdur W., Application of acrylamide polymers as flocculants in sewages coagulation process, *Proceedings of ECOpole*, Vol. 2, No. 2, 2008, 291-297.
- [12] Lyklema J., *Fundamentals of interface and colloids science*, Vol. 1 (Fundamentals), Ed. Academic Press UK, 2000.
- [13] Castle L., Determination of acrylamide monomer in mushrooms grown on polyacrylamide gel. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1993, 41:1261-1263.
- [14] Becalski A., Lau B. P.-Y., Lewis D., Szaman S. W., Acrylamide in foods: Occurrence, sources and modeling, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 2003, 51:802-808.
- [15] Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S., Törnqvist M., Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 50(17), 2002, 4998-5006.
- [16] KEMIRA WATER, Dane niepublikowane, 2013.
- [17] Konieczny P., Uchman W., Surowce odpadowe w zakładach przemysłu spożywczego – osady ściekowe – odpad czy surowiec?, *Proekologiczne aspekty przetwarzania surowców zwierzęcych*, ISBN 83-86707-85-2, Wyd. Prodruk Poznań, 1999, 54-60.
- [18] Jankowski T., Juszczak T., Effects of deacetylation degree and molecular weight of chitosan on yeast-cell flocculation, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 6(47), 1997, 43-50.
- [19] Chmielewski K., Koagulanty PIX i PAX modyfikowane polielektrolitami. Właściwości i aplikacje, *Materiały seminarium firmy KEMIPOL w Malmö, Szwecja*, 2003.
- [20] Solberg D., Wagberg L., Adsorption and flocculation behavior of cationic polyacrylamide and colloid silica. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 219, 2003, 161-172.
- [21] Materiały firmy Kemipol, Police, 2013, strona internetowa: www.kemipol.com.pl
- [22] Piotrowska-Cyplik A., Czarnecki Z., Determination of the capillary suction time (CST) as a method for estimation of optimal dose of flocculants supporting dewatering of municipal sewage sludge, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 50(1), 2005, 21-23.
- [23] Ciborowski M., Możliwość zastosowania koagulantu PIX w przeróbce osadów ściekowych, *Kemipol, Seminarium ściekowe*, 10-12 września 2008, Mikołajki.
- [24] Kamizela T., Ciborowski M., Kondycjonowanie osadów – kombinacja koagulantów i polielektrolitów, *Przegląd Komunalny*, Nr 8/2013, 40-42.
- [25] Juraszka B., Sumara A., Odwadnianie osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej z zastosowaniem flokulantu Optifloc A-120HMW, *Annual Set The Environment Protection*, Vol. 15, ISSN 1506-218X, 2013, 1098-1110.
- [26] Hopkins D.C., Dustoche J.J., Characterization flocculation under heterogeneous turbulence, *J. Colloid Interface Sci.*, 264(2003), 184-194.