



**INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH**

**INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES**

ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: [ibwch@ibwch.lodz.pl](mailto:ibwch@ibwch.lodz.pl), <http://www.ibwch.lodz.pl>,  
tel. sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel. centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501



Laboratorium Ochrony Środowiska

tel. 042 6380351, e-mail: [michniewicz@ibwch.lodz.pl](mailto:michniewicz@ibwch.lodz.pl), [nls@ibwch.lodz.pl](mailto:nls@ibwch.lodz.pl)

Umowa/Zlecenie Nr:  
2/BAT/2012 z dnia 03.08.2012r.

Zleceniodawca:  
Ministerstwo Środowiska  
ul. Wawelska 52/54  
00-922 Warszawa

Kierownik tematu:  
dr inż. Małgorzata Michniewicz

**SPRAWOZDANIE**  
z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie  
Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

**Etap: II/2012**

**Przegląd technik stosowania enzymów w procesach  
produkcji mas włóknistych i papieru**



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat rejestracyjnych,  
na zlecenie Ministra Środowiska



dr inż. Danuta Ciechańska  
Dyrektor

Łódź, listopad 2012

Autorzy:

dr inż. Małgorzata Michniewicz



mgr inż. Michał Janiga



## Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie .....	2
2. Podstawowe informacje o enzymach .....	2
3. Zastosowanie enzymów w przemyśle celulozowo-papierniczym .....	3
3.1. Bielenie masy celulozowej z udziałem enzymu ksylanazy .....	4
3.2. Wytwarzanie masy termomechanicznej (TMP) .....	4
3.2.1. Rozwłóknianie drewna na masy TMP z udziałem enzymu celulazy .....	4
3.2.2. Ograniczenie trudności żywicznych przy produkcji masy TMP za pomocą enzymu lipazy .....	5
3.3. Odbarwianie masy makulaturowej (deinking) .....	6
3.4. Przygotowanie masy papierniczej i produkcja papieru .....	7
3.5. Oczyszczanie ścieków .....	7
3.6. Przewidywany rozwój stosowania enzymów .....	7
4. Podsumowanie - przykłady zastosowań, osiągnane efekty .....	8
5. Wykaz źródeł informacji .....	10

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 2/BAT/2012, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006 ÷ 2011 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju technik i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z Artykułu 19 dyrektywy o emisjach przemysłowych (IED) 2010/75/UE z 24 listopada 2010r. (zintegrowane zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń – IPPC).

## 1. Wprowadzenie

Przemysł celulozowo-papierniczy to coraz nowocześniejsza i bardziej proekologiczna gałąź gospodarki przetwarzająca w ciągu roku ogromne ilości biomasy lignocelulozowej. Wprowadzanie do zastosowań przemysłowych nowych technik pozwala na podniesienie rentowności produkcji oraz wpływa na jej dostosowanie do wzrastających wymagań współczesnej ochrony środowiska. Techniki stosowania enzymów [1], które wkroczyły do przemysłu papierniczego i w szybkim tempie zdobyły popularność, to techniki wykorzystujące naturalną zdolność enzymów do katalizowania reakcji biochemicznych. Substancje, zwane enzymami, są związkami chemicznymi pochodzenia naturalnego – pewnymi rodzajami białek występującymi w organizmach żywych. Stanowią grupę tzw. biokatalizatorów – ich rola sprowadza się do katalizowania reakcji biochemicznych.

Rozwój badań nad praktycznym zastosowaniem biokatalizatorów enzymowych w przemyśle celulozowo-papierniczym datuje się od roku 1980 [2]. Około roku 1990 pełnym sukcesem zakończyło się pierwsze wdrożenie techniki w jednym z zakładów produkujących bieloną masę celulozową. Dotychczas zdobyte doświadczenia w stosowaniu enzymów wskazują na ich przydatność w procesach bielenia masy pierwotnej, wytwarzania mas termomechanicznych, odbarwiania makulatury, przygotowania masy do produkcji papieru, utrzymywania obiegów wodnych w odpowiedniej czystości, oczyszczania ścieków. Nie wyklucza się również innych zastosowań enzymów.

## 2. Podstawowe informacje o enzymach

Enzymy [1] (zwane są także inaczej fermentami) to rodzaj białek występujących naturalnie w organizmach żywych, których działanie sprowadza się do katalizowania reakcji biochemicznych. Katalizowanie reakcji przez białkowe katalizatory polega na przyspieszeniu szybkości jej przebiegu. Enzymy stanowią największą grupę tzw. biokatalizatorów.

### Budowa i działanie

Enzym jest białkiem złożonym składającym się z:

- części białkowej nazywanej apoenzymem,
- części niebiałkowej nazywanej koenzymem lub grupą prostetyczną enzymu (w zależności od rodzaju wiązania łączącego ją z apoenzymem). Grupa prostetyczna jest trwale związana z enzymem.

Enzym składający się z obu wymienionych części określany jest mianem holoenzymu (apoenzym + koenzym = holoenzym lub apoferment + koferment = holoferment).

### Specyficzność

Działanie enzymów charakteryzuje się specyficznością - katalizuje tylko określony substrat lub określony typ reakcji chemicznej.

### Model „klucza i zamka”

W 1894 roku Emil Fischer zasugerował, że zarówno miejsce aktywne enzymu jak i substrat posiadają specyficzne, komplementarne względem siebie kształty. Model ten często przyrównuje się do „klucza i zamka”. Enzym łączy się z substratem tworząc nietrwały

kompleks enzym-substrat. Model ten tłumaczy specyficzność enzymu względem substratu, jednak nie wyjaśnia w jaki sposób stabilizowany jest stan przejściowy.

### **Model indukowanego dopasowania**

W 1958 roku Daniel Koshland zmodyfikował model „klucza i zamka”. Enzymy są strukturami giętkimi, w związku z czym możliwa jest modyfikacja kształtu enzymu w wyniku interakcji z substratem. Łańcuchy boczne aminokwasów tworzące miejsce aktywne enzymu mogą przemieszczać się w jego obrębie dopasowując się do kształtu specyficznego substratu. W przeciwieństwie do modelu „klucza i zamka”, ten model wyjaśnia specyficzność enzymów oraz sposób stabilizacji stanu przejściowego - nazywa się to modelem „rękawiczki i ręki”.

### **Klasyfikacja**

Klasy enzymów wg klasyfikacji międzynarodowej:

Klasa 1: oksydoreduktazy - przenoszą ładunki (elektrony i jony  $H_3O^+$  - protony) z cząsteczki substratu na cząsteczkę akceptora:  $AH_2 + B \rightarrow A + BH_2$ ;

Klasa 2: transferazy - przenoszą daną grupę funkcyjną (tiulową, aminową, itp.) z cząsteczki jednej substancji na cząsteczkę innej substancji:  $AB + C \rightarrow A + BC$ ;

Klasa 3: hydrolazy - powodują rozpad substratu pod wpływem wody (hydroliza); do grupy tej należy wiele enzymów trawiennych:  $AB + H_2O \rightarrow A + B$ ;

Klasa 4: liazy - powodują rozpad substratu bez hydrolizy:  $AB \rightarrow A + B$ ;

Klasa 5: izomerazy - zmieniają wzajemne położenie grup chemicznych bez rozkładu szkieletu związku:  $AB \rightarrow BA$ ;

Klasa 6: ligazy - powodują syntezę różnych cząsteczek; powstają wiązania chemiczne:  
 $A + B \rightarrow AB$ ;

Klasyfikacja enzymów przydziela im numer EC (ang. enzyme code) czyli kod danego enzymu.

Działanie enzymu opiera się na przyłączaniu odpowiedniego substratu do centrum aktywnego, które zbudowane jest z konkretnej (zależnej od reakcji, którą ma katalizować) sekwencji aminokwasów. Następuje to w specyficznych warunkach, tj.:

- w temperaturze ok. 37 - 40°C,
- przy odpowiednim pH,
- przy braku inhibitorów (np. soli metali ciężkich),
- w obecności aktywatorów.

Enzymy nie tracą swoich właściwości w reakcjach przeprowadzanych in vitro. Podobnie jak inne katalizatory, nie zużywają się w wyniku uczestniczenia w reakcji. Przyjmuje się, że jeden enzym jest zdolny do katalizowania tylko jednego typu reakcji „jeden enzym - jedna reakcja” (znane są jednak enzymy katalizujące kilka reakcji).

## **3. Zastosowanie enzymów w przemyśle celulozowo-papierniczym**

Przydatność enzymów jako katalizatorów reakcji biorozkładu [2] została potwierdzona przed rokiem 1980, jednak od tego roku zaobserwowano gwałtowny rozwój technik wykorzystujących właściwości katalityczne tej grupy związków organicznych. W odniesieniu do zastosowań w przemyśle celulozowo-papierniczym, początkowo stosowanie enzymów ograniczone było do modyfikacji technik wytwarzania mas pierwotnych. W roku 1999 została wdrożona na skalę przemysłową pierwsza technika opierająca się na zastosowaniu enzymów do rozkładu ksylozy w procesie wstępnego bielenia masy celulozowej siarczanowej. Wraz

z postępowaniem badań nad zastosowaniem enzymów powstawały inne techniki pozwalające na ich wykorzystanie w procesach wytwarzania mas termomechanicznych, przygotowania masy papierniczej dla maszyny, odbarwiania masy makulaturowej (deinkingu), oczyszczania ścieków.

W dalszym ciągu prowadzone są badania nad innymi możliwościami wykorzystania enzymów.

Uważa się, że w niedalekiej przyszłości szerokie, przemysłowe zastosowanie znajdą aplikacje enzymatyczne takie jak np. usuwanie drzazg i osadów, moczenie włókna roślinnego i selektywne usuwanie ksylanu.

### **3.1. Bielenie masy celulozowej z udziałem enzymu ksylanazy**

Enzymy wprowadzane do masy celulozowej niebielonej selektywnie hydrolizują ksylany zanieczyszczające masę [3-6]. Głównym zastosowaniem tej techniki jest wstępne enzymatyczne bielenie masy siarczanowej. Źródła literaturowe [3,5] podają, że około 10% światowej produkcji siarczanowej masy bielonej wytwarza się z udziałem enzymów. Stosowane w procesie roztwarzania wodorotlenek i siarczek sodu powodują rozluźnienie struktury materiału - surowca drzewnego i zwiększają ekstrakcję ligniny, ułatwiają kontakt biokatalizatora z ksylanami. Z kolei enzym przyspiesza rozkład ksylanu..

Biokatalizatory (enzymy) działają skutecznie w szerokim zakresie pH od 4,5 do 9,5 i temperatur od 20°C do 80°C.

Korzyści wynikające z zastosowania enzymów w procesie bielenia masy włóknistej są następujące:

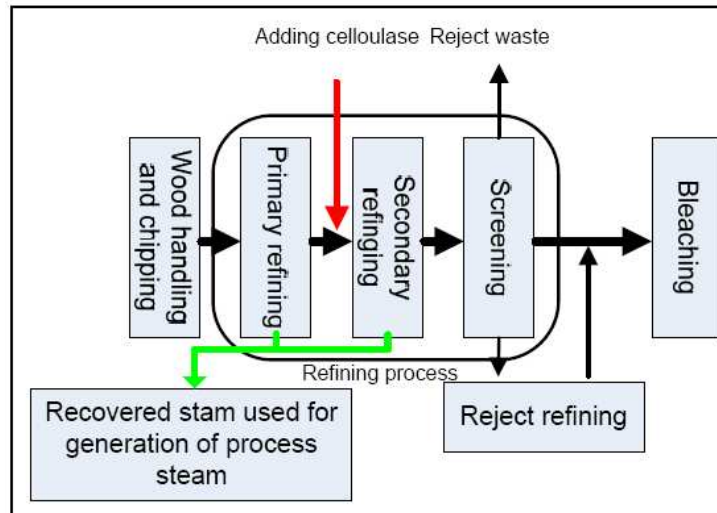
- zmniejszenie zużycia chemikaliów warzelnych, przy jednoczesnym wzroście białości masy,
- zwiększenie wydajności procesów roztwarzania i bielenia,
- zmniejszenie ilości zużywanych środków bielących,
- wzrost wytrzymałości masy przy utrzymaniu jej odpowiedniej białości,
- poprawa elastyczności włókien,
- skrócenie czasu bielenia,
- zmniejszenie zużycia energii podczas mielenia i zmniejszenie oddziaływania między włóknami dzięki fibrylacji, jednocześnie zapobiegające uszkodzeniom włókien.

### **3.2. Wytwarzanie masy termomechanicznej (TMP)**

#### **3.2.1. Rozwłóknianie drewna na masy TMP z udziałem enzymu celulazy**

Klasyczny proces rozwłókniania drewna na masy termomechaniczne w rafinerze zużywa bardzo duże ilości energii, głównie na pracę silników elektrycznych. Dodatek enzymu celulazy do zrębków drzewnych pomiędzy pierwszym i drugim stopniem rafinacji powoduje zmiękczenie i rozluźnienie spoistości włókien i w konsekwencji skraca czas konieczny do uzyskania odpowiedniego stopnia rozwłóknienia w rafinerze wtórnym [3]. Działanie enzymatyczne daje również redukcję czasu mielenia i rozwłókniania sęków w rafinerze (młynie) odrzutów, stosowanym w późniejszym etapie procesu.

Na rys. 1 pokazano w jaki sposób enzym celulaza może być dodawany w procesie rafinacji, w którym zrębki drzewne są rozwłókniane na masę termomechaniczną (TMP).



Rys. 1. Schemat układu rafinerów z pokazaniem miejsca dozowania enzymu [3]

Dodanie enzymu celulazy do wstępnie rozwłóknionej masy drzewnej (po pierwszym rafinerze) powoduje hydrolizę hemicelulozy oraz poprawia odwadnialność włókien celulozowych [3]. Badania i próby pilotowe pokazały obiecujące wyniki w zakresie skrócenia czasu mielenia we wtórnym rafinerze oraz rafinerze (młynie) odrzutu. Pozwala to na obniżenie zużycia energii w odniesieniu do tony produkowanej masy na poziomie od 5% do 25% [3]. Zastosowanie enzymów w rafinerze odrzutu jest już testowane w skali przemysłowej.

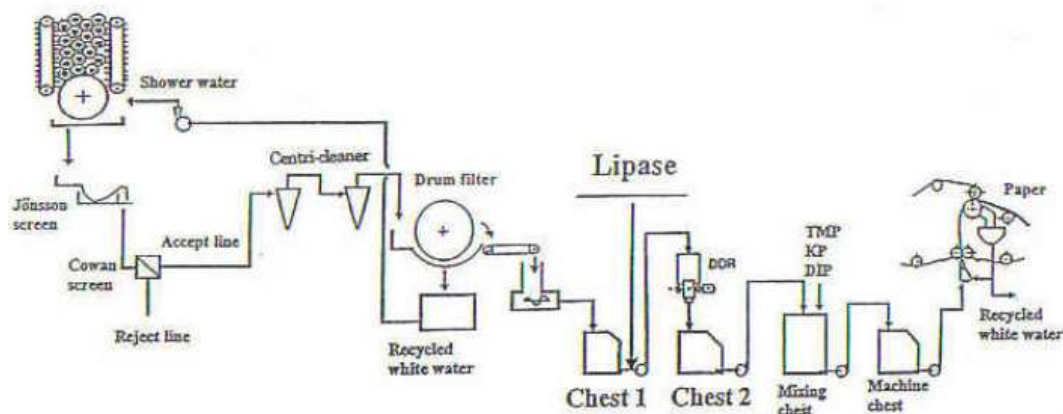
### 3.2.2. Ograniczanie trudności żywicznych przy produkcji masy TMP za pomocą enzymu lipazy

Obecność naturalnych żywic drzewnych jest bardzo powszechnym problemem występującym przy wytwarzaniu mas TMP. Powodują one pogorszenie właściwości papieru (głównie białości) i destabilizują ciągłość pracy maszyny papierniczej.

Tradycyjną metodą ograniczania trudności żywicznych jest sezonowanie drewna. Metoda ta po pierwsze wymaga czasu a po drugie nie jest zupełnie pewne czy substancje żywiczne zawarte w drewnie w wyniku sezonowania ulegną rozkładowi. Wadą tej metody jest również fakt, że sezonowanie wymaga dużego placu magazynowego drewna oraz pociąga dodatkowe koszty związane z operacjami magazynowania.

Do usuwania żywic stosowane są metody chemiczne np. talk oraz środki dyspergujące, jednak z uwagi na wzrastający stopień zamknięcia obiegów wodnych papierni i recyrkulacji wód obiegowych, stężenie żywic w tych wodach wzrasta pomimo stosowania środków chemicznych.

Znaleziono, że dodanie enzymu lipazy do masy TMP powoduje znaczne zmniejszenie problemów związanych z żywicami. Lipaza powoduje hydrolizę trójglicerydów do odpowiednich kwasów tłuszczowych, które stanowią mniejsze cząsteczki, nie stwarzające trudności w procesach wytwarzania papieru. Miejsce dozowania enzymu lipaza przy produkcji papieru z masy TMP pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat układu przygotowania masy papierniczej TMP ze wskazaniem miejsca dozowania enzymu lipaza

Zastosowanie lipazy zostało wdrożone w kilku papierniach produkujących na bazie masy TMP. W wyniku tych wdrożeń uzyskano znaczną redukcję czasu postojów maszyny papierniczej oraz oszczędności chemikaliów.

### 3.3. Odbarwianie masy makulaturowej (deinking)

Zastosowanie enzymów w procesie odbarwiania masy włóknistej z makulatury (deinkingu) [3-5] przynosi zwiększenie efektywności jej oczyszczania. Biokatalizator (enzym) kontaktując się ze składnikami masy przyspiesza m.in. usuwanie zawartych w niej zanieczyszczeń kleistych (stickies), uwalnianie barwników i farb, skrobi oraz tzw. włókna zerowego. Nie bez znaczenia jest również oddziaływanie enzymów na strukturę włókna celulozowego przejawiające się w poprawie własności użytkowych papieru.

Optymalne działanie biokatalizatorów w tym procesie to temperatura od 25 do 80°C i pH od 4,0 do 8,0.

Korzyści wynikające z zastosowania enzymów w procesie de-inkingu masy makulaturowej są następujące:

- poprawa jakości papieru poprzez wzrost białości i jasności,
- zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń atramentowych (ink) oraz cząstek tonerów,
- redukcja zawartości zanieczyszczeń kleistych (stickies),
- podwyższenie miękkości i objętości bibuł tissue oraz zwiększenie ich wytrzymałości,
- poprawa odwadnialności masy papierniczej,
- poprawa jakości wody obiegujowej,
- zmniejszenie kosztów chemikaliów poprzez wyeliminowanie NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dyspergatorów i skrobi,
- zmniejszenie zużycia energii rafinowania,
- zmniejszenie zużycie pary na maszynie papierniczej,
- zwiększenie prędkości maszyny papierniczej i wielkości produkcji (wydajność),
- redukcja BZT i ChZT w ściekach poddawanych oczyszczaniu biologicznemu (m.in. wzrasta iloraz BZT/ChZT co jest korzystniejsze z punktu widzenia biologicznego oczyszczania ścieków).

### **3.4. Przygotowanie masy papierniczej i produkcja papieru**

Zastosowanie enzymów w produkcji papieru [4-6] sprowadza się do ich wprowadzenia do obiegu wodno-masowego. Biokatalizatory stosowane są głównie w operacjach przygotowania masy papierniczej (jej wewnętrzne bio-oczyszczanie) pozyskiwanej z włókien wtórnych (makulatury). Praktycznie nie wskazano ograniczeń zastosowania enzymów w produkcji papieru. Wskazuje się jednak na szczególną celowość wykorzystania enzymów w produkcji papieru makulaturowego, który powinien posiadać szczególną wytrzymałość na ściskanie (sztywność pierścieniowa).

Warunki optymalnego działania enzymów: temperatura od 25 do 80°C i pH od 4,0 do 8,0.

Korzyści wynikające z zastosowania enzymów w procesie przygotowania masy włóknistej obejmują:

- zmniejszenie zużycie energii w procesach rafinacji,
- zwiększenie wydajności rafinacji przez wyeliminowanie powstawania zatorów (zaklejanie),
- poprawę wytrzymałości papieru przy mniejszej gramaturze,
- czystsze wody obiegowe,
- zmniejszenie zużycia chemicznych środków wspomagających,
- zmniejszenie zużycia ciepła w sekcji suszącej maszyny papierniczej,
- zwiększenie prędkości i wydajności maszyny papierniczej,
- usunięcie substancji kleistych (stickies) i podobnych zanieczyszczeń.

### **3.5. Oczyszczanie ścieków**

Enzymy zastosowane w omówionych wyżej procesach produkcyjnych np. odbarwiania masy makulaturowej [4,5] dają poprawę jakości ścieków i wzrost ich podatności na biodegradację. Enzymy wprowadzają do ścieków substancje przydatne w procesie tlenowego i beztlenowego oczyszczania. Poprawa efektów oczyszczania jest wynikiem zmniejszenia ChZT cząsteczkowego oraz zwiększenia współczynnika BZT/ChZT, który jest wskaźnikiem biodegradowalności ścieków.

Uzyskuje się wzrost usuwalności BZT i ChZT w procesie oczyszczania biologicznego a tym samym wzrost stopnia oczyszczenia ścieków.

Ponadto enzymy mogą być zastosowane w samym procesie biologicznego oczyszczania ścieków. W przedmiocie tym prowadzi się intensywne prace badawcze i rozwojowe. Istnieje również pewna liczba zastosowań praktycznych jakkolwiek na razie jest ona dość ograniczona ze względu na koszty eksploatacyjne.

### **3.6. Przewidywany rozwój stosowania enzymów**

Zastosowanie enzymów w procesach produkcji masy i papieru, będące obecnie w fazie badań naukowych [4,7], które będzie miało na celu zmniejszenie zużycia energii to:

- enzymatyczne korowanie,
- enzymatyczne roztwarzanie,
- enzymatyczne mielenie.

Powyższe zastosowania pozostają obecnie na etapie prac badawczo - rozwojowych.



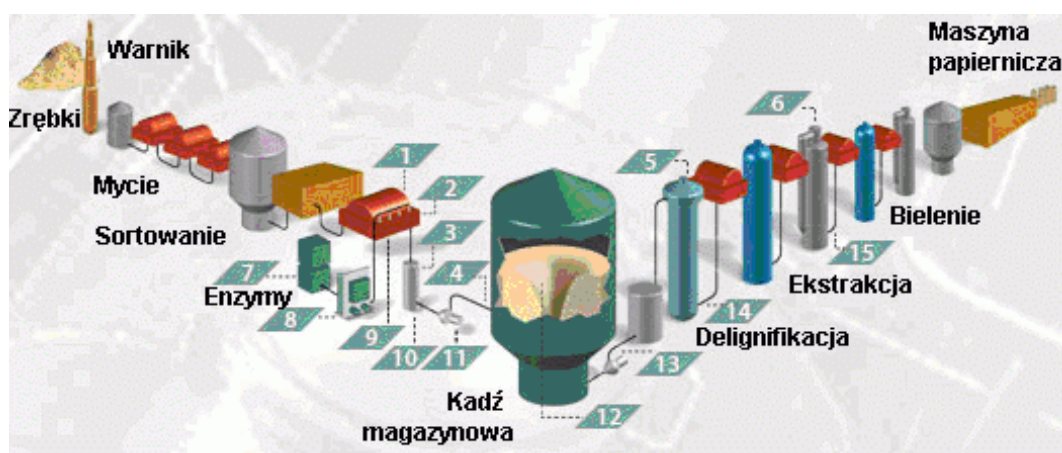
Jako techniki przyszłości do zastosowań w wytwarzaniu masy i papieru, z użyciem enzymów, rozpatrywane są również:

- enzymatyczne roztwarzanie,
- usuwanie drzazg i osadów,
- moczenie włókna roślinnego (głównie lnianego) i selektywne usuwanie ksylanu.

#### 4. Podsumowanie - przykłady zastosowań, osiągnane efekty

Światowy producent i dostawca enzymów firma Iogen Corporation [8] w swoich materiałach informacyjnych określa produkcję masy włóknistej, z zastosowaniem produkowanych przez własne zakłady enzymów, na poziomie 10 mln ton na rok.

Zalecane przez firmę miejsca wprowadzania enzymów zostały zilustrowane na zamieszczonym poniżej schemacie (rys. 3).



Rys. 3. Miejsca wprowadzania enzymów wg. Iogen Corporation

Propozycja zastosowań środków enzymatycznych oferowanych przemysłowi celulozowo-papierniczemu m.in. w Polsce została pozyskana od przedstawiciela handlowego firmy Buckman Laboratories [9]. Propozycję tą wraz z opisem działania przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zastosowania środków enzymatycznych w przemyśle celulozowo-papierniczym

Lp.	Aplikacja	Efekty	Preparat
1	2	3	4
1.	<p><b>Produkcja bielonych mas celulozowych.</b>                      Wprowadzenie enzymu ksylanazy pozwala na zmniejszenie substancji towarzyszących celulozie, które w procesie bielenia, zwykle zużywają preparaty bielące. Ograniczenia przy wprowadzeniu enzymu to odpowiednie pH masy celulozowej &lt; 9. Wymagane warunki wprowadzenia preparatu to zakres pH od 6,5 do 8,5 oraz czas kontaktu od 1 do 3 godzin, przy stężeniu masy od 3 do 15%. Dawka w zależności od liczby Kappa i rodzaju masy celulozowej waha się od 0,02 do 0,1%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oszczędność środków bielących</li> <li>- zwiększenie białości masy w sekwencji ECF i TCF</li> <li>- zmniejszenie AOX w ściekach</li> </ul>	Buzyme 2511

cd. tabeli 1

1	2	3	4
2.	<b>Zwalczanie trudności żywicznych w masie celulozowej.</b> Wprowadzenie do masy celulozowej enzymów z grupy lipaz, pozwala na enzymatyczny rozkład substancji żywicznych, na produkty nie posiadające właściwości kleistych. Optymalne warunki stosowania jak powyżej. Dawki zależne od warunków procesu. Preparat stosowany jest również przy produkcji ścieru.	Zwalczanie substancji żywicznych, środkami przyjaznymi dla środowiska	Buzyme 2517
3.	<b>Zwalczanie substancji lepkich w makulaturze.</b> Okolo 60-80% substancji lepkich zawartych w makulaturze to związki posiadające wiązanie estrowe. Tę właśnie cechę wykorzystano do enzymatycznego rozkładu substancji kleistych z makulatury. Produkty reakcji rozkładu enzymatycznego nie posiadają właściwości kleistych. Do tego celu zastosowano odpowiednio dobrane enzymy z grupy esteraz. Warunki wprowadzenia preparatu enzymatycznego to odpowiednie pH, zwykle 6,5 do 8,5; temperatura od 30 do 70°C i czas kontaktu preparatu z masą minimum 45 minut.	- wzrost wydajności maszyny papierniczej - zmniejszenie czasu postojów - zmniejszenia liczby reklamacji - zmniejszenie częstotliwości mycia filców - zmniejszenie ilości i kosztu chemikaliów myjących	Środki z grupy OPTIMIZE w zależności od rodzaju papieru.
4.	<b>Enzymatyczne środki do zwalczania śluzów biologicznych w obiegach wodo-masowych maszyny papierniczej.</b> Enzymy z grupy proteaz wykorzystywane są do zwalczania śluzów i osadów wywołanych rozwojem bakterii. Dawki środków wynoszą około 1-5 ppm. Zakres stosowania produktów enzymatycznych wyznacza odczyn: pH 5,5 do 8,5 oraz temperatura <60°C.		Buzyme 2504; Buzyme 2443S
5.	<b>Enzymatyczne środki myjące.</b> Środki zawierające amylazę stosowane są do okresowego mycia urządzeń do przygotowywania skrobi i produktów skrobiopodobnych.		Buzyme 2508
6.	<b>Enzymatyczne środki do okresowego mycia maszyny papierniczej podczas postoju.</b> Zastosowanie enzymów umożliwia okresowe mycie maszyny papierniczej roztworami o obojętnym odczynie (pH około 7,0). Podczas tego mycia usuwane są osady pochodzenia organicznego.		Środki z grupy Buzyme

Enzymy znajdują zastosowanie w wielu obszarach działalności. Kanadyjskie Centrum Badawcze [10] wskazuje na 15 obszarów gospodarki i oczyszczania ścieków/odpadów, w których enzymy są lub mogą być stosowane. Jako pierwsze wymienia zastosowanie w produkcji masy papierniczej i papieru oraz oczyszczaniu ścieków.

T.W. Jeffris'a [6] opublikował badania, w których stwierdził, że zastosowanie enzymów do odbarwiania makulaturowej masy papierniczej (otrzymywanej z makulatury zadrukowanej) umożliwiło oddzielenie od włókien nawet do 95% cząstek tonerów.

Dzięki wprowadzeniu enzymów firma Olli Jokinen of Genencor International [4] uzyskała około 7%-owy wzrost prędkości maszyny papierniczej i odpowiednie do tego zwiększenie

wydajności. Ponadto, uległ wydłużeniu czas pracy maszyny pomiędzy postojami technologicznymi i poprawiła się czystość jej obiegu wodnego. Zastosowanie enzymów, wpłynęło na 7,5% obniżenie wskaźnika zużycia energii odniesionego do tony wytworzonego papieru.

## 5. Wykaz źródeł informacji

1. Enzymy (<http://pl.wikipedia.org/wiki/Enzymy>).
2. Pratima Bajpai „Application of Enzymes in the Pulp and Paper Industry”, *Biotechnol. Prog.*, 15 (2), 147-157, 1999.10.1021/bp990013k S8756-7938(99)00013-2 Web Release Date: March 13, 1999 (<http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/bipret/1999/15/i02/abs/bp990013k.html>).
3. Proposal of five enzyme applications in pulp and paper industry for BAT or Emerging Techniques – Raport Techniczny, opracowany w Technical University of Denmark we współpracy z firmą Novozymes A/S, 2010
4. Canada's Business and Consumer Site (<http://strategis.ic.gc.ca/epic/site/ind-dev.nsf/en/de00017e.html>).
5. Iogen Corporation, “Iogen in the News 2005”, Thomas W. Jeffris „Enzymatic Treatments of Pulps” ([http://www.ioген.ca/news\\_events/iogen\\_news/2005\\_06\\_30.html](http://www.ioген.ca/news_events/iogen_news/2005_06_30.html)).
6. Opportunities for the Enzyme Industry in Pulp and Paper Manufacture”, 2001 (<http://www2.biotech.wisc.edu/jeffries/wolnak/wolnak.html>).
7. Shukla O.P., Rai U.N., Subramanyam S.V.: „Biopulping and Biobleaching: An Energy and environment Saving Technology for Indian Pulp and Paper Industry”, *EnviroNews* Vol. 10, No. 2, April 2004 ([http://isebindia.com/01\\_04/04-04-3.html](http://isebindia.com/01_04/04-04-3.html)).
8. Iogen Corporation “Pulp & paper enzyme” ([http://www.ioген.ca/bio\\_products/pulp\\_paper/index.html](http://www.ioген.ca/bio_products/pulp_paper/index.html)).
9. Buckman Laboratories GmbH, oddział w Wiedniu, informacje pozyskane dla potrzeb opracowania.
10. Centre for Structural and Functional Genomics Concordia University, Montreal, Quebec, Canada (<https://fungalgenomics.concordia.ca/home/indappl.php>).