

## ВИКОРИСТАННЯ УМОВНОЇ В'ЯЗКОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЇ РОЗЧИНІВ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ НА СУБСТРАТ КОЛАГЕНУ

У статті розглянуто дослідження аналітичної залежності розрахунку зміни в'язкості та її перевірки за допомогою експериментальної залежності, для визначення дії розчинів ферментних препаратів на субстрат колагену. Одним з показників активності ферментів є в'язкість. Проведені дослідження пов'язані з визначенням умовної в'язкості субстрату колагену. У роботі використані різні розчини ферментних препаратів на основі електроактивованої (катодит, аноліт) та дистильованої води. Для аналітичного визначення зміни в'язкості, як ефективною дією розчинів ферментного препарату, потрібно визначити час витікання рідини крізь віскозиметр та кінетичну в'язкість речовини. Для цього використано формулу К. Майсснера для визначення середнього тиску. З метою перевірки отриманої аналітичної залежності проведено її порівняння з експериментальною залежністю коефіцієнта динамічної в'язкості дії розчинів ферментних препаратів на субстрат колагену та часом витікання рідини. Різниця між значеннями величини динамічної в'язкості, розрахованими за аналітичною та експериментальною залежностями, не перевищує 5%.

Ключові слова: ферментні препарати, в'язкість, субстрат колагену, електроактивована вода.

D.V. STATSSENKO

Kyiv national university of technologies and design

### USE OF THE RELATIVE VISCOSITY FOR ACTION DETERMINATION OF ENZYME PREPARATION SOLUTIONS ON COLLAGEN SUBSTRATE

*Abstract – The purpose of this study is to research analytic dependence calculation of viscosity change and to check it with assistance of experimental dependence to determine the enzyme preparation effect on collagen substrate. Viscosity is one of the enzyme activity characteristic. Studies related to determining the relative viscosity of collagen substrate took place. We used various solutions of enzyme preparations based on electro activated (catholyte, anolyte) and distilled water. For the analytical determination of viscosity change as the effective action of enzyme preparation solutions, we need to determine flow time through the viscometer and the kinetic viscosity of the substance. Formula of medium pressure determination by K. Majssner used.*

*To verify the analytical dependences carried out its comparison with the experimental dependence of the dynamic viscosity coefficient action of enzyme preparation solutions on the collagen substrate and substance flow time. The difference between the values of dynamic viscosity calculated by analytical and experimental dependencies don't exceed 5%.*

*Keywords: enzyme preparations, viscosity, collagen substrate, electroactivated water.*

#### Вступ

З метою дослідження дії ферментів на субстрат колагену використовуються різноманітні методи визначення в'язкості рідин. Відомо, що одним з показників активності ферментів є в'язкість [1, 2]. Структура ферменту представляє собою білкову речовину, яка має у своєму складі особу структуру – активний центр, а у деяких випадках – простетичну групу [1].

В'язкість є мірою інтенсивності дисипації роботи, що витрачається для підтримки витікання рідин. Дане інтегральне визначення в'язкості відноситься як до однорідних, так і до гетерогенних середовищах і не пов'язано з молекулярно-кінетичним представленням будови рідин або механізму їх перебігу. Використання такого визначення дозволяє за результатами даних роботи надати деяку усереднену, за об'ємом дослідженого зразка, характеристику властивостей його в'язкості. При цьому досліджений матеріал розглядається як суцільне середовище [3]. За законом Ньютона для внутрішнього тертя в'язкість визначається за допомогою коефіцієнта пропорційності  $\eta$  між напруженням зсуву  $\tau$  і градієнтом швидкості руху  $\frac{du}{dy}$  у перпендикулярному до деформації зсуву напрямку:

$$t = h \cdot \frac{du}{dy}, \quad (1)$$

$\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості або абсолютна в'язкість. Одиниця вимірювання коефіцієнта динамічної в'язкості – Па·с [4].

Методи вимірювання в'язкості, їх класифікації засновані на різних математичних залежностях, що описують різні види витікання рідин. Вимірюють в'язкість за допомогою різних типів віскозиметрів. Коефіцієнт кінематичної в'язкості  $\nu$  є відношенням коефіцієнта динамічної в'язкості до густини речовини

$$n = \frac{h}{r} \quad (2)$$

Одиниця вимірювання коефіцієнта кінематичної в'язкості – м<sup>2</sup>/с. Коефіцієнт  $\nu$  виражається величинами, які мають кінематичний характер.

Велике практичне значення вимірювань в'язкості різноманітних рідин призвело до того, що з'явилася велика кількість експериментальних методів визначення  $\eta$  або  $\nu$ . Всі ці методи поділяються на дві

категорії – умовні та абсолютні. Використовуючи умовні методи вимірюють різні стандартизовані показники, які корелюють з абсолютними значеннями в'язкості. За абсолютними методами в'язкість розраховують, виходячи з вимірних інтегральних характеристик потоку та відомих рішень відповідних гідродинамічних задач, при цьому коефіцієнт в'язкості – константа [3–5].

#### Постановка завдання

Метою даної роботи є дослідження аналітичної залежності розрахунку зміни в'язкості та її перевірки за допомогою експериментальної залежності, для визначення дії розчинів ферментних препаратів на субстрат колагену.

#### Результати досліджень

Проведені досліди пов'язані з визначенням умовної в'язкості субстрату колагену. У роботі використані різні розчини ферментних препаратів на основі електроактивованої (католіт, аноліт) та дистильованої води. Результати цих досліджень будуть відображати деструкційну дію розчинів ферментних препаратів на субстрат колагену.

В роботі використана речовина «Геліос-12» в якості субстрату колагену, речовина являє собою високомолекулярний, волокнистий яловичий білок, який отримують з очищеної колагенової тканини тварин за допомогою спеціальної технології. Характеристика даної речовини наведена у табл. 1 [6]. Даний субстрат колагену після обробки представляє собою речовину, яка складається з рідинної та твердої фази і є напівтвердим тілом. Для його деструкції використовувались декілька розчинів ферментних препаратів, з активністю 270 од./мг білка та 10 од./мг.

Таблиця 1

Характеристика субстрату «Геліос-12»

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Порошкоподібний однорідний продукт
Колір	Світло-кремовий, однорідний по всій масі
Запах	Характерний для даного продукту, не допускається наявність стороннього запаху
Смак	Властивий даному продукту
Величина рН водної витяжки (1% р-н)	6,5–8
Масова доля сухої речовини, % не менше	95±2
Масова доля білка, % не менше	93±2
Масова доля жиру, % не більше	2
Масова доля золи, % не більше	2
Масова доля вологи, % не більше	8
Сторонні домішки	Не допускаються
Розчинність у воді	Однорідна маса, яка не містить грудок

Для аналітичного визначення зміни в'язкості, як ефективної дії розчинів ферментного препарату на основі електроактивованої (католіт, аноліт) та дистильованої води, потрібно визначити час витікання рідини крізь віскозиметр та кінетичну в'язкість речовини. Для цього використано формулу К. Майснера для визначення середнього тиску

$$\bar{P} = \frac{(h_1 - h_2) \cdot \rho \cdot g}{\ln h_1 - \ln h_2}, \quad (3)$$

де  $h_1$  та  $h_2$  – початкова та кінцева висота рідини,  $\rho$  – густина,  $g$  – прискорення вільного падіння [4].

На рис. 1. схематично зображено визначення в'язкості за допомогою віскозиметра.

Для визначення в'язкості використаємо формулу закону Пуазейля:

$$Q = \frac{p \cdot r^4 \cdot (P_1 - P_2)}{8 \cdot h \cdot L}, \quad (4)$$

де  $Q$  — об'єм флюїду, що протікає в одиницю часу через капіляр радіусом  $r$  та довжиною  $L$  при різниці тисків на кінцях капіляра  $P_1$  та  $P_2$ ,  $\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості.

Виразивши з вищенаведеної формули коефіцієнт в'язкості, отримаємо наступне рівняння:

$$h = \frac{p \cdot r^4 \cdot \bar{P}}{8 \cdot L \cdot Q} \quad (5)$$

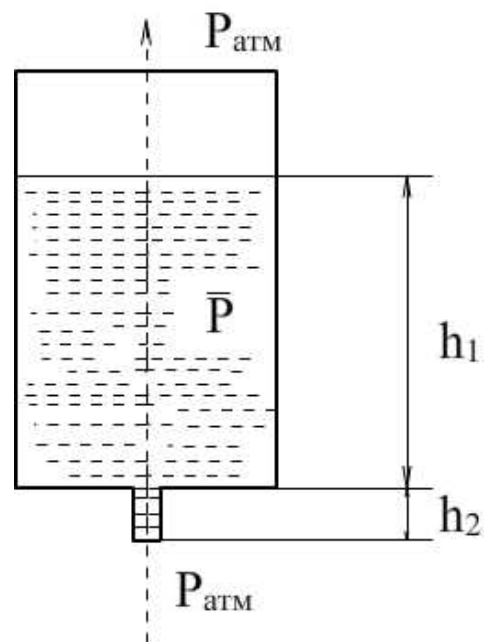


Рис. 1. Схема визначення середнього тиску

Підставивши з рівняння Майсснера (3) показник середнього тиску у рівняння (5) отримаємо:

$$h = \frac{p \cdot r^4 \cdot (h_1 - h_2) \cdot r \cdot g}{8 \cdot L \cdot Q \cdot (\ln h_1 - \ln h_2)} \quad (6)$$

Об'ємну швидкість витікання рідин визначають за наступною формулою:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{p \cdot R^2 \cdot (h_1 - h_2)}{t}, \quad (7)$$

де  $\tau$  – час витікання рідини крізь віскозиметр;  $R$  – радіус посудини над капіляром.

Підставивши рівняння (7) у (6) отримаємо формулу зв'язку динамічної в'язкості та часу витікання рідини:

$$h = \frac{t \cdot r^4 \cdot r \cdot g}{8 \cdot L \cdot R^2 \cdot (\ln h_1 - \ln h_2)} \quad (8)$$

За допомогою вищенаведених формул можна визначити залежність коефіцієнту динамічної в'язкості дії розчинів ферментних препаратів на основі електроактивованої та дистильованої води на субстрат колагену "Геліос-12" від часу витікання рідини.

З метою перевірки отриманої аналітичної залежності (8), визначення в'язкості розчинів субстрату, проведена її порівняння з експериментальною залежністю коефіцієнта динамічної в'язкості дії розчинів ферментних препаратів на основі електроактивованої та дистильованої води на субстрат колагену "Геліос-12" та часом витікання рідини.

В роботі для вимірювання в'язкості використовувався віскозиметр металевий ВЗ-246, він слугує для визначення умовної в'язкості (часу витікання) бітумів, лакофарбові матеріалів і продуктів що відносяться до них – ньютонівських або наближених до них рідин у відповідності стандарту [7]

Прилад представляє собою циліндр з соплом, яке має форму воронки. Принцип дії віскозиметра засновано на визначенні часу витікання визначеного об'єму рідини що досліджується крізь отвір сопла. Прилад має наступні робочі параметри: радіус капіляру  $r = 1$  мм, радіус посудини над капіляром  $R = 15$  мм.

Розчин заливали у віскозиметр притримуючи нижній отвір, щоб не витікала дослідна суміш. Потім настраювали секундомір і коли відкривали нижній отвір, щоб витікала рідина, то паралельно вмикали і секундомір. Інші параметри для визначення умовної в'язкості:  $h_1 = 45$  мм,  $h_2 = 5$  мм,  $L = 45$  мм.

Для проведення порівняльного аналізу використано формулу (8) і формули, які наведені в літературі [8].

$$h = 7.4 \cdot 10^{-7} \cdot BV_t, \quad (9)$$

де  $BV_t$  – умовна в'язкість.

Динамічна в'язкість, МПа/с



Рис. 2. Залежність динамічної в'язкості  $\eta$  від часу витікання  $\tau$ : 1 – експериментальна залежність; 2 – теоретична залежність

У свою чергу  $BV_t$  може бути представлена як відношення часу витікання речовини, що

досліджується до часу витікання такого самого об'єму технічної води.

$$BY_t = \frac{t_o}{t_{me}} \quad (10)$$

Підставивши дані у формулу (9) та порівнявши отриману залежність з результатами, отриманими у рівнянні 8, отримаємо наступний рис. 2.

Як видно з рис. 2, аналітична і експериментальна залежності мають лінійну форму. Різниця між значеннями величини динамічної в'язкості розрахованих за аналітичною (8) та експериментальною (9) залежностями, не перевищує 5 %.

#### Висновки

Результати отримані в даній роботі свідчать про те, що наведена аналітична залежність розрахунку в'язкості може бути використана для визначення дії розчинів ферментних препаратів на субстрат колагену. При цьому виходячи з даних, наведених на рис. 2, різниця між значеннями величини динамічної в'язкості, розрахованими за аналітичною та експериментальною залежностями, не перевищує 5 %.

#### Література

1. Шестакова И.С. Ферменты в кожевенном и меховом производстве / Шестакова И.С., Моисеева Л.В., Миронова Т.Ф. – М. : Легпромбытиздат, 1990.
2. Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха : учебное пособие для вузов / [Головтеева А.А., Куциди Д.А., Санкин Л.Б.]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – С. 51–52
3. Левицкий Б.Ф. Гидравлика : [загальний курс] / Б.Ф. Левицкий, Н.П. Лещій. – Львів : Світ, 1994. – 264 с.
4. Малкин А.Я. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения / А.Я. Малкин, А.Е. Чалых.– М. : Химия, 1979. – С. 6–73.
5. Константінов Ю.М. Технічна механіка рідини і газу : [підручник] / Ю.М. Константінов, О.О. Гіжа. – К. : Вища школа, 2002. – 277 с.
6. [http://www.tomig.com.ua/products/gelios\\_11](http://www.tomig.com.ua/products/gelios_11)
7. Вискозиметры для определения условной вязкости лакокрасочных материалов. Технические условия : ГОСТ 9070-75 (действующий).
8. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : [учеб. пособие для вузов] / Мановян А.К. – [2-е изд.]. – М. : Химия, 2001. – С. 123.

#### References

1. I.S. Shestakova, L.V. Moiseeva and T.F. Mironova, Fermenty v kozhevennom i mehovom proizvodstve. M. : Legprombytizdat, 1990.
2. A.A. Golovteeva, D.A. Kucidi and L.B. Sankin, Laboratornyj praktikum po himii i tehnologii kozhi i meha. Uchebnoe posobie dlja Vuzov. M. - Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1982. pp. 51-52
3. B.F. Levyc'kyj and N.P. Leshchij, Hidravlika. Zagal'nyj kurs. L'viv: Svit, 1994. - pp. 264.
4. A.Ja. Malkin and A.E. Chalyh, Diffuzija i vjazkost' polimerov. Metody izmerenija. M.: Himija, 1979. pp. 6-73.
5. Ju.M. Konstantinov and O.O. Gizha, Tehnichna mehanika ridyny i gazu. Pidruchnyk, K.: Vyshcha shkola, 2002. pp. 277
6. [http://www.tomig.com.ua/products/gelios\\_11](http://www.tomig.com.ua/products/gelios_11)
7. Viskozimetry dlja opredelenija uslovnoj vjazkosti lakokrasochnyh materialov. Tehnicheskie uslovija: GOST 9070-75 dejstvujushhij
8. A.K. Manovjan, Tehnologija pervichnoj pererabotki nefiti i prirodnoho gaza. Ucheb. posobie dlja vuzov. 2-e izd. M.: Himija, 2001. - pp. 123

Рецензія/Peer review : 12.3.2013 р.

Надрукована/Printed :21.4.2013 р.