

УДК [577.15:547.458.88]: [602.4:664.8]

## ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОСТІ ПЕКТОЛІТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ФЕРМЕНТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОМЕТОКСИЛЬОВАНОГО ПЕКТИНУ

Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор, Сторожук В.М., канд. техн. наук, доцент,  
Нікітчина Т.І., канд. техн. наук, доцент, Мілєва І.С., студент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Досліджена активність пектолітичного комплексу ферментів рослинної сировини, яка використовується для виробництва консервованих продуктів, що дозволяє розробити біотехнологічні прийоми для одержання низькометоксильованого пектину з потрібним ступенем етерифікації безпосередньо на консервному підприємстві.*

*Investigated the activity of pectinase enzyme complex plant material used for the production of canned products, allowing you to develop biotechnological methods to produce nyzkometoksylovanoho pectin with the desired degree of esterification directly to the cannery.*

Ключові слова: ферменти, пектинові речовини, ступінь етерифікації, біотехнологія, консервовані продукти.

Пектин (від грецького слова «Pektos») знаходиться в клітинних стінках фруктів і овочів, здатний утворювати гелі з цукром та кислим фруктовим соком. У плодах знаходяться три основні форми пектинових речовин: протопектин, пектин та пектинати, які утворюють гелі в різних умовах. Більшість пектинових речовин знаходяться в плодах у вигляді високометоксильованих пектинів, зі ступенем етерифікації 62 – 80 %. Такі пектини утворюють гелі тільки при наявності в розчині цукру 60 – 65 % та при наявності органічних кислот, які створюють рН 2,8 – 3,2.

Низькометоксильовані пектини (пектинати) утворюють гелі навіть без цукру, в широкому інтервалі рН від 3 до 7, але при наявності в розчині солей багатовалентних металів, на практиці використовують кальцієві солі органічних кислот. Низькометоксильовані пектини (НМП) розчинні у воді при відсутності або при низьких концентраціях двовалентних іонів. У визначених межах концентрації кальцію вони утворюють студні, але при концентрації кальцію чи магнію, що зростає, НМП осаджуються у гранульованій формі [3, 4].

Промисловий низькометоксильований пектин дорожчий від високометоксильованого, тому його використання обмежене через високу собівартість продукту.

Отримати НМП можна, використовуючи рослинну сировину, яка містить активну пектинметилестеразу. Пектинметилестераза (ПМЕ) гідролізує складноєфірні зв'язки високометоксильованого пектину і перетворює його в низькометоксильований пектин.

Метою роботи стало дослідження активності пектолітичного комплексу ферментів рослинної сировини для регулювання фазового стану рідких водних систем консервованих продуктів.

Об'єктами у лабораторних і виробничих дослідженнях стали різні види листя вищих рослин та шкірочки овочевої і фруктової сировини: подорожника, люцерни, конюшини, вишні, яблуні, шкірочки хурми, гарбуза, яблука, груш, ківі, журавлини, альbedo цитрусових із використанням лактату кальцію ( $2(C_3H_5O_3)Ca$ ) – кальцієвої солі молочної кислоти (кальцій молочнокислий), як джерела іонів кальцію [6].

Для характеристики свіжих фруктів і ягід та продуктів їхньої переробки (шкірочки), а також листя подорожника, люцерни, конюшини, вишні, яблуні проводилися хімічні та фізико-хімічні аналізи з них: визначення масової частки пектину, водорозчинного і водонерозчинного визначали титрометричним методом згідно з ГОСТ 29059-91 [5]; відносну в'язкість пектинових екстракту і концентрату визначали за допомогою віскозиметра Оствальда діаметром капіляра 0,6 мм [5]; визначення активності пектинметилестерази за методикою [7, 8].

В якості джерела отримання ПМЕ використовували листя подорожника, люцерни, конюшини, вишні, яблуні та шкірочки овочевої і фруктової сировини: хурми, гарбуза, яблука, груш, ківі, журавлини, альbedo апельсина (від лат. albus — білий через білу губчасту структуру у зрілих плодів), які мають комплекси пектолітичних ферментів, у тому числі пектинметилестеразу. Досліджувалась активність їхніх витягів і самого листя рослин.

На активність пектолітичних ферментів впливають умови досліду - температура (рис. 1), рН (рис. 2), присутність іонів кальцію (рис. 3).

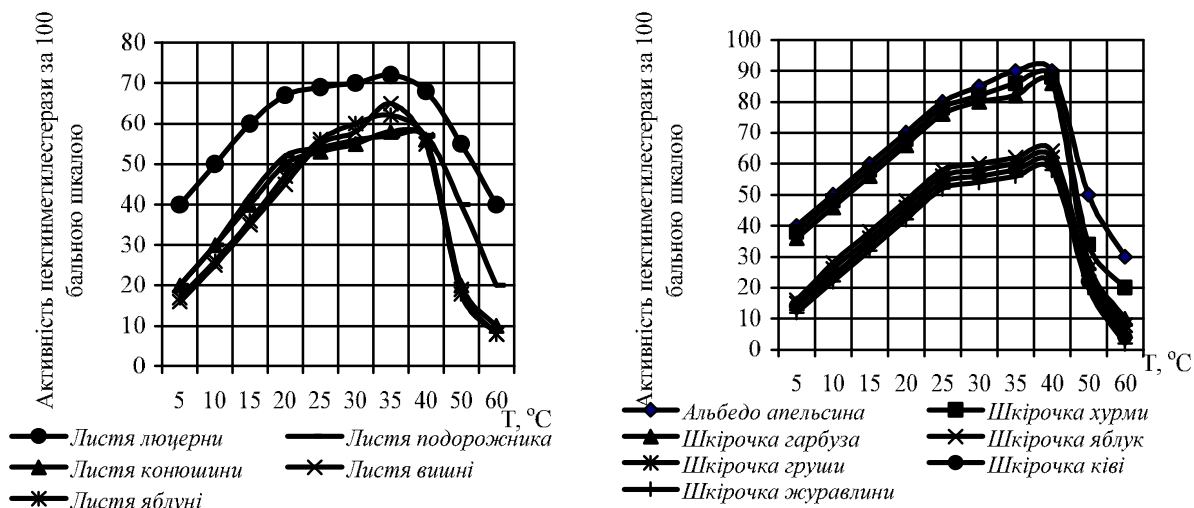


Рис. 1 – Вплив температури на активність пектолітичних ферментів рослинної сировини (субстрат – яблучний пектин зі свіжих яблучних вичавок)

Дослідження показали, що найвища пектинметилестеразна активність спостерігалася у всіх листьях при температурі 30 – 40 °С, інактивація ферментів починається з 50 °С. Пектинметилестераза листья люцерни, альbedo цитрусових, шкірочки хурми та гарбуза проявляють у 100 раз швидше свою гідролізувальну дію на пектин, ніж листья інших досліджуваних рослин.

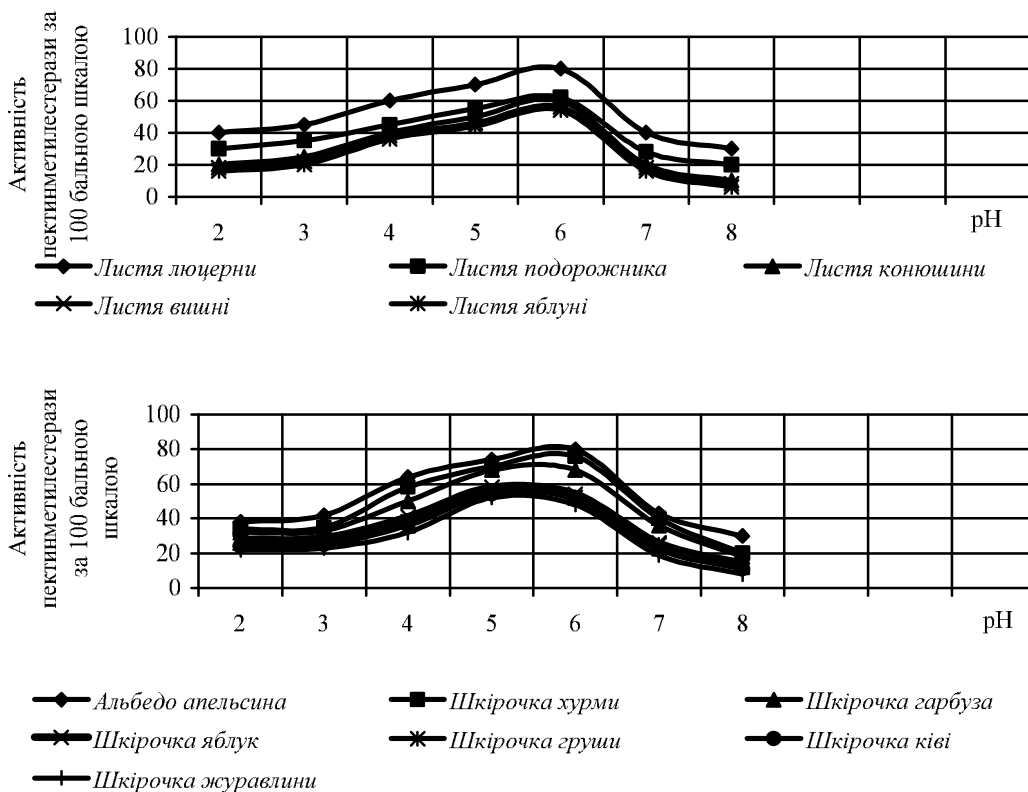
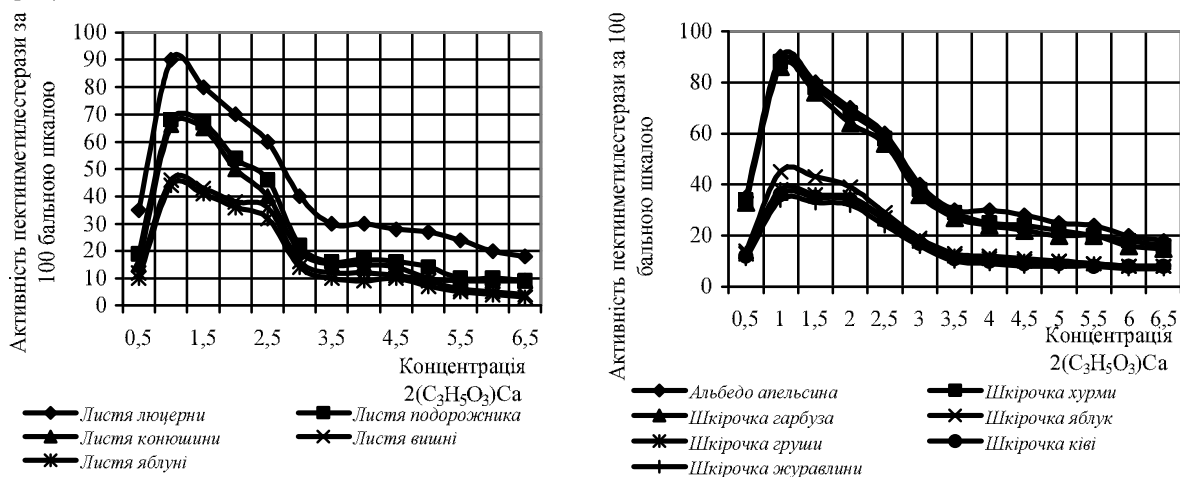


Рис. 2 – Вплив активної кислотності на активність пектолітичних ферментів рослинної сировини (субстрат – яблучний пектин зі свіжих яблучних вичавок)

Оптимальне рН для пектинметилестерази вищих рослин лежить у межах 4,5 - 6,0. Швидкість дії на субстрат проявляється краще при рН 5,5.

Найкращий результат одержували при додаванні у суміш ферментного препарату і 1 % лактату кальцію, що дорівнює 50 мг кальцію у розчині. Така масова частка солі дозволяє активувати пектинметилестеразу.



**Рис. 3 – Вплив концентрації солей кальцію на активність пектолітичних ферментів рослинної сировини (субстрат – яблучний пектин зі свіжих яблучних вичавок)**

Одночасно досліджували полігалактуроназну активність обраної рослинної сировини. Визначили, що полігалактуроназна активність листя люцерни, альbedo цитрусових, шкірочки з гарбуза та хурми на 20 % і 30 % нижча від такої ж активності у листя інших вищих рослин та шкірочки овочевої і фруктової сировини відповідно табл. 1.

**Таблиця 1 – Активність пектолітичного комплексу ферментів рослинної сировини**

Сировина	Пектолітична активність, за 100 бальною шкалою	
	пектинметилестеразна	полігалактуразна
Листя люцерни, альbedo цитрусових, шкірочки гарбуза, хурми	86-89	21-24
Листя подорожника, вишні, шкірочки журавлини, ківі	76-79	36-38
Листя конюшини, яблуні, шкірочка яблуні та груши	64-71	46-49

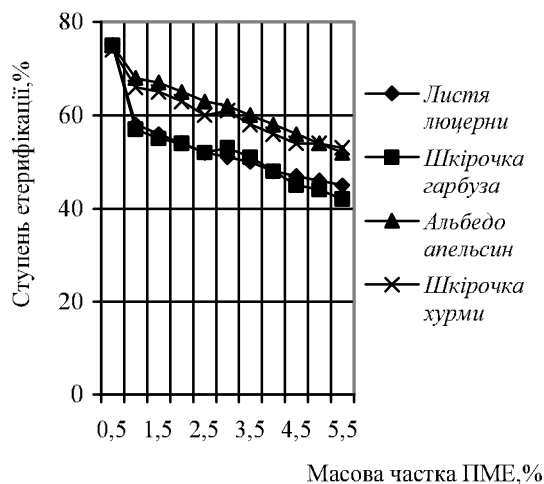
Вміст пектинових речовин у різних фруктах і ягодах не однаковий. Досліджували сировину: груші мали загальний пектин – 0,7 %, водорозчинний – 0,36 %; яблука – 1,5 % та 0,72 %; журавлина – 1,5 % та 0,68 %; гарбуз – 0,95 % та 0,58 %; апельсин – 0,98 % та 0,29 %; ківі – 0,59 % та 0,38 % відповідно, де ступінь етерифікації пектину у сировині склав 72 – 76 %.

Співвідношення між формами пектину в різних видів і сортів сировини неоднаковий і залежить від стадії зрілості. У незрілих видах більше протопектину, в перезрілих переважає розчинний пектин. Сировина в стадії технічної зрілості характеризується вмістом протопектину в середньому біля 50 % від загального його вмісту.

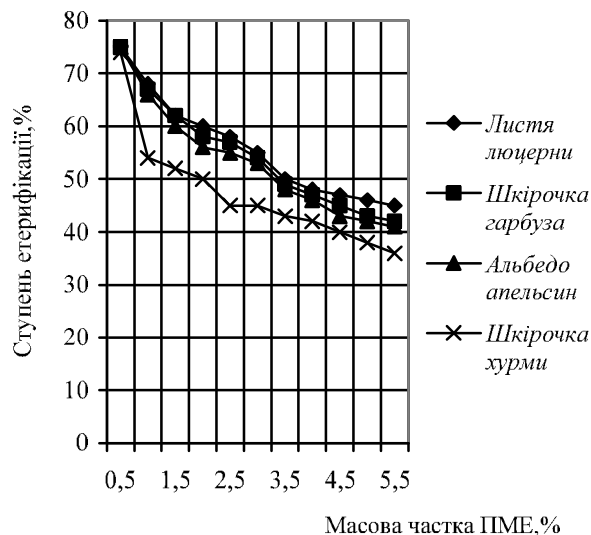
Нерозчинний протопектин при нагріванні в кислому середовищі перетворюється в розчинний пектин. Проте надмірний нагрів призводить до подальшого гідролізу, укороченню ланцюга полігалактуронової кислоти і відщепленню метилового спирту. При цьому пектин втрачає студнеутворювальні властивості. Такий процес наявний, наприклад, у виробництві різних видів концентрованої фруктової продукції.

Використання пектолітичного ферментативного комплексу рослинного походження дозволяє запобігти термічній деструкції пектину і одержувати концентровані пюре високої якості з підвищеним вмістом біологічно активних речовин.

Кількість ферментативної витяжки визначали за зміною ступеня етерифікації пектину у плодовоовочевих пюре (рис.4 – 6).



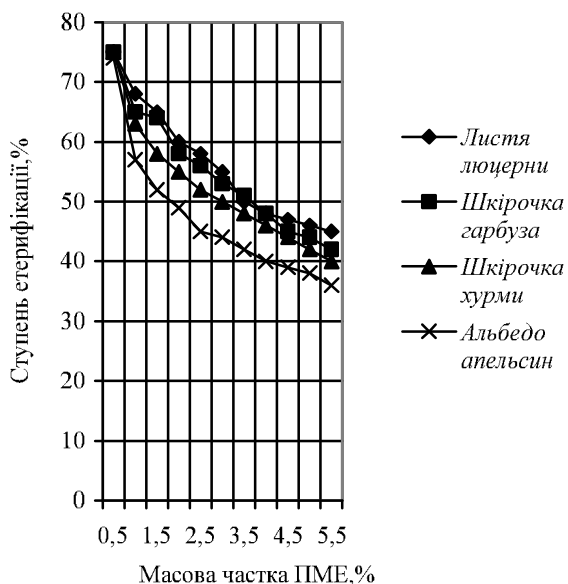
**Рис. 4 – Вплив масової частки пектинметилестерази на зміну ступеня етерифікації пектину фруктового пюре з яблук**



**Рис. 5 – Вплив концентрації солей кальцію на активність пектолітичних ферментів рослинної сировини (субстрат – яблучний пектин зі свіжих яблучних вичавок)**

Найкращі результати за зниженням ступеня етерифікації пектинових речовин у яблучному пюре у зразках із використанням листя люцерни і шкірочки гарбуза. Оптимальна кількість ферментного препарату подрібненого листя люцерни і шкірочки гарбуза складає 3,5 %, що дає змогу знизити ступінь етерифікації до 50 % пектину яблучного пюре. Такий ступінь етерифікації пектину забезпечує загуснення з невеликою кількістю цукру в готовому продукті.

Зниження ступеня етерифікації пектинових речовин у грушевому пюре суттєво у зразках із використанням шкірочки хурми. Оптимальна кількість ферментного препарату складає не більше 3,5 %, що дає змогу знизити ступінь етерифікації до 45 % пектину грушевого пюре.



**Рис. 6 – Вплив масової частки пектинметилестерази на зміну ступеня етерифікації пектину фруктового пюре з журавлини**

Зміна ступеня етерифікації пектинових речовин у журавлиновому поре найкраща у зразках із використанням альbedo апельсину. Оптимальна кількість ферментного препарату подрібненого альbedo складає 3,5 %, що дає змогу знизити ступінь етерифікації до 52 % пектину журавлиного поре.

Аналіз експериментальних даних активності ПМЕ у досліджуваній рослинній сировині, їхнє співвідношення і зміна в процесі варіювання технологічних режимів дозволяє створити такий ряд: шкірочка хурми > листя люцерни > шкірочка гарбуза > альbedo апельсину та обрати їх, як джерела природної пектинметилестерази.

Дослідження активності пектолітичного комплексу ферментів рослинної сировини дозволяють розробити біотехнологічні прийоми для одержання НМП із потрібним ступенем етерифікації безпосередньо на консервному підприємстві без жорстких традиційних технологічних режимів.

#### Література

1. Дьяконова, А.К. Структурообразователи в производстве консервированных продуктов [Текст] / А.К. Дьяконова, А.Т. Безусов // Монография. – Одесса: Из-во «Optimum». – 2006. – 249 с.
2. Коваленко А.В. Технология препарата пектинметилэстеразы томатов: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.20 / А.В. Коваленко. – Одесса, 1997. – 149 с. – Библиогр. : с. 132–149.
3. Голубев, В.Н. Пектин: химия, технология, применение [Текст] / В.Н. Голубев, Н.П. Шелухина. – М., 1995. — 317 с.
4. Пектин Производство и применение [Текст] / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. – К.: Урожай, 1989. – 88 с.
5. ГОСТ 29059-91 Продукты переработки плодов и овощей. Определения прозрачности соков и экстрактов и содержания в них пектина. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – С.14.
6. Арасимович, В.В. Методы анализа пектиновых веществ, гемицеллолоз и пектолитических ферментов в плодах [Текст] / В.В. Арасимович, С.В. Балтага, Н.П. Пономарева. – Кишинев.: Ред. – издат. отдел АН МССР, 1970. – С. 71.
7. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений [Текст] / Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 223 – 225.
8. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений [Текст] / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, И.К. Мурри. – М.: Воагропромиздат, 1987. – 430 с.

УДК 664.859.4:66-963

## ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

<sup>1</sup>Пахомова К.Ю., аспірантка, <sup>2</sup>Верхівкер Я.Г., д-р техн. наук, професор,  
<sup>3</sup>Дашковський Ю.О., канд. техн. наук, <sup>4</sup>Стоянова Л.Ю., канд. техн. наук  
<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій, м. Київ  
<sup>2</sup>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса  
<sup>3</sup>Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ

<sup>4</sup>Одеський інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

*У статті наведено результати досліджень щодо впливу гідродинамічної обробки рослинної сировини (ягід чорниці та чорної смородини) на зміни кількісного та якісного складу сполук поліфенольного комплексу та вітаміну С. Проведено порівняльний аналіз утрат сировини та її БАП при виготовленні гомогенізованого продукту на установках типу ТЕК-СМ та за класичною схемою.*

*The results of studies on the influence of hydrodynamic processing of plant material (blueberries and black currants) on quantitative and qualitative changes of polyphenolic compounds complex and vitamin C were presented. Was conducted a comparative analysis of the costs of raw materials and its biologically active substances in the manufacture homogenized product in devices such as TEK-CM and the classical scheme.*

Ключові слова: гідродинамічна обробка, антирадикальний вплив, антиоксиданти, поліфеноли, вітамін С.

Погіршення екологічного стану навколишнього середовища викликає погіршення здоров'я населення в цілому. Одним із основних факторів екологічного стану, що призводить до негативних змін в організмі людини, є вільні радикали, пошук захисту від яких – актуальна проблема сьогодення. Як