

## OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS FOR EXTRACTING PECTINS FROM POTATOES

**H. Pastukh, O. Hrabovska**

*National University of Food Technologie*

**V. Miroshnik**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

---

**Key words:**

Pectin  
Potato pulp  
Optimal parameters  
Acid hydrolysis  
The plan of the experiment

**Article history:**

Received 02.04.2013  
Received in revised form  
10.04.2013  
Accepted 20.05.2013

**Corresponding author:**

H. Pastukh  
E-mail:  
slivochka@yandex.ua

---

**ABSTRACT**

The paper presents the research results of methods for extracting pectin from potato pulp, which is the waste product of starch production from potatoes. The technological conditions of hydrolysis of raw potato have been studied. The generalized study was conducted by planning the experiment. The results of the study were analysed and considered; statistical processing of experimental data was performed; optimum technological conditions for obtaining pectin from potato were determined.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИЛУЧЕННЯ ПЕКТИНУ З КАРТОПЛІ

**Г.С. Пастух, О.В. Грабовська**

*Національний університет харчових технологій*

**В.О. Мірошник**

*Національний університет біоресурсів та природокористування*

*В статті наведено результати дослідження способів вилучення пектину з картопляної мезги, відходу виробництва крохмалю з картоплі. Вивчено технологічні умови гідролізу картопляної сировини. Шляхом планування експерименту було проведено узагальнені дослідження, проаналізовано та враховано їх результати, проведено статистичне оброблення експериментальних даних, визначено оптимальні технологічні умови одержання пектину з картоплі.*

**Ключові слова:** *пектин, картопляна мезга, оптимальні параметри, кислотний гідроліз, план експерименту.*

Пектин — один з найбільш розповсюджених полісахаридів, що міститься у рослинній сировині — плодах, овочах, корене- та бульбоплодах. Пектинові речовини разом з целюлозою, геміцелюлозами, білками, лігніном формують клітинні стінки рослин. Масова частка пектинових речовин у рослинних матеріалах коливається у широких межах: від 0,5 до 40 %.

Пектинові речовини здійснюють комплексний вплив на організм людини: блокують всмоктування стабільних і радіоактивних металів на рівні шлунково-кишкового тракту, сприяють виведенню їх з організму, мають антиоксидантну дію, стимулюють виведення з організму ксенобіотиків, зокрема пестицидів, нормалізують рівень холестерину, підвищують стійкість організму до алергії, покращують обмін речовин. Давно відома здатність пектину формувати міцні драгли, надавати стійкості емульсіям, загушувати харчові маси.

Незважаючи на необмежені сировинні ресурси пектин в Україні не виробляється, а імпортується з Європи. Вартість його на світовому ринку сягає 15 доларів США за кілограм, що не дає можливості в достатній кількості використовувати його у продуктах оздоровчого призначення з метою профілактики захворювань та для виробництва пастило-мармеладних, желейних виробів, джемів, консервів. Вирішити проблему нестачі в Україні пектину, можна впровадженням його власного виробництва із дешевої вітчизняної сировини.

Значна частина рослинної сировини при виготовленні харчових продуктів іде у відходи, зокрема, картопляна мезга — відхід виробництва крохмалю з картоплі — містить значну частину біологічно активних речовин, включаючи пектин (масова частка пектину 2...5,4 %).

Метою роботи було дослідити способи вилучення пектину з картопляної мезги, вивчити його властивості і, шляхом математичного оброблення дослідних даних, встановити оптимальні технологічні параметри процесу кислотного гідролізу сировини.

Шляхом планування експерименту було проведено серію досліджень щодо вилучення пектину з картопляної мезги, проаналізовано та враховано їх результати, проведено статистичне оброблення експериментальних даних.

Вилучення пектину здійснювали шляхом кислотного гідролізу картопляної сировини, екстрагування, відокремлення пектинового екстракту, осадження пектинового коагуляту етанолом, висушування та подрібнення готового пектину. Дослідним шляхом було встановлено, що для гідролізу сировини слід використовувати мінеральну хлоридну кислоту порівняно з органічними кислотами.

Проте, за допомогою одного змінного фактору (локального критерію) неможливо повністю описати досліджуваний процес [1, 3, 5]. Для вирішення задачі оптимізації доцільним було встановити сукупний вплив усіх трьох чинників, а саме рН (% кислоти до маси гідролізної суміші), тривалості та температури гідролізу, на процес вилучення пектину. Для цього використовували узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити декілька обраних локальних критеріїв оптимальності [1, 3, 4, 5]:

$$F = \prod_{i=1}^n f_i'(x)^{\lambda_i} \rightarrow \max \quad (1)$$

де:  $f_i'(x)$  — локальні критерії оптимальності в безрозмірній формі;  $\lambda_i$  – вагові коефіцієнти,  $i = 1 \dots 3$ .

Для оцінки ефективності процесу вилучення пектину з картопляної мезги в якості основних факторів, що впливають на процес, було обрано наступні локальні критерії (в натуральній формі):

$f_1(x)$  – масова частка кислоти, %;

$f_2(x)$  – тривалість процесу гідролізу, хв.;

$f_3(x)$  – температура процесу, °С;

При виборі області проведення експерименту, а саме рівнів факторів та інтервалів їх варіювання враховували результати попередніх досліджень та літературні дані.

Розв'язання задачі оптимізації передбачає розроблення математичної моделі, яка б адекватно виражала залежність вихідних параметрів процесу (виходу пектину) від вхідних факторів (концентрації кислоти; тривалості гідролізу; температури процесу). Для розроблення математичної моделі нами був обраний центральний композиційний ротатабельний план другого порядку, рівні факторів та інтервали варіювання якого представлені в таблиці. Експеримент здійснювали за певним планом — попередньо складеним оптимальним алгоритмом зміни факторів, реалізація якого дозволяє здійснити комплексний вплив на стан об'єкта дослідження [1, 5]. План експерименту був складений таким чином, щоб порядок проведення дослідів був рандомізований (випадковий), всі досліді виконувались у трьох повтореннях.

*Таблиця. Рівні факторів та інтервали варіювання*

Рівні факторів	Температура процесу, °С	Кількість кислоти, % до гідролізної маси	Час гідролізу, хв
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нижній рівень	48	0,7	50
Основний рівень	60	1,3	75
Верхній рівень	72	1,9	100
Інтервал варіювання	12	0,6	25
Рівень — $\alpha$	40	0,3	33
Рівень + $\alpha$	80	2,3	117

Гідроліз сировини здійснювали у водяному термостаті, що забезпечував сталість температури протягом процесу, при періодичному перемішуванні. Картопляну мезгу змішували з розчином хлоридної кислоти, попередньо підігрітим до температури гідролізу. Концентрацію розчину кислоти, як гідролітичного чинника, розраховували залежно від заданого значення рН гідролізної суміші, та з урахуванням гідромодуля гідролізу. У наукових працях дослідників доведено переваги проведення гідролізу при низьких значеннях гідромодуля [2]. Гідромодуль гідролізу, який визначається співвідношенням маси кислотного розчину до маси взятої на гідроліз картопляної сировини, задавали рівним 2.

Наважку промитої сировини масою 100 г вологістю 70 %, зважену на вагах з точністю до 0,01 г, заливали водою температурою 25...30 °С для забезпечення заданого гідромодуля і перемішували.

Через 10 хв. відокремлювали рідку фазу, сировину віджимали і переносили у термостійкий стакан, куди доливали 200 мл розчину хлоридної кислоти певної концентрації відповідно до заданого рН (згідно плану експерименту). Тривалість процесу гідролізу починали відраховувати з моменту досягнення заданої температури гідролізної суміші.

Після гідролізу суміш віджимали за допомогою капронової серветки. Екстракт нейтралізували розчином гідроксиду амонію до значення рН 4...5. Одержаний екстракт охолоджували до температури 20 °С, відбирали 100 мл і проводили коагуляцію пектинових речовин за допомогою етилового спирту. Для цього у хімічний стакан наливали 200 мл етилового спирту міцністю не менше як 96 % об., а потім тоненькою цівкою при повільному перемішуванні — 100 мл пектинового екстракту. Суміш залишали у спокої на 0,5 год. для формування пектинового коагуляту.

Під час процесу коагуляції спостерігали утворення стійкого осаду гідроколоїду, що спливав на поверхню рідини.

Після додаткового промивання етанолом отриманий зразок пектину висушували при кімнатній температурі та подрібнювали.

Вихід цільового продукту (%) розраховували відносно до маси сухих речовин (СР).

Обробка експериментальних даних, вибір рівнянь, розрахунок та уточнення коефіцієнтів цих рівнянь здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2000 з використанням методу найменших квадратів. В результаті було отримано наступне рівняння локальних критеріїв оптимізації (в натуральних значеннях факторів).

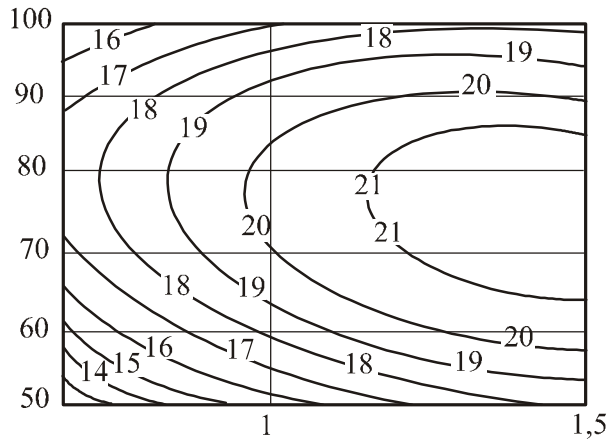
$$FF(x_1, x_2, x_3) = -154,74 + 2,69 \cdot x_1 + 31,66 \cdot x_2 - 3,32 \cdot 10^{-3} \cdot x_1 \cdot x_3 + \quad (2) \\ + 1,33 \cdot x_3 - 1,1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,36 \cdot 10^{-2} \cdot x_1^2 - 8,21 \cdot x_2^2 - 6,55 \cdot 10^{-3} \cdot x_3$$

За допомогою цієї моделі було визначено параметри оптимального технологічного режиму. Отримане рівняння має практичне значення і дозволяє за вихідними технологічними параметрами гідролізу сировини спрогнозувати хід процесу і якість отриманого пектину.

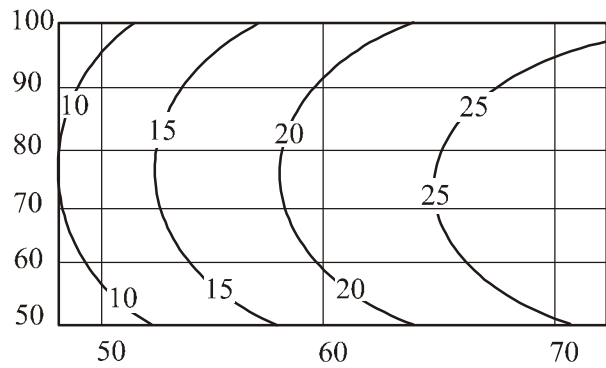
Оцінку значимості коефіцієнтів проводили за критерієм Стьюдента. Після вилучення несуттєвих коефіцієнтів здійснювалась оцінка адекватності одержаних математичних моделей. Придатність рівнянь регресії до розв'язання задачі пошуку області оптимуму перевіряли за критерієм Фішера [3].

Використання узагальненого критерію оптимізації вимагає перетворення локальних критеріїв оптимальності з натуральної в безрозмірну форму, яке здійснюється за методом Харрінгтона [3] через визначення проміжних параметрів  $fb_i$  за допомогою функції бажаності. Нові, безрозмірні значення локальних критеріїв, що отримані за допомогою функції бажаності, будуть змінюватись від 0,01 до 0,99, тому що в узагальненому критерії оптимізації вони будуть не чутливими при наближенні до 0 або 1 [1, 3].

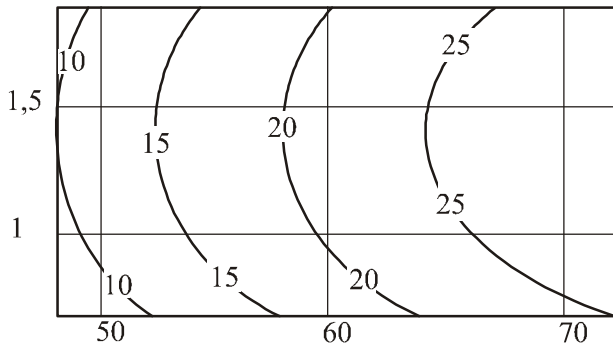
За допомогою програми оптимізації процесу вилучення пектину з картопляної мезги було отримано лінії рівня узагальненого критерію оптимізації, які дозволяють знайти оптимальні значення параметрів вилучення пектину (рис. 1, 2, 3).



**Рис. 1.** Лінії рівня оптимальних параметрів вилучення пектину в координатах: вміст хлоридної кислоти (%) і тривалість, температура на оптимальному рівні



**Рис. 2.** Лінії рівня оптимальних параметрів вилучення пектину в координатах: температура і тривалість, вміст кислоти на оптимальному рівні



**Рис. 3.** Лінії рівня оптимальних параметрів вилучення пектину в координатах: температура і концентрація хлоридної кислоти, тривалість гідролізу на оптимальному рівні.

За допомогою математичної моделі було визначено параметри оптимального технологічного режиму вилучення пектину із картопляної мезги: концентрація кислоти 1,45 % до гідролізованої маси; тривалість гідролізу 70,5 хвилин при температурі 72 °С. За цих параметрів вихід пектину максимальний і становить приблизно 30 % до маси сухих речовин.

### Висновки

Розроблено спосіб вилучення пектину із картопляної мезги та отримано математичну модель процесу.

За допомогою математичної моделі було визначено параметри оптимального технологічного режиму гідролізу картопляної мезги з метою вилучення пектину: концентрація кислоти 1,45 % до гідролізованої маси; тривалість гідролізу 70,5 хвилин при температурі 72°С.

### Література

1. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований. Уч. пособие, Киев, Знання, 2001. — 114с.
2. Донченко Л.В. Технология пектина пектинопродуктов / Учебное пособие. — М.: Дели, 2000. — 255с.
3. Ермаков С.М., Жиглявский А.Л. Математическая теория оптимального эксперимента. — М.: Наука, 1987. — 319 с.

4. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. — М.: Высшая школа, 1991. — 400 с.

5. Наринян А.Р., Поздеев В.А. Основы научных исследований. Изд-во Европейского Ун-та, Киев, 2002. — 110 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНА ИЗ КАРТОФЕЛЯ**

**А.С. Пастух, Е.В. Грабовская**

*Национальный университет пищевых технологий*

**В.А. Мирошник**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования*

*В статье приведены результаты исследования способов получения пектина из картофельной мезги, отхода производства крахмала из картофеля. Изучены технологические условия гидролиза картофельного сырья. Путем планирования эксперимента были проведены обобщенные исследования, проанализированы и учтены их результаты, проведена статистическая обработка экспериментальных данных, определены оптимальные технологические условия получения пектина из картофеля.*

**Ключевые слова:** *пектин, картофельная мезга, оптимальные параметры, кислотный гидролиз, план эксперимента.*