

Література

1. Архіпова Г. І., Мудрак Т. О., Завертана Д. В. Вплив надлишкового вмісту важких металів у питній воді на організм людини. // Вісник НАУ. - 2010. - №1. - С.232-235.
2. Zeolites and Mesoporous Materials at the Dawn of the 21ST Century: In Book of Proceedings-Stud. Surf. Sci. Catal., Vol.135 / Ed. by A. Galarneau, F.Di Renzo, F. Fajula, J. Viedrine. Amsterdam; London; New York; Oxford; Paris; Shannon; Tokyo, 2001.
3. Gomony V., Golub N., Gomony P., Szekeresh K. Preventing from ingress of radionuclides, heavy metals and other dangerous mutagenic factors into human and animal organisms // Book of Proceedings of the International Regional Seminar "Environment Protection: Modern Studies in Ecology and Microbiology". Uzhgorod, 1997. Vol.2. P.90-96.
4. Інженерна геологія. Ч. 1. Навчальний посібник. / І.І. Ваганов, І.В. Маєвська, М.М. Попович. – В.: ВДГУ, 1997. – 101с.
5. Дослідження кінетики адсорбції пектинових речовин шунгітом із соку столового буряка / Т. В. Шейко, Л. М. Мельник, О. С. Марценюк // Харч. пром-сть. - 2011. - № 10/11. - С. 203-207.
6. Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивания в жидких средах. - Ленинград: Химия, -1984. - 336с.
7. Я. М. Гумницький, О.В. Сидорчук Сорбція іонів купруму на цеоліті різного фракційного складу/ Тез. доп. 2-ий міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». - Львів, 2012. – с.155

УДК 664.29:661.71

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ НАСАДОК ПРИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ У ВИРОБНИЦТВІ ПЕКТИНУ

Бухкало С.І., канд. техн. наук, проф.,
Зіпунніков М.М., канд. техн. наук, ст. викладач
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Встановлено межі навантажень по пару для сітчастих насадок при регенерації етилового спирту. Досліджено перепад тиску газу на одну теоретичну тарілку для різних видів насадок. Розраховано залежності числа теоретичних тарілок в 1 м насадки від навантаження по газу (F-фактор).

The loading limits by steam for the grid capping at ethyl spirit regeneration were established. The gas pressure drop on one theoretical plate for the different types of capping was investigated. Dependences of theoretical plates number in 1 metre of capping from gas loading (F-factor) were calculated.

Ключові слова: пектин, ламельна насадка, теоретична тарілка, регенерація, перфорований аркуш.

Вступ. Пектин не має обмежень по застосуванню і визнаний як корисний нейтральний харчовий продукт, який не створює енергетичного запасу в організмі [1]. У харчовій промисловості Всесвітньою Організацією Охорони здоров'я пектин визнаний абсолютно безпечним продуктом.

Пектин має широкий спектр при застосуванні: 1) в медицині і фармацевтиці, наприклад, у профілактичних цілях при роботі з отруйними речовинами; при захворюванні органів травлення; при поліартритах; при загоєнні ран і опіків; лікуванні променевої хвороби, цукрового діабету, гемофілії, виразок шлунку, простатиту і профілактиці рака товстої кишки; у якості структуроутворювача в лікарських препаратах фармацевтики та ін. 2) для технічних цілей: наприклад, виробництво D-галактуронової кислоти; у геології використовується в якості пектинового клею при бурованні; в текстильній промисловості при обробці тканин; у ливарному виробництві в якості добавки у формувальні суміші, завдяки чому досягається більш висока точність виливків; у металообробній промисловості при загартуванні деталей; у поліграфії при закріпленні друкованих матеріалів та ін.

Виробництво пектину – динамічно зростаючий бізнес з щорічним приростом на 3–4%, його світовий об'єм випуску складає приблизно 28–30 тис. т на рік. Наприклад, російський ринок пектину, дає йому характеристику, як одному з найбільш затребуваних з харчових інгредієнтів – щорічне зростання потреби у пектині на ринку зростає на рівні 17 % [2].

Усе перераховане вище говорить про те, що потреба у пектині загалом велика, особливо на забруднених радіонуклідами землях України – спостерігається стабільне зростання обсягу споживання пектину в країні. Цьому сприяє існуюча в інших країнах індустрія пектину, що дозволяє одержувати всілякі його

модифікації. Але, на жаль, можна констатувати, що власне виробництво пектину в Україні, практично, відсутнє – увесь пектин, представлений на нашому ринку – імпортований.

Постановка проблеми. Пектинові речовини в великих або менших обсягах містяться у багатьох частинах рослин – в листях, стеблах, коріннях, плодах та насінні. Локалізовані вони в різних частинах рослинної клітини та виконують різні функції. Розчинний пектин міститься у клітинному соку, соку вакуолей, міжклітинній тканині, а також є запасною речовиною. Пектинові речовини мають велике значення при зберіганні та консервуванні рослинних продуктів. Під дією піктолітичних ферментів та не ферментативних гідролітичних процесів нерозчинні форми пектинів переходять у розчинні, в результаті чого в процесі дозрівання, зберігання плодів та овочів, та їх промислової переробки тканина розм'якшується [3]. Збільшення випуску мармеладних, желейних та консервних виробів базується на застосуванні драглеутворювачів. Важливе місце серед них належить яблучному пектину. Рівень використання яблучних віджимок у виробництві харчового драглеутворювача – пектину складає 9–20 %. Пектин, виділений з диких яблук, має високі біологічні та драглеутворюючі властивості та є цінним продуктом для профілактичного і дієтичного харчування.

Промислові види пектинів класифікують по ступеню етерифікації (СЕ – значно впливає на основні властивості пектинів, що визначають їхнє промислове застосування) – відношенню кількості метоксильних груп до всіх кислотних залишків у молекулі на дві групи: 1) високоетерифіковані – СЕ дорівнює 50 % або більше; 2) низькоетерифіковані – СЕ менш ніж 50 %.

Найвища СЕ, яка може бути досягнута при екстракції пектину з природної сировини, перебуває у межах 75–80 %. Пектинові речовини, отримані з різних рослинних джерел, являють собою порошки без запаху і слизувати на смакові відчуття, від світло-кремового до коричневого кольору. Цитрусові пектини звичайно світліше яблучних. У вологій атмосфері пектини можуть сорбувати до 20 % води. У надлишку води – розчиняються. Области застосування пектину тільки у харчовій технології мають досить різноманітні приклади: драглеутворювач при виготовленні желейно-пастильних виробів у кондитерській промисловості; добавки лікувально-профілактичної дії для деяких сортів хлібобулочних та макаронних виробів; у хлібопеченні з метою поліпшення якості хліба – для випічки сортів, що не черствіють, для виробництва конфітурів, джемів і інших видів продуктів консервної промисловості; в якості емульгатора при виготовленні майонезу та рідких маргаринів у масложировій промисловості; в якості стабілізатора при виготовленні різних купажованих соків з м'якоттю; у виготовленні морозива, йогуртів, сирів (для збільшення їх водопоглинальної здатності) та інших продуктів молочної промисловості; при вживанні в їжу у вигляді розчинів, гелів, киселів, мусів; у виготовленні дієтичного і лікувально-профілактичного харчування для дітей і дорослих у харчово-концентратній промисловості.

Особливості технології виробництва пектину. У більшості випадків іноземні виробники для одержання пектину використовують класичну технологію. Вона базується на застосуванні сильних кислот (HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4), хлористого алюмінію, гідроокису амонію, суміші спирту з кислотою та спиртів різних концентрацій. Процес протікає при підвищених температурних режимах (45–120 °C) у кислому середовищі при рН 0,5–2,0 з коліваннями часу екстракції і гідролізу від 3 до 6 годин і загальним циклом процесу до 12 і більше годин.

Однією з інноваційних технологій є ферментативний спосіб витягу пектину. Гідроліз рослинної сировини проводять за допомогою мультиензимної композиції комплексу пектолітичних ферментів, що дає можливість одержувати пектини з різними молекулярними масами: високо- і низькоетерифікованими з різними властивостями, з метою їх застосування в різних галузях народного господарства. Доцільний вибір ферментів дозволяє виділити пектин без розщеплення домішок сировини, що підвищує його якість, полегшує його очищення, збільшує вихід [4].

Така технологія вигідно відрізняється від класичної: заміна кислотного гідролізу сировини ферментативним, тобто використанням біокатализаторів, пом'якшує тепловий режим процесу (замість 95 °C гідроліз протікає при 50–60 °C); зберігає біологічно-активні властивості пектину; знімає особливі вимоги до матеріалу устаткування та дозволяє використовувати стандартизоване устаткування; забезпечує сприятливі умови праці та організацію екологічно чистого проведення процесу, а також дозволяє знизити витрати на організацію виробництва.

Слід підкреслити, що незалежно від вибору способу виробництва і технології отримання пектину треба враховувати особливості фізико-хімічних властивостей пектину (таблиця, ГОСТ 29186–91), * – у перерахунку на фактичну масу сировини [5].

Таблиця – Фізико-хімічні властивості пектинів з різної рослинної сировини

Показник	Гарбуз	Яблука АРА 103	Яблука АРА 104	Цитруси АРА 105LV
Масова доля вологи, %	7,3	8,6	7,8	8,1
Масова доля пектинових речовин, %, *	80,8±0,4	59,1±0,5	49,5±0,1	49,4±0,3
Масова доля полігалактуронової кислоти, %, *	80,65	72,92	59,38	55,48
Масова доля фенольних речовин, мг ЕГК/г	1,04±0,05	2,41±0,01	1,48±0,01	0,014±0,02
Ступінь етерифікації, %	72,3±0,6	70,6±0,3	64,0±0,5	58,9±0,4
Динамічна вязкість 1 % розчину при T=23 °C, сП	37,90	18,10	12,00	7,04

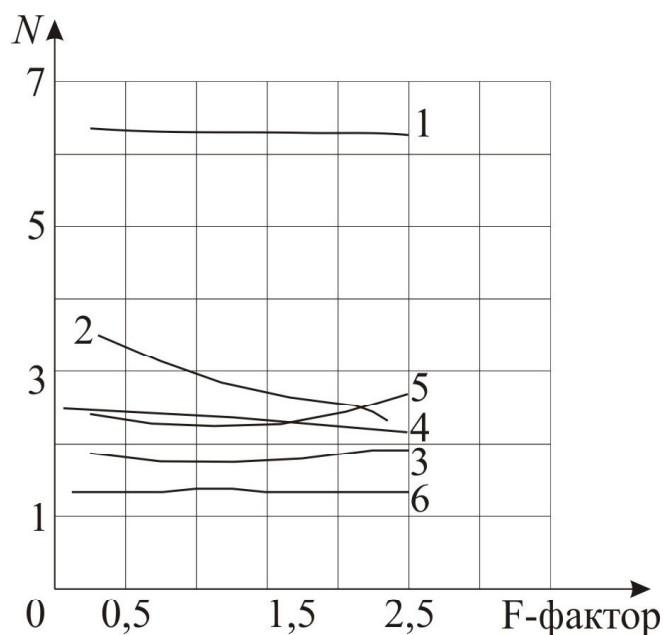
Молекула пектинових речовин у водяних розчинах перебуває в колоїдній формі, має негативний заряд і оточена полярними диполями води. Дія органічних коагулянтів зводиться до переорієнтації диполів гідратної оболонки навколо пектинових молекул на полярні молекули органічного розчинника, що приводить до звуження гідратної оболонки й, отже, до зближення ядер колоїдів, тобто молекул пектинових речовин між собою, встановленню міжмолекулярних зв'язків і, як наслідок, до спонтанного осадження пектину з розчину. Проведені дослідження [6, 7] по добору оптимального органічного коагулянту для пектину різного походження показали перевагу використання етилового спирту, який забезпечує значне збільшення виходу пектину з необхідними фізико-хімічними показниками. Найвища драглетуюча здатність пектину досягається при осадженні етиловим спиртом концентрацією 96 об. %. Пектин, осаджений таким спиртом, має гарні реологічні властивості, має волокнисту структуру та легко піддається пресуванню, здрібнюванню та сушінню.

Результати експериментальних досліджень. У виробництві пектину на етапі його осадження використовують велику кількість етанолу (до 100 т етанолу на 1 т товарного пектину). Після осадження відфільтрований та нейтралізований водний розчин етанолу концентрацією від 50–60 % мас. піддається регенерації перегонкою в ректифікаційних колонах. Велике значення приділяється зниженню вартості процесу перегонки шляхом пошуку його оптимальних параметрів – це одна з цілей нашої роботи.

Процес ректифікації здійснюється періодично або безперервно при різних тисках: під атмосферним тиском або під вакуумом – для розподілення сумішей висококиплячих речовин, а також під тиском більше атмосферного – для розподілення сумішей, що являються газоутворюючими при помірних температурах. У даній ректифікаційній колоні контактуючим елементом є тарілки провального типу. Експериментально розроблені оптимальні технологічні параметри відбору пектинових речовин: співвідношення яблучних віджимок та екстрагенту 1:10; температура процесу 95–98 °C; рН середовища 1,8–2,0; тривалість процесу гідролізу – 1 година. Насадка з гофрованих матеріалів була створена виходячи з основної вимоги, що висувається до насадкових тіл, призначених для вакуумної ректифікації: рівномірне розподілення кількості рідини та великої кількості пари по всьому перетину апарата для досягнення високої ефективності при низькому гідравлічному опорі.

Гідродинамічні дослідження по визначенню опорі зрошуваної насадки проводились на лабораторній ректифікаційній установці в ЗАТ УКРНДІХІММАШ. Було досліджено декілька видів блоків насадок з гофрованих матеріалів: 1 – з гладкого листа; 2 – з гладкого листа з прорізами; 3 – з перфорованого листа; 4 – з перфорованого листа з крупним гофром; 5 – з тканиної сітки ламельна; 6 – з тканиної сітки рулонна.

Розподільча властивість теоретичних тарілок на 1 м висоти (рис.) становить: ламельна насадка з тканиної сітки 6–7; рулонна насадка з тканиної сітки 3–4; ламельна насадка з листа без прорізів 2–3; ламельна насадка з листа з прорізами 3–2; ламельна насадка з перфорованого листа 2–3; ламельна насадка з перфорованого листа з крупним гофром 1–2.



1 – ламелльна з сітки; 2 – рулонна з сітки; 3 – з аркуша без прорізів; 4 – з аркуша з прорізами; 5 – з перфорованого аркуша; 6 – з перфорованого аркуша з великим гофром

Рис. 1 – Залежність числа теоретичних тарілок (N) від навантаження по пару (F-фактор) в 1 м різних типів насадок

Перепад тиску на одну теоретичну тарілку від навантажень по газу становить: ламелльна насадка з сітки $\Delta P/TT = 5\text{--}65$ Па; насадка рулонна з сітки $\Delta P/TT = 10\text{--}120$ Па; насадка з аркуша без прорізів $\Delta P/TT = 12\text{--}125$ Па; насадка з аркуша з прорізами $\Delta P/TT = 3\text{--}135$ Па; насадка з перфорованого аркуша $\Delta P/TT = 10\text{--}100$ Па; насадка з перфорованого аркуша з крупним гофром $\Delta P/TT = 5\text{--}85$ Па.

Дослідження масообмінних характеристик регулярних насадок проводились на тій же установці, що і гідродинаміка зрошуваних насадок, з тією лише різницею, що у куб колони заливалася суміш водного розчину етанолу з концентрацією етанолу ~ 50 об. %. Після обробки експериментальних даних, отриманих для кожного типу насадок, були встановлені залежності числа теоретичних тарілок в 1 м насадки від навантаження по газу (F-фактор). Дані, отримані при гідродинамічних випробуваннях, спеціальної методики обробки не вимагали. З таблиць вимірів будувались графіки залежності перепаду тиску на 1 м насадки від швидкості повітря (пари), переведеної у F-фактор ($\text{кг}^{0,5}/\text{с} \cdot \text{м}^{0,5}$):

$$F\text{-фактор} = W \cdot \sqrt{\rho},$$

де W – швидкість потоку, м/с; ρ – густина пари, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Межі вимірювання навантажень по пару при F-факторі від 0,5 до 3,5: 1) $W = 1\text{--}2$ м/с, $\rho = 0,8\text{--}2$ $\text{кг}/\text{м}^3$, F-фактор = 1–3; 2) $W = 4\text{--}10$ м/с, $\rho = 0,3\text{--}1$ $\text{кг}/\text{м}^3$, F-фактор = 0,1–1; 3) $W = 0,1\text{--}1$ м/с, $\rho = 8\text{--}30$ $\text{кг}/\text{м}^3$, F-фактор = 3–3,5. При тиску, швидкості, щільності F-фактор однаково показниковий. Для тарілок F-фактор дорівнює 1–3, для насадок F-фактор становить 1,5–4.

Практична ефективність кожної насадки постійна при збільшенні швидкості газу. Найбільшу ефективність має насадка з гофрованої сітки, найменшу – насадка з перфорованого аркуша з великим гофром (6). При однаковому гофрі (10 мм) у насадках з листових матеріалів найбільш ефективною є насадка з гофрованого перфорованого матеріалу, найменш ефективною – насадка без перфорацій.

При відгоні спирту, використаного для осадження пектину, одержують цукристі речовини, органічні кислоти, барвники та ароматизатори. Вони мають вигляд фруктових екстрактів, які можна застосовувати в харчовій промисловості в якості стабілізаторів, барвникових речовин і підсолоджувачів. Яблучні екстракти можна використовувати для одержання питного і технічного спирту. Вичавки після екстракції пектину сушать і гранулюють. Завдяки високому утримуванию поживних речовин вони йдуть на корм худобі – тобто можна визначити можливість утворення сучасного комплексного інноваційного безвідходного виробництва. Результати дослідження показали, що висока розподільча властивість ламелльної насадки з гофрованої тканиної сітки обумовлена гарно розвиненою поверхнею контакту фаз: рідинна – за рахунок капілярного ефекту, виникаючого у чарунках сітки, газова – за рахунок турбулізації газу в системі перетину каналів.

Висновки. Відповідно до цілей експерименту визначені наступні гідродинамічні та масообмінні характеристики у колонні з регулярною насадкою з гофрованих сітчастих та листових матеріалів у процесі регенерації етилового спирту при виробництві пектину з сирих яблучних віджимок: дослідження і визначення гідравлічного опору одного метру сухої та зрошуємої насадки для різних швидкостей газу; дослідження процесу масообміну при різних навантаженнях по газовій і рідинній фазах; проведення порівняльної оцінки насадки з гофрованої сітки з насадками з інших гофрованих матеріалів; визначення можливості спрямованого виготовлення і галузей використання насадок з гофрованих листових матеріалів. Експериментально розроблені оптимальні технологічні параметри відбору пектинових речовин: співвідношення яблучних віджимок та екстрагенту, температура процесу, рН середовища та тривалість процесу гідролізу. Під час досліджень встановлена залежність (F-фактор), яка характеризує межі вимірювання навантажень по парі та змінюється від 0,5 до 3,5.

Слід відмітити, постійне зростання попиту на пектин, що, насамперед, пов'язане з факторами: відмови споживачів від штучних харчових добавок і генномодифікованих продуктів; збільшення попиту на готові продукти і напівфабрикати, і в той же час зростання вимог до екології продуктів, їх смаку, малому вмісту жиру та цукру; зростання споживання натуральних і функціональних інгредієнтів та зміни у технології харчових виробництв з боку виробників харчових продуктів. Ці фактори стимулюють розвинення досліджень з метою розробки сучасної великотоннажної технології отримання пектинів з різноманітної рослинної сировини та впровадження її на Україні.

Література

1. Турахожаева М.Г. О структуре и свойствах яблочного пектина / М.Г. Турахожаева, М.А. Ходжаева, Н.Д. Бурханова // Химия природных соединений. – 1997. – № 6. С. 792–796.
2. Бутова С.Н. Инновационная технология производства пектина в России / С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова, Ю.В. Махова // Вестник Российской академии естественных наук. – 2012. – № 3. – С. 43–46.
3. Карпович Н.С. Пектин. Производство и применение / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина. Под редакцией К.С. Карпович. – К.: Урожай, – 1989. – 88с.
4. Грачева И.М., Бутова С.Н., Типисева И.А., Эль-Регистан Г.А. Теоретические основы биотехнологии. – М.: Элевар, – 2003. – 553с.
5. Лисицкая К.В. Сравнительный анализ антиоксидантных свойств пектинов из различного растительного сырья / К.В. Лисицкая, А.А. Торкова, И.В. Николаев, Т.В. Федорова, О.В. Королева, М.А. Михалева // Пищевая промышленность. – 2012. – № 12. – С. 64–66.
6. Патент 2153264 Россия, МКИ 7 А 23 L 1/0524 Способ получения пектина / А.М. Богус, В.В. Кондратенко, Г.Н. Тлехурай. № 99116220/13; заявл. 20.07.99; опубл. 27.07.00; Бюл. № 21.
7. Моисеева В.Г. Влияние способа осаждения на качественные характеристики пектиновых препаратов / В.Г. Моисеева, Г.М. Зайко, И.А. Медведев, И.А. Водянов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1974. – № 2. – С.79-81.

УДК 664.002.5

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РОТОРНО-ПЛІВКОВОГО АПАРАТУ З ВИСХІДНИМ ПОТОКОМ

Зубрій О. Г. к-т техн. наук, доцент, **Давидов А.С.** магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Проведено експериментальне дослідження гальмівного впливу стінки на рідину в роторно-плівковому апараті при висхідному потоці.

Experimental researches of effect of brake fluid side of panel on rotary film apparatus in upward flow.

Ключові слова: роторно-плівковий апарат, висхідний потік, гальмівний ефект.

Keywords: rotary film apparatus, upward flow, brake effect.

Загальною науковою проблемою є задоволення потреб хімічної та харчової промисловості, в зв'язку з продовольчою кризою, яка гостро постала в третьому тисячолітті. Здоров'я кожної людини і нації в значній мірі визначається типовим раціоном харчування, оскільки воно є одним з найважливіших факторів, що визначають здоров'я людини. Правильне харчування забезпечує нормальний ріст і