

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-269-5-61-68>

УДК: 664.29

БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ПЕКТИНУ З ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Тетерев М. М., Соколенко Н. М., Островка В. І., Мороз О. В., Попов Є. В., Рубан Е. В.

WASTE-FREE TECHNOLOGY OF PECTIN PRODUCTION FROM WASTE INDUSTRY WASTE

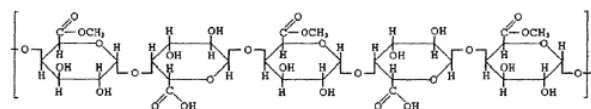
Teteriev M. M., Sokolenko N. M., Ostrovka V. I., Moroz O. V., Popov Y. V., Ruban E. V.

Проведені дослідження по створенню вдосконаленої спрощеної технології отримання стійкого до окислення харчового бурякового пектину з його вичавків для виробництва хлібобулочних, кондитерських виробів, желейного мармеладу та інших продуктів харчування, що дозволить скоротити тривалість технологічного процесу з одночасним зменшенням енерговитрат. Об'єкт дослідження – розробка сучасної вдосконаленої, спрощеної технології отримання стійкого до окислення бурякового пектину із бурякових вичавків. Такий продукт повинен задовільняти вимогам до якості, що забезпечує його використання в харчовій, кондитерській, медичній та фармацевтичній промисловості. Крім того розроблена технологія повинна забезпечити максимальний вихід готового продукту (пектину) та оптимальні технологічні умови проведення процесу переробки бурякового жому. Мета дослідження – вивчення оптимальних умов отримання пектину із вичавок буряку методом гідролізу хлороводневою кислотою замість нітратної з наступним виділенням пектину із нейтралізованого екстракту 96%-ним етиловим спиртом. Для досягнення поставленої мети слід виконати наступні задачі: дослідити умови екстракції пектину із вичавок буряку та умови його осадження із екстракту етиловим спиртом; визначити оптимальні параметри проведення процесу одержання пектину; розробити на основі даних, отриманих у процесі досліджень, принципову технологічну схему одержання пектину із вичавок буряку. На основі виконаних досліджень та отриманих результатів розроблена технологічна схема одержання пектину із вичавок червоного буряку. Удосконалена технологія отримання пектину в порівнянні з відомими технологіями, відрізняється безвідходністю і екологічністю, так як при екстракції в якості екстрагенту використовується хлористоводнева кислота низьких концентрацій, а для виділення пектину застосовують відновлений дистиляцією етиловий спирт. Оптимізовано умови екстракції пектину з бурякового жому, що дозволяє отримати пектин з виходом до 30 відсотків. Зразки пектину, отриманого з бурякового жому, відповідають міждержавному стандарту (ДСТУ 21186), що діє на території України [28], за всіма показниками якості: зовнішнім виглядом, запахом, кольором, смаком, ступенем етерифікації, геле-

утворюючою здатністю з кількістю часточок волокнистої фракції і мікробіологічною властивістю та відсутністю сторонніх домішок. Для фармацевтичних препаратів у пектині в необхідній кількості містяться метоксигрупи і галактуринова кислота та відсутні нітрати, цукор, органічні кислоти, сполуки миш'яку, свинцю та інших шкідливих елементів. Відходи від екстракції пектину використовуються в якості біопалива або для технологічних потреб у виробництві матеріалів медичного призначення.

Ключові слова: бурякові вичавки, буряковий пектин, безвідходна технологія, скорочення і удосконалення процесу, продукт харчування.

Вступ. Природні пектини з рослинної сировини (плодів, ягід і фруктів) є важливою частиною раціону людини і представляють основу ряду лікарських засобів і біологічно активних добавок. За хімічною природою пектини — високомолекулярні сполуки, які відносяться до групи гетерополісахаридів, основу яких складають похідні полігалактуринової кислоти нижче наведеної структурної формули [1]:



Пектинові речовини входять до складу практично всіх рослин, є їх основними функціональними компонентами, виконують у рослинах безліч різних життєво важливих функцій і характеризуються широким спектром фізіологічної активності [2]. Вони включають нерозчинний протопектин, розчинні пектинові полісахариди і супутні їм галактани, арабігани і арабіногалактан. Пектинові полісахариди входять у велику групу гліканогалактуранів - кислих рослинних полісахаридів, головний вуглеводний ланцюг яких складають 1,4-пов'язані залишки α-

D-галактопіранозілурунової кислоти [3] з молекулярною масою від 150000 до 200000 та мають високу желюючу здатність [4]. Вони входять до складу рослинних клітин у вигляді частково метилетерифікованих по карбоксилу біополімерів часто у вигляді солей натрію, кальцію і магнію, забезпечуючи механічну міцність і еластичність стінок клітин, сприяючи стійкості до висихання, перепадів температур зі збереженням захисних функцій від збудників фітозахворювань.

Для збільшення виробництва пектину в Україні проведено дослідження щодо вдосконалення технології його отримання із бурякового жому.

Як продукт з нетоксичними ацетильними групами пектин є активним імуномодулятором, що впливає на імуностимулюючу, протиметастазну, протипухлинну, антиязвенну, протиневрозну і антиоксидантну функції і використовується у фармакології. Гіполікемічна дія пектинів обумовлена його високою вологозв'язуючою здатністю. Найбільшою антиметастазною дією володіє рамногалактуронан-I (RG-I) [5]. Гемостатичні властивості пектинових препаратів використовують при лікуванні легеневих кровотеч, кровотечах стравоходу, шлунку і кишківнику. У стоматології та гемофілії, гінекологічних захворюваннях, його застосовують для приготування замінників кров'яної плазми, тому що він не викликає скупчення і осадження еритроцитів і утворення тромбозів [6, 7].

Застосування пектину в технології ліків обґрунтовано його функціональними характеристиками і технологічним призначенням: пектин використовують у виготовленні супозиторіїв, капсул, жувальних таблеток [8]. У парфюмерній галузі пектин затребуваний як речовина, що містить галактуронову кислоту, яка володіє властивостями утримання вологи, розгладження зморшок, підвищення тонушу шкіри та як загущувач у гелях. Найбільш важливими властивостями пектинових речовин, що використовуються в технології харчових виробництв, є їх желеутворююча і комплексоутворююча здатність. Желеутворююча здатність є основною у виробництві желеподібних продуктів - джемів, конфітурів, желе, мармеладу, збитих кондитерських виробів [9].

Комплексоутворююча здатність обумовлена властивістю пектину утворювати з іонами важких металів, вільними радикалами, радіонуклідами, різними токсинами нерозчинні комплекси. Пектин також сприяє зміні в'язкості вмісту шлунку і кишківнику, тим самим призводячи до уповільнення транзиту по шлунково-кишковому тракту. Пектинові речовини утворюють гель на поверхні слизової оболонки шлунку і кишківнику, що сприяє захисту їх від драгівливого впливу агресивних чинників. Встановлено що пектини надають регулюючу дію на імунну систему кишківника [10].

Вищевказані властивості пектину є обґрунтованим фактором, що обумовлює його використання в медицині, фармацевтиці, косметичній та харчовій галузі.

Об'єкт дослідження. Об'єкт дослідження – розробка сучасної вдосконаленої, спрощеної технології отримання стійкого до окислення бурякового пектину із бурякових вичавків.

Такий продукт повинен задовільняти вимогам до якості, що забезпечує його використання в харчовій, кондитерській, медичній та фармацевтичній промисловості. Крім того розроблена технологія повинна забезпечити максимальний вихід готового продукту (пектину) та оптимальні технологічні умови проведення процесу переробки бурякового жому.

Мета дослідження. Мета дослідження – вивчення оптимальних умов отримання пектину із вичавок буряку методом гідролізу хлороводневою кислотою замість нітратної з наступним виділенням пектину із нейтралізованого екстракту 96%-ним етиловим спиртом.

Для досягнення поставленої мети слід виконати наступні задачі:

- дослідити умови екстракції пектину із вичавок буряку та умови його осадження із екстракту етиловим спиртом;
- визначити оптимальні параметри проведення процесу одержання пектину;
- розробити на основі даних, отриманих у процесі досліджень, принципову технологічну схему одержання пектину із вичавок буряку.

Дослідження існуючих рішень проблеми. В промисловості пектини одержують із побічних продуктів виробництва фруктових соків (яблучні вичавки і шкірка цитрусових, вичавок червоного буряку) методом екстракції.

Екстракцію проводять в кислих умовах з метою одержання високометоксильованих та низькометоксильованих пектинів. Високометоксильовані пектини широко використовуються в якості гелеутворюючих агентів при виробництві джемів, мармеладу, желе та кондитерських виробів. Низькометоксильовані пектини частіше використовуються в якості стабілізаторів у підкислених молочних напоях [11].

Відомий спосіб отримання пектину із рослинної сировини в м'яких умовах [12]

В якості сировини у цьому випадку використовують яблучні вичавки, обробку яких проводять 0,1-0,2N розчином хлороводневої кислоти в 50-70% етанолі з наступним проведенням екстракції 1-2%-вим водним розчином ацетату натрію при температурі 40-50°C і рН 6,0-6,5. Даний спосіб вимагає подальшого очищення одержаного продукту, а використання кислоти в якості гідролізуючого агента призводить до отримання продукту невисокої якості. Крім того, сама технологія трудомістка, а відходи виробництва забруднюють навколишнє середовище.

Відомі способи одержання пектину [13, 14], що полягають у гідролізі рослинної пектиновмісної сировини ферментними препаратами з наступним осадженням, очищенням та сушінням продукту [13]. Гідролізуючий агент культивують на субстраті мікроорганізмів роду *Bacillus*, після змішують його з

рослинною пектиновмісною сировиною [14], проводять екстрагування суміші з виділенням цільового продукту. При цьому, в якості мікроорганізмів використовують неруйнуючі пектин штами *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus macerans*, аналогічні штами або мутантні штами цих бактерій. Може використовуватися комплекс ферментів, що включає целюлазу і гемицелюлазу, отриманих з гриба *Geotrichium candidum*. В якості рослинної сировини, яка містить пектинові речовини, використовують шкірку або оболонку часточок цитрусових. Даний спосіб дозволяє отримувати 30-35% пектинових речовин від теоретично можливої кількості. Однак технологія складна і трудомістка, оскільки вимагає спеціального попереднього отримання ферменту, подальшого його застосування та спеціального контролю технологічного процесу.

Відомі способи вилучення пектинових речовин з бурякового жому обробкою його неорганічними або органічними кислотами - сульфатною [15] або лимонною [16]. Для гідролізу протопектину використовують також перекис водню [17]. Поширені методи заморожування-відтаювання бурякового жому, екстракції гарячою водою [18], обробку целюлітичними ферментами [19]. Обробка органічними й неорганічними кислотами рослинної сировини для переведення протопектину в розчинний стан, являє собою традиційний метод отримання пектинових речовин з рослинної сировини.

Відомий спосіб отримання пектину, що включає гідроліз подрібненого жому буряку в присутності хлороводневої кислоти при нагріванні, віджимання твердої фази. На останньому етапі як екстрагент використовують воду. Осаджують пектин із рідких фаз з подальшою його багатоступінчастою очисткою, зневодненням і сушінням. Метод передбачає виділення пектину з попередньо висушеного при високій температурі бурякового жому і включає такі технологічні операції: сушка бурякового жому, гідроліз подрібненої суміші бурякового жому розчином хлороводневої кислоти при рН 0,5-0,9 та гідромодулі 1:2-6, екстрагування пектину і його відділення шляхом пресування бурякового жому, екстрагування пектину водою з наступним пресуванням проекстрагованого бурякового жому, фільтрацію пектинового екстракту, осадження пектину етиловим спиртом, очищення та сушіння пектину [20]. Але цей спосіб має ряд недоліків:

- технологія передбачає висушування бурякового жому при високій температурі, що негативно позначається на якості отриманого пектину;

- використання хлороводневої кислоти високої концентрації призводить до отримання пектину з високим ступенем гідролізу, що значно знижує структуроутворюючі властивості розчинів пектину і обмежує його використання в харчовій промисловості;

- використання низького гідромодуля призводить до поганої відтворюваності характеристик одержуваних пектинових речовин, а також невисокого виходу пектину, який становить біля 16,6%;

- спосіб переробки бурякового жому не передбачає отримання при цьому целюлози.

Відомий спосіб переробки бурякового жому [21], який включає такі етапи його переробки: фракціонування, кислотний гідроліз нітратною кислотою, двоетапний лужний гідроліз розчином гідроксиду натрію з відбілюванням отриманого пектину.

Недоліками цього способу є те, що практично неможливо отримати пектин задовільної якості внаслідок високого ступеню кислотного гідролізу. Він також вимагає великої витрати реагентів, призводить до зниження у нанокристалічній частини целюлози модуля Юнга, що обмежує області застосування.

Методи дослідження. Результат нашого дослідження виключає зазначені недоліки і полягає в послідовному отриманні пектину із сирого бурякового жому при повній його переробці. Сутність технології полягає в проведенні гідролізу подрібненого на ножовому млині бурякового жому в присутності хлороводневої кислоти при нагріванні, віджимання твердої фази, багатоступеневу екстракцію твердої фази, осадження пектину з рідких фаз з подальшим його очищенням, зневодненням і сушінням. Із сирого бурякового жому на першому етапі виділяють пектинові речовини шляхом проведення першої кислотної екстракції 0,3%-вим розчином хлороводневої кислоти при величині рН ~ 1,6-1,8 протягом 1 год при температурі 90°C з використанням гідромодуля 1:200. На другому етапі проводять другу кислотну екстракцію 1,2%-овим розчином хлороводневої кислоти при температурі 90°C з використанням гідромодуля 1:200 протягом 4 год. Отриманий промитий грубий препарат целюлози бурякового жому після другої кислотної екстракції піддають одноступеневі лужній екстракції 0,5%-вим розчином гідроксиду натрію при температурі 90°C протягом 1 год з використанням гідромодуля 1:100 для подальшого очищення целюлози від залишків пектинових речовин, гемицелюлози, залишкового лігніну та ліпідів.

Перша кислотна екстракція подрібненого на ножовому млині бурякового жому, як уже вказувалося вище, проводиться 0,3%-вим розчином хлороводневої кислоти при величині рН ~ 1,6-1,8 протягом 1 год при 90°C з використанням гідромодуля 1:200.

Умови першої кислотної екстракції дозволяють виділяти високомолекулярні пектинові речовини з мінімальним рівнем кислотного гідролізу. Розчин, що містить пектинові речовини відділяється від залишку бурякового жому фільтруванням або центрифугуванням. Отриманий залишок бурякового жому промивається водою при температурі 25°C протягом 10 хв. з використанням гідромодуля 1:50. Осад із залишками бурякового жому відділяється від розчину фільтруванням або центрифугуванням.

Розчини, що містять пектинові речовини, отримані на етапі першої кислотної екстракції і промивання осаду бурякового жому після першої кислотної екстракції, об'єднуються і нейтралізуються до величини рН 5,5 розчином гідроксиду натрію. Пектинові речовини із об'єданого розчину виділяють шляхом осадження двома частками 96%-вого етилового спирту з наступним дворазовим промиванням осаду пектинових речовин 70%-вим етиловим спиртом. Вихід пектинових речовин при такому способі екстракції становить 19% від маси сухих речовин бурякового жому. Використання зазначеного режиму кислотної екстракції призводить до одержання пектину з високою молекулярною масою (280000) завдяки низькому ступеню хімічного гідролізу. Отримані на цьому етапі високомолекулярні пектинові речовини можуть бути використані в харчовій промисловості як загущувачі і структуроутворювачі.

Залишок бурякового жому, отриманий після першої кислотної екстракції, направляється на другу кислотну екстракцію. Друга кислотну екстракцію проводять 1,2%-вим розчином хлороводневої кислоти при температурі 90°C з використанням гідромодуля 1:200 протягом 4 год. з метою подальшого очищення целюлози бурякового жому від пектинових речовин і геміцелюлози. Осад із залишками бурякового жому відділяють від розчину фільтруванням або центрифугуванням. Отриманий осад після другої кислотної екстракції промивають водою при температурі 25°C протягом 10 хвилин з використанням гідромодуля 1:50. Розчини пектинових речовин, які отримані на етапі другої кислотної екстракції і промивання осаду бурякового жому після другої кислотної екстракції, об'єднують і нейтралізують до величини рН 5,5 розчином гідроксиду натрію. Пектинові речовини із розчину виділяють шляхом осадження двома об'ємами 96%-вого етилового спирту з наступним дворазовим промиванням осаду пектинових речовин 70%-вим етиловим спиртом. Вихід пектинових речовин складає 7,5% від маси сухих речовин бурякового жому. Молекулярна маса пектинових речовин, отриманих при другій кислотної екстракції, значно знижується внаслідок кислотного гідролізу і складає 25000. Отримані на цьому етапі низькомолекулярні пектинові речовини можуть бути використані у фармацевтичній промисловості в якості фізіологічно-активних речовин. Отриманий промитий грубий препарат целюлози бурякового жому після другої кислотної екстракції піддають лужній екстракції для подальшого очищення целюлози від залишків пектинових речовин, геміцелюлози, залишкового лігніну і ліпідів. Лужну екстракцію проводять 0,5%-вим розчином гідроксиду натрію при температурі 90°C протягом 1 год. з використанням гідромодуля 1: 100 (з розрахунку на суху речовину бурякового жому). Целюлозу бурякового жому відокремлюють центрифугуванням або фільтруванням. Осад целюлози промивають водою та сушать. Вихід рослинної целюлози з бурякового жому складає 15% від маси сухих речовин бурякового жому. У

виділеній з бурякового жому целюлози пектинові речовини і геміцелюлоза виявлені не були. Отримана очищена целюлоза може бути використана для приготування пакувального матеріалу та мікрористалічного, нанофібрилярного і нанокристалічного целюлозного волокна.

Використання при першій ступені кислотної екстракції хлороводневої кислоти (0,6%, 0,9% або 1,2%) призводить до одержання пектинових речовин з виходом 19%, 21% і 23% від маси сухих речовин бурякового жому. При більш високих концентраціях хлороводневої кислоти проходить до зниження молекулярної маси пектинових речовин до 100000 і навіть до 50000.

Розроблена технологія дозволяє здійснювати повну переробку бурякового жому з отриманням пектинових речовин і целюлози із мінімальними змінами їх властивостей. Виділені пектинові речовини і целюлоза можуть бути використані у виробництві нових матеріалів з поліпшеними характеристиками міцності, оптичними та бар'єрними властивостями стосовно вологи, кисню і температури зі значним підвищенням ефективності виробництва.

Технологічна схема одержання пектину та її основні характеристики. Технологічна схема апаратурного оформлення дослідно-промислової установки одержання пектину з описом стадій показана на рисунку.

Основні стадії процесу. Гідроліз, екстракція та лужна обробка жому. Технологія починається зі стадії нарізки та подрібнення бурякового жому в ножовому подрібнювачі 1. Подрібнений жом передають в апарат-гідролізатор 2. Туди ж із мірника 3 завантажують 0,3%-вий водний розчин HCl (рН ~ 1,6-1,8 при гідромодулі 1:200). Масу нагрівають при перемішуванні до температури 90°C з витримкою при цій температурі протягом 1 год. Після закінчення процесу гідролізу суспензію передають на фільтрування в апарат 4. Новоутворена після першої ступені екстракції рідка фаза поступає в апарат 5 для виділення пектину. Жом (грубу целюлозну клітковину) на фільтрі промивають водою, віджимають і передають на сушку в вакуум-сушарку 6 типу «Венулет». Отримані після першої екстракції пектинові високомолекулярні речовини можуть бути використані в харчовій промисловості в якості загущувача і структуроутворювача.

При отриманні пектинових речовин низькомолекулярної фракції проводять другу екстракцію тонкомеленого висушеного жому. Таку фракцію можна окремо використовувати у фармацевтичній промисловості в якості фізіологічно-активних речовин або змішувати її з високомолекулярною фракцією пектину. Для отримання низькомолекулярної фракції пектинових речовин висушений і подрібнений до порошкоподібного стану жом завантажують на другу ступень екстракції, яку проводять в апараті-гідролізаторі 9, слабким (1,2%-вим) розчином хлороводневої кислоти, який подають із мірника 10. Процес другої екстракції пектину також проводять

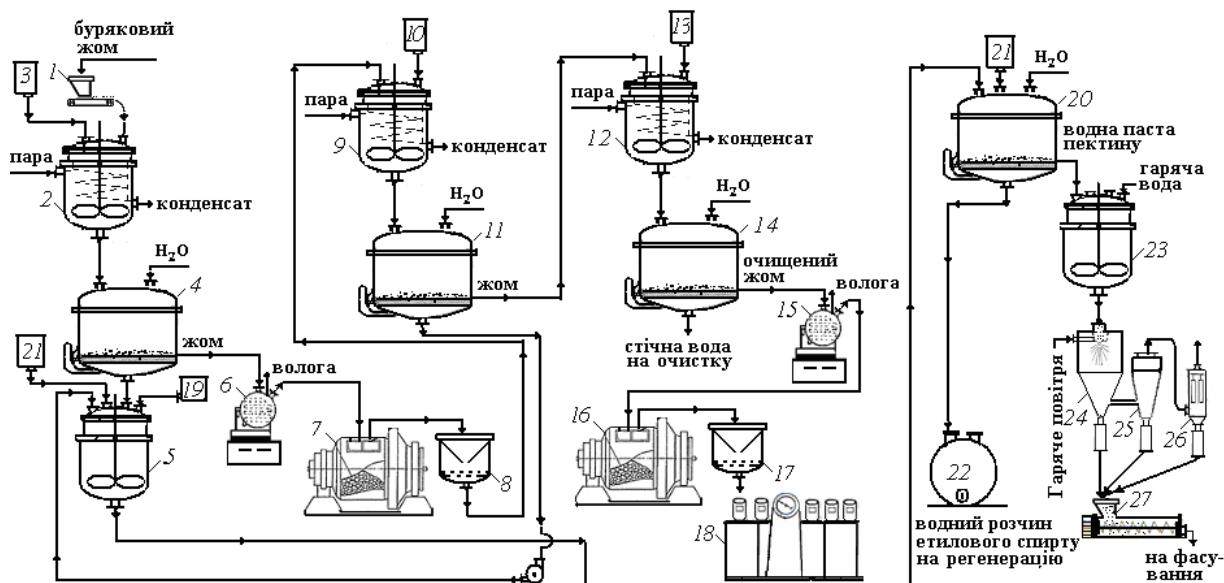


Рис. Дослідно-промислова технологічна схема виробництва пектину з буякового жому:

1 – пристрій приготування буякового жому; 2, 9 12 – апарати-гідролізатори відповідно I-ої та II-ої стадій екстракції та лужної обробки жому; 3 – мірник 0,3%-вого водного розчину HCl; 10 – мірник 1,2%-вого водного розчину HCl; 4, 11, 14, 20 – фільтрувальні установки; 5 – сміть екстрагованого пектинового розчину; 13 – мірник водного розчину луку; 6, 15 – вакуум-сушарка; 7, 16 – кульовий млин; 8, 17 – пристрій для відділення порошку жому; 18 – стіл фасування знепектиненого жому в дрібну тару; 19 – мірник 70%-вого етилового спирту; 21 – мірник 96%-вого етилового спирту; 22 – монтежу водного розчину спирту; 23 – апарат приготування водної суспензії пектину для сушіння; 24 – розпилююча сушарка; 25 – циклон; 26 – рукавний фільтр; 27 – шнековий накопичувач висушеного пектину для подання на фасування в дрібну тару

при температурі 90°C і при гідромодулі 1:200 при перемішуванні маси протягом 4 год. Розчин, що утворився після другої екстракції пектину, фільтрують на фільтрувальному апараті 11. Фільтрат разом із промивною водою поступає в апарат 5, де змішується з розчином пектину першої стадії екстракції або надходить в окремий збірник. З метою очищення буякового жому після другої екстракції його промивають на фільтрі 11 водою, віджимають і передають в апарат 12 для обробки водним розчином луку, що завантажується із мірника 13.

Фільтрація гідролізованої реакційної маси.

Після лужної обробки очищений жом фільтрують на фільтрувальному апараті 14, промивають водою і висушують у вакуум-сушарці 15 з подальшим подрібненням його в кульовому млині 16. Подрібнений жом відділяють від мелочих тіл та розфасовують на лінії 18 з передачею замовнику очищеного пектину.

До розчину суміші пектинових речовин I та II фракцій, що містяться в апараті 5, із мірника 19 додають два об'єми 96%-вого етилового спирту. Масу перемішують, віджимають на фільтрувальному апараті 20, і повторно із мірника 21 додають два об'єми 70%-вого водного розчину етилового спирту. Після перемішування суспензію фільтрують, осад пектинових речовин на фільтрі дворазово промивають 70%-вим розчином етилового спирту із мірника 21 та промивають водою. Фільтрат, що містить етиловий спирт та промивні води, надходить у монтежу 22, з метою регенерації етилового спирту. Кубовий залишок після ректифікації спирту передають спалювання або на біохімічистку (БХО).

Висушування готового продукту. Водна паста пектинових речовин із фільтрувального апарату 20 поступає в апарат з мішалкою 23, де розбавляється гарячою водою і при постійному перемішуванні суспензія пектину подають у камеру розпилюючої сушарки 24 із нержавіючої сталі. Водна суспензія із апарату 23 самопливом поступає в камеру 24 сушарки з одночасним поданням теплоносія, нагрітого в теплогенераторі до необхідної температури повітря. Температура на виході із сушарки складає 80±5°C і регулюється швидкістю подачі потоку суспензії пектину на висушування.

Пиловидний пектин після циклону 25 направляється на додаткове уловлювання в рукавний фільтр 26. Висушений пектин із сушальної камери 24, циклону 25 і рукавного фільтру 26 поступає в шнековий накопичувач 27 з якого готовий продукт розфасовують у транспортну тару і відправляють на склад або замовнику.

Практичне використання отриманого пектину. Пектинові речовини, отримані на першій стадії екстракції (високомолекулярні) можуть бути використані в харчовій промисловості в якості загущувача і структуроутворювача. Низькомолекулярні пектинові речовини (друга стадія екстракції) рекомендуються для застосування у фармацевтичній промисловості в якості фізіологічно-активних речовин. Буяковий, очищений від пектину жом (15% від маси сухих речовин), може застосовуватися для створення нанофібрилярної або нанокристалічної целюлози, яка використовується в медичній практиці.

Таблиця

Основні функції і області використання одержаного пектину

Функціональна характеристика	Область використання
Гелеутворювач	Технологія харчових та фармацевтичних виробів
Структурутворювач	Технологія фармацевтичних та косметичних виробів
Загущувач	Технологія фармацевтичних та косметичних виробів
Стабілізатор	Технологія харчових та фармацевтичних виробів
Комплексоутворювач	Хімічна технологія лікарських препаратів
Капсулювання лікарських препаратів	Технологія фармацевтичних виробництв, медицина
Кровопринювач та заживлювач	Медицина, фармацевтичне виробництво
Кров'яний плазмозамінювач	Медицина, фармацевтичне виробництво

Напрацьовані в дослідно-виробничих умовах Інституту хімічних технологій та промислової екології (ІХТПЕ, м. Рубіжне) зразки пектину за рекомендаціями [25-27] випробувані при випічці хлібобулочних та кондитерських виробів на харчосмаковій фабриці (м. Кременна, Луганської обл.). Частина зразків апробовані в якості ефективної добавки до комбікормів для курей і великої рогатої худоби.

Основні функції та сфери застосування синтезованого за вдосконаленим способом пектину наведено в таблиці.

Зразки пектину, отриманого з бурякового жому, відповідають міждержавному стандарту (ДСТУ 21186), що діє на території України [28], за всіма показниками якості: зовнішнім виглядом, запахом, кольором, смаком, ступенем етерифікації, гелеутворюючою здатністю з кількістю часточок волокнистої фракції і мікробіологічною властивістю та відсутністю сторонніх домішок. Для фармацевтичних препаратів у пектині в необхідній кількості містяться метоксигрупи і галактуронова кислота та відсутні нітрати, цукор, органічні кислоти, сполуки міді, свинцю та інших шкідливих елементів.

Висновки. 1. Удосконалена технологія одержання пектину в порівнянні з відомими технологіями, відрізняється безвідходністю та екологічністю, так як при екстракції використовується в низьких концентраціях хлороводнева кислота. При виділенні пектину в якості екстрагенту застосовується відновлений дистиляцією етиловий спирт. 2. Оптимізовано умови екстракції пектину з бурякового жому, що дозволяє отримати пектин з виходом до 30%, а відходи від екстракції пектину, які використовуються як біопаливо або для технологічних потреб у виробництві матеріалів медичного призначення і ін.

Література

- Ostrovka MV, Sokolenko NM, Ostrovka VI, Moroz OV, Popov EV Food dye and pectin from red beets, their production. In the collection. IV International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS» December 23-25, 2020 in Toronto (Canada). – P. 559-566.
- Iklasova A. S., Sakipova Z. B., Bekbolatova E. N. Pectin: composition, production technology, application in the food and pharmaceutical industries. Review article. Kazan National Medical university S. D. Asfendiyarova.
- Donchenko L.V. Technology of pectin and pectin products. - M.: Deli, 2000. - 256 p.
- Golubev V. N. Pectin: chemistry, technology, application. - M.: Chemistry. - 2005. - 317 p.
- Protsyshyn B, N., Weinberg R. Sh., Gordienko P. V. The use of pectin substances for the treatment and prevention of victims of the Chernobyl accident // National Academy of Sciences of Ukraine - Chernobyl: Coll. scientific works / Nat. bibl-ka of Ukraine named after VI Vernadsky. - K.: 2006. - Access mode: <http://www.nbu.gov.ua/books/2006/chernobyl/pbn.pdf>.
- Dolinsky A. A., Zagorodniy V. A., Weinberg R. Sh., Protsyshyn B. N. Pectic substances - effective means of human protection from the harmful effects of the environment // in: Antiradiation nutrition. - Kiev. - 2000. - P. 32-36.
- Sobol I. V., Rodionova L. Ya., Barysheva I. N. Study of the possibility of obtaining pectin extracts of high purity // Scientific journal of KubSAU. - 2016. - №123 (09). - P. 54-59.
- Golubev V. N. Pectin: Chemistry, technology, application. - M.: 1995. - 155 p.
- Betaeva E. A. Pectin, its modifications and application in the food industry // Food industry. - 1992. - №7. - 1992. - P. 32-39.
- Grinchishina Z. F. The use of pectin in food production // Storage and processing of agricultural raw materials. - 1998. - №1. - P. 35-39.
- Sokol N. V., Khatko Z. N., Donchenko L. V., Firsov G. G. The state of the pectin market in Russia and abroad // Maikop State Technological University. - 2008. - P. 30-35.
- Author's certificate of the USSR 840043, C08B 37/06, 1981.
- Author's certificate of the USSR 664947, C08B 37/06, 1979.
- Patent application GB № 2201684, C08B 37/06, 1988.
- Russian Patent № 2116313, IPC C08B 37/06, 1998.
- Russian Patent № 2528496, IPC C13B 5/06, 2014.
- Russian Patent № 2262866, IPC C08B 37/06, 2005.
- Russian Patent № 2088112, IPC C08B 37/06, 1997.
- Russian Patent № 2262865, IPC A23L 1/0524, 2005.
- Russian Patent № 2022969, IPC C08B 37/06, 1994.
- Russian Patent № 2501810, IPC C08B 15/00, 2013.
- Donchenko L. V., Firsov G. G. Pectin main properties, production and application. - M.: 2007. - 174 p.
- Weinberg R. Sh., Bogdanov S. A., Butsky N. D. Relationship between heat exchange conditions of pectin production with the kinetics of their dehydration and structure formation. Heat and mass transfer - 2000. Minsk: ANC "ITMO them. A. V. Lykov»NASB. - 2000. - T. 9. - p. 76-82.
- Protsyshyn B. N., Weinberg R. Sh. Thermotechnological aspects of production and results of use of pectin radioprotectors. - Industrial heat engineering. - 2003. - V. 25, № 4. - P. 183-185.

25. Skobelskaya Z. G., Goryacheva G. N. Technology of production of sugar confectionery. - M.: ProfObrIzdat. - 2002. - 416 p.
26. Russian Patent № 2043035, 1995, A23b 1/06. Jelly marmalade and method of its production. - Bull. № 25, 1995.
27. Russian Patent № 2260314, 2005, A23b 1/06. The method of preparation of jelly marmalade. - Bull. № 26, 2005.
28. GOST (DSTU) 29186-91. Pectin. - International standard. - 15 p.

References

1. Ostrovka MV, Sokolenko NM, Ostrovka VI, Moroz OV, Popov EV Food dye and pectin from red beets, their production. In the collection. IV International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS» December 23-25, 2020 in Toronto (Canada). – P. 559-566.
2. Iklasova A. S., Sakipova Z. B., Bekbolatova E. N. Pectin: composition, production technology, application in the food and pharmaceutical industries. Review article. Kazan National Medical university S. D. Asfendiyarova.
3. Donchenko L.V. Technology of pectin and pectin products. - M.: Deli, 2000. - 256 p.
4. Golubev V. N. Pectin: chemistry, technology, application. - M.: Chemistry. - 2005. - 317 p.
5. Protsyshyn B. N., Weinberg R. Sh., Gordienko P. V. The use of pectin substances for the treatment and prevention of victims of the Chernobyl accident // National Academy of Sciences of Ukraine - Chernobyl: Coll. scientific works / Nat. bibl-ka of Ukraine named after VI Vernadsky. - K.: 2006. - Access mode: <http://www.nbu.gov.ua/books/2006/chernobyl/pbn.pdf>.
6. Dolinsky A. A., Zagorodniy V. A., Weinberg R. Sh., Protsyshin B. N. Pectic substances - effective means of human protection from the harmful effects of the environment // in: Antiradiation nutrition. - Kiev. - 2000. - P. 32-36.
7. Sobol I. V., Rodionova L. Ya., Barysheva I. N. Study of the possibility of obtaining pectin extracts of high purity // Scientific journal of KubSAU. - 2016. - №123 (09). - P. 54-59.
8. Golubev V. N. Pectin: Chemistry, technology, application. - M.: 1995. - 155 p.
9. Betaeva E. A. Pectin, its modifications and application in the food industry // Food industry. - 1992. - №7. - 1992. - P. 32-39.
10. Grinchishina Z. F. The use of pectin in food production // Storage and processing of agricultural raw materials. - 1998. - №1. - P. 35-39.
11. Sokol N. V., Khatko Z. N., Donchenko L. V., Firsov G. G. The state of the pectin market in Russia and abroad // Maikop State Technological University. - 2008. - P. 30-35.
12. Author's certificate of the USSR 840043, C08B 37/06, 1981.
13. Author's certificate of the USSR 664947, C08B 37/06, 1979.
14. Patent application GB № 2201684, C08B 37/06, 1988.
15. Russian Patent № 2116313, IPC C08B 37/06, 1998.
16. Russian Patent № 2528496, IPC C13B 5/06, 2014.
17. Russian Patent № 2262866, IPC C08B 37/06, 2005.
18. Russian Patent № 2088112, IPC C08B 37/06, 1997.
19. Russian Patent № 2262865, IPC A23L 1/0524, 2005.
20. Russian Patent № 2022969, IPC C08B 37/06, 1994.
21. Russian Patent № 2501810, IPC C08B 15/00, 2013.
22. Donchenko L. V., Firsov G. G. Pectin main properties, production and application. - M.: 2007. - 174 p.

23. Weinberg R. Sh., Bogdanov S. A., Butsky N. D. Relationship between heat exchange conditions of pectin production with the kinetics of their dehydration and structure formation. Heat and mass transfer - 2000. Minsk: ANC "ITMO them. A. V. Lykov»NASB. - 2000. - T. 9. - p. 76-82.
24. Protsyshyn B. N., Weinberg R. Sh. Thermotechnological aspects of production and results of use of pectin radioprotectors. - Industrial heat engineering. - 2003. - V. 25, № 4. - P. 183-185.
25. Skobelskaya Z. G., Goryacheva G. N. Technology of production of sugar confectionery. - M.: ProfObrIzdat. - 2002. - 416 p.
26. Russian Patent № 2043035, 1995, A23b 1/06. Jelly marmalade and method of its production. - Bull. № 25, 1995.
27. Russian Patent № 2260314, 2005, A23b 1/06. The method of preparation of jelly marmalade. - Bull. № 26, 2005.
28. GOST (DSTU) 29186-91. Pectin. - International standard. - 15 p.

Teteriev M. M., Sokolenko N. M., Ostrovka V. I., Moroz O. V., Popov Y. V., Ruban E. V. Waste-free technology of pectin production from waste industry waste

Studies have been conducted to create an improved simplified technology for obtaining oxidation-resistant food beet pectin from its extracts for the production of bakery, confectionery, jelly marmalade and other foods, which will reduce the duration of the process while reducing energy consumption. The object of research is the development of modern advanced, simplified technology for obtaining oxidation-resistant beet pectin from beet pomace. Such a product must meet the quality requirements that ensure its use in the food, confectionery, medical and pharmaceutical industries. In addition, the developed technology should provide maximum yield of the finished product (pectin) and optimal technological conditions for the processing of beet pulp. The aim of the study was to study the optimal conditions for obtaining pectin from beet pomace by hydrolysis with hydrochloric acid instead of nitric acid, followed by separation of pectin from the neutralized extract with 96% ethyl alcohol. To achieve this goal, the following tasks should be performed: to investigate the conditions of extraction of pectin from beet pomace and the conditions of its precipitation from the extract of ethyl alcohol; determine the optimal parameters of the process of obtaining pectin; to develop on the basis of the data received in the course of researches, the basic technological scheme of reception of pectin from beet pomace. On the basis of the performed researches and the received results the technological scheme of pectin production from red beet pomace is developed. The improved technology of pectin production in comparison with known technologies differs in waste-freeness and environmental friendliness as at extraction hydrochloric acid of low concentrations is used as extractant, and the ethyl alcohol restored by distillation is used for isolation of pectin. The conditions of pectin extraction from beet pulp have been optimized, which allows to obtain pectin with a yield of up to 30 percent. Samples of pectin obtained from beet pulp meet the interstate standard (DSTU 21186) in force in Ukraine [28], in all quality indicators: appearance, odor, color, taste, degree of esterification, gelling ability with the number of particles of fibrous fraction and microbiological properties and the absence of impurities. For pharmaceuticals, pectin contains the required amount of methoxy groups and galacturonic acid and no nitrates, sugar, organic acids, arsenic, lead and other harmful elements.

Wastes from pectin extraction are used as biofuels or for technological needs in the production of medical materials.

Keywords: *beet pomace, beet pectin, waste-free technology, process reduction and improvement, food product.*

Тетерев М. М. – аспірант Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Рубіжне),
e-mail: manirtet86@gmail.com.

Соколенко Н. М. – асистент кафедри фармацевтичної хімії та фармакогнозії (м. Рубіжне) Державний заклад «Луганський державний медичний університет», e-mail: sokolenkonadiya@gmail.com.

Островка В. І. – старший викладач кафедри екології та садово-паркового господарства (м. Рубіжне) Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, e-mail: ecology@iht.lg.ua.

Мороз О. В. – к.т.н., ФОП, e-mail: moroz.valeri@ukr.net.

Попов Є. В. – д.т.н., професор, кафедри екології та садово-паркового господарства (м. Рубіжне) Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, e-mail: zhenya.popov.46@gmail.com.

Рубан Е. В. – к.б.н., доцент кафедри нормальної фізіології та патологічної фізіології Державного закладу «Луганський державний медичний університет», e-mail: ruban.elin@gmail.com.

Стаття подана 11.06.2021.