

3. Білонога Ю.Л. Оптимізація параметрів відцентрового екстрагування у псевдозрідженому шарі при виробництві органопрепаратів / Кравців Р.Й. // Наукові праці ОНАХТ . – 2006 . – Випуск №28 . – С . 174 -181 .
4. Білонога Ю.Л. Спосіб інтенсифікації процесу екстрагування хонсуриду із застосуванням поверхнево-активних речовин / Ю.Л. Білонога, Б.Р. Ціж, Ю.Ю. Варивода, У.Р. Драчук // Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького. - 2008. – Т.10. №2. (37). – С.14 – 18.
5. Білонога Ю.Л. Шляхи енергозбереження із використанням поверхнево-активних речовин (ПАР) при екстрагуванні гепарину у псевдозрідженому шарі / Драчук У.Р. // Інтегровані технології та енергозбереження. -2009. - №2. – С.8-12
6. Білонога Ю.Л. Застосування в розчині екстрагента поверхнево-активної речовини (ПАР) під час виробництва ронідази / Драчук У.Р. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Збірник наукових праць. –2010. – №2 (12). –С.156–160.
7. Пат. 55103 А Україна, МПК 7А61К38/00, С07К/00. Спосіб інтенсифікації екстракції інсуліну з підшлункової залози забійних тварин / Р.Й. Кравців, Ю.Л. Білонога, Л.В. Занічківська. - № 2002075345; заявлено 01.07.02; опубл. 17.03.03, Бюл.№3.
8. Білонога Ю.Л. Інтенсифікація екстрагування ронідази із застосуванням поверхнево – активних речовин (ПАР) / Драчук У.Р. // Інтегровані технології та енергозбереження. -2010. - №3. – С.111-116.

УДК 662.756.3

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Бандура В.М. к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

*Стаття присвячена дослідженню енерговитрат підприємства при переробці олійних культур, розглянуто дослідження механізму та кінетики процесу сушіння цілого зерна насіння сої за допомогою інфрачервоного (ІЧ) опромінювання, а також процесів екстрагування олії з жмиху ріпаку мікрохвильовому полі.*

*The article is devoted for research of losses of energy of enterprise at processing of oil-bearing cultures, explored the mechanism and kinetics of process of drying of soybeans by use of infra-red (IR) irradiation, and also processes of extracting of oil from the oil cake of rape in the microwave field.*

**Ключові слова:** енергозбереження, інтенсифікація, сушіння, екстрагування, кінетика.

**Keywords:** energy-savings, intensification, drying, extracting, kinetics.

**Вступ.** Забезпечення сучасних вимог харчових виробництв пов'язано із необхідністю інтенсифікації технологічних процесів, створенню вискоелективних і економічних в енергетичному відношенні апаратів.

Підвищення ефективності (ККД) обладнання і технологічних схем – одна з найбільш актуальних проблем сучасності. За останні десятиріччя, після різкого підняття цін на енергоносії, енергетична складова в собівартості харчової продукції в Україні виросла в 10...20 разів і в даний час складає більше 25 %, що в 4 рази більше, ніж в середньому в Європі і в 6 разів, ніж в Франції. Тому харчові продукти, що виготовлені в Україні, мають низьку конкурентну спроможність на світовому ринку. Одним із напрямів розвитку харчової індустрії є впровадження нових енергоефективних технологій у виробництві рослинних олій від зберігання сировини до виготовлення готової олії з метою зменшення сумарних енерговитрат.

Ефективність використання енергії характеризується динамікою відповідних показників. Для того, щоб оцінити ефективність споживання енергоресурсів на підприємстві, необхідно, насамперед, визначити фактори, що будуть впливати на зміну цього споживання.

**Метою роботи** є оцінка ефективності витрати енергоресурсів, впровадження елементів енергозберігаючих технологій при переробці олійного насіння, вивчення механізму та кінетики процесу сушіння цілого насіння сої з використанням ІЧ опромінювання для розробки теоретичних основ даного процесу та дослідження впливу мікрохвильового поля на процес екстрагування олії з ріпаку (шроту та цілого зерна).

**Теоретичні передумови.** Всі фактори, що визначають рівень розвитку енергоспоживання поділяються на зовнішні і внутрішні по відношенню до промислового підприємства. Класифікацію факторів наведено в таблиці 1. Особливістю цієї класифікації є те, що наведені в ній фактори не розподіляються за впливом споживання різних видів енергії [1].

Серед внутрішніх факторів, котрі прямо впливають на обсяг споживання енергії, особливої уваги заслуговує зміна обсягу виробництва окремих видів продукції. При збільшенні кількості виробленої продукції частіше усього збільшується і кількість спожитих енергоресурсів. Однак, це характерно не для усіх випадків. Вплив даного фактора не можна розглядати окремо від фактора «структура виробленої продукції». При збільшенні виробництва менш енергомісткої продукції величина основного показника споживання енергії – енергомісткості – зменшиться, а при значних структурних змінах може зменшитися і кількість споживаних енергоресурсів.

Наступним внутрішнім фактором, що здійснює значний вплив на обсяг споживання енергії є структура споживаних енергоносіїв. Тут найбільш важливе значення має їх ефективність, що залежить, насамперед, від якості енергії. При поліпшенні якості енергоресурсів зменшується кількість відходів і, відповідно, зменшується загальне їх споживання. Величезне значення має і підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів.

Крім того, вплив на обсяг споживання здійснює і технічний рівень виробництва. Сюди, насамперед, потрібно віднести наявність досконалих енергозберігаючих технологій і сучасного устаткування. Зокрема, необхідно стежити за повнотою завантаження устаткування, збалансованістю потужності технологічних агрегатів і енергетичного приводу, порядку і часу проведення ремонтів устаткування.

В інфраструктурі промислового підприємства виділяють енергетичне господарство, оскільки всі основні й допоміжні виробничі процеси протікають із витратами енергії. Тому основне завдання організації енергетичного господарства полягає в надійному і безперебійному забезпеченні підприємства всіма видами енергії, повному використанні потужності енергопристроїв та їх утриманні в справному стані, у здешевленні вартості електроенергії та її економії.

Загальну схему енергоспоживання складають у вигляді енергетичного балансу, який являє собою систему взаємопов'язаних показників, що характеризують потребу підприємства у різних видах енергії, а також джерела її покриття.

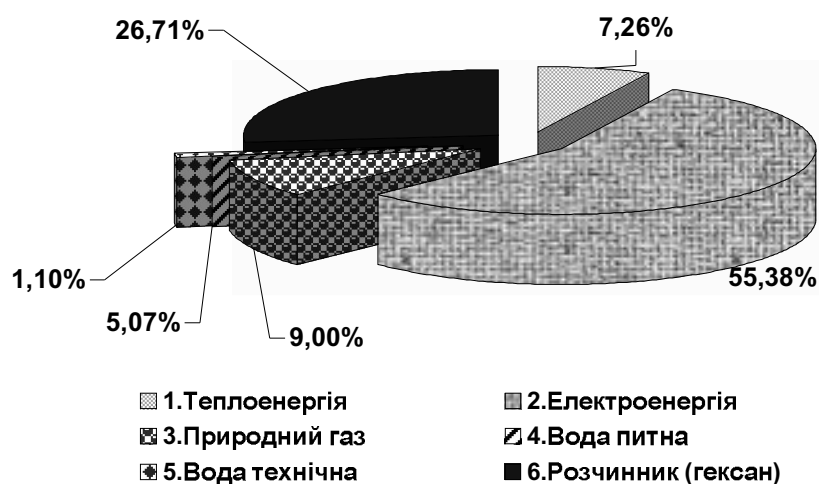
**Таблиця 1 – Класифікація факторів ефективності енергоспоживання та напрямків інвестицій в енергозбереження**

Напрямки енергозбереження		
	Комплексні	Часткові
Внутрішні	Підвищення технічного рівня виробництва	<ul style="list-style-type: none"> <li>– впровадження нової енергозберігаючої техніки;</li> <li>– впровадження нових енергозберігаючих технологій;</li> <li>– удосконалення діючої техніки й технологій;</li> <li>– поліпшення якості енергоресурсів, вибір параметрів енергоносіїв;</li> <li>– впровадження ефективних енергоносіїв</li> </ul>
	Удосконалення організації використання енергоресурсів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– оптимізація структури споживаних енергоресурсів;</li> <li>– оптимальний розподіл енергетичних навантажень;</li> <li>– використання вторинних енергетичних ресурсів;</li> <li>– удосконалення нормування, обліку й контролю за витратами енергії;</li> <li>– удосконалення системи економічного стимулювання раціонального використання енергії</li> </ul>
	Удосконалення організації виробництва і праці	<ul style="list-style-type: none"> <li>– поліпшення організації й структури виробництва;</li> <li>– максимальне завантаження енергоспоживаючого устаткування;</li> <li>– зміна обсягу виробництва окремих видів продукції;</li> <li>– скорочення втрат і відходів;</li> <li>– удосконалення організації та підвищення якості ремонтів енергоспоживаючого устаткування</li> </ul>
Зовнішні	<ul style="list-style-type: none"> <li>– удосконалення законодавчого регулювання споживання енергії;</li> <li>– посилення впливу органів державного нагляду за споживанням енергії;</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– посилення ринкового впливу;</li> <li>– посилення соціального і екологічного значення економії енергії</li> </ul>	

У ВАТ «Віолія» Вінницького олійно-жирового комбінату використовуються первинні види енергії, які закупаються в місцевих енергопостачальних організаціях у вигляді електроенергії, природного газу, води питної і технічної, розчинника. Для оцінки паливо-енергетичного забезпечення на підприємстві, що проводився за даними 2010 року складено частку сумарних витрат на кожний вид енергоресурсу.

Аналіз дохідної і витратної частин енергобалансу дозволяє намітити найбільш раціональні шляхи виробництва, отримання і споживання палива і енергії, а також є основою для розробки заходів із виявлення внутрішньовиробничих резервів з метою їх використання в народногосподарському обороті.

Далі в порядку систематизації запропоновані шляхи, заходи та напрями щодо економії паливно-енергетичних ресурсів, що рекомендуються згідно обраної стратегії.



**Рис. 1 – Частка сумарних матеріальних витрат на кожний вид енергоресурсу за даними 2010 року у ВАТ «Віолія» Вінницький олійно-жировий комбінат**

При впровадженні заходів з підвищення технічного рівня виробництва пропонуємо запровадити досушування зерна насіння соняшнику, ріпаку та сої застосувавши пріоритетний напрям короточасового високотемпературного інфрачервоного нагріву (ІЧ). Така технологія має значні переваги, але у вітчизняній харчовій галузі, на жаль, впроваджується досить складно. По-перше, із за відсутності ІЧ – обладнання. По-друге із-за нехватки досліджених технологічних схем організації виробництва і технічно-грамотного персоналу

В якості рішення відмічених проблемних місць високотемпературних технологій отримання термообробленого олійного насіння можна запропонувати способи ціленаправленої зміни вихідних властивостей переробленого зерна.

Особливістю передачі теплоти матеріалам, що нагріваються інфрачервоним опроміненням, в порівнянні з конвективною передачею, є можливість створення в багато разів більшої щільності потоку теплоти. Це дозволяє досягти значно більшої швидкості прогрівання матеріалу. В процесі термовологої обробки проходить послаблення міцності зернівки, проходять глибокі біохімічні зміни у вуглеводному, жировому і білковому комплексах сировини. Підвищується строк безпечного зберігання. Виходячи із вищезазначеного проведений аналіз говорить про те, що використання ІЧ опромінення для сушіння олійної рослинної сировини має значні перспективи.

Також основою збільшення продуктивності і зниження енерговитрат на проведення процесів служить проектування, створення і впровадження високоефективних технологічних апаратів з малою питомою енергоємністю і

матеріалоємністю, високим ступенем взаємодії на речовини, що обробляються [2. 3].

В даний час перспективним науково-технічним напрямом є дослідження процесів розробка процесів і апаратів з енергетичною дією на гетерогенне середовище за рахунок мікрохвильового поля при екстрагуванні. Такі розробки базуються на нових теоретичних, експериментальних, інженерних рішеннях і дослідженнях фізико-хімічних процесів в середовищах, що обробляються.

У виробничих умовах процес екстрагування з рослинної сировини ведеться, як правило, з висушеного матеріалу. Це накладає певні особливості на механізм екстракції. Процес екстракції проходить у дві стадії; осмотичного набухання (замочування) клітини з розчиненням її вмісту (рух розчинника всередину кліти-

ни) і стадії екстрагування (транспортування макромолекул розчинених речовин із клітини через мембрани, пори і капіляри в об'єм розчинника).

Перспективним шляхом ефективної організації екстрагування є комбіновані процеси із залученням бародифузійних мікрохвильових технологій [4, 5].

За останні 10-20 років мікрохвильові технології, що основані на використанні енергії змінного електромагнітного поля надвисокочастотного діапазону широко використовуються в різних галузях промисловості.

Енергія мікрохвиль утворюється із електричної енергії, що переходить в мікрохвильову, завдяки генератору. Мікрохвилі нагрівають продукт. Можна порівняти характеристики мікрохвильового нагріву з традиційними методами [4, 5, 6]:

- 1) висока швидкість процесу (так, час сушіння скорочується в 10...30 раз);
- 2) невеликий час виходу на режим (не перевищує 1...2 хв.);
- 3) матеріал прогрівається більш рівномірно (тепло розподіляється по всьому об'єму матеріалу, незалежно від його теплопровідності);
- 4) безінерційність нагріву і можливість повної автоматизації процесу (нагрівання можна швидко розпочати і швидко призупинити); [4];
- 5) високий к.к.д. процесу;
- 6) значно менше втрачається тепла в навколишнє середовище і зниження його забруднення (не потрібно використовувати теплоносії)

Задачами дослідження було визначення доцільності залучення ІЧ опромінення насіння сої та дослідження впливу мікрохвильового поля на екстрагування олії з ріпаку.

Для вивчення впливу технологічних, енергетичних і конструктивних параметрів при ІЧ опроміненні на ефективність видалення вологи з продукту була створена експериментальна установка.

Вона працює наступним чином: всередині сушильної камери з розташовувалася корзинка з наважкою досліджуваного продукту, яка, з допомогою мідного дроту була поєднана з електронними вагами. Установку вмикали і, використовуючи регулятор потужності ІЧ опромінювача, виставляли необхідну потужність. Наступним кроком було ввімкнення вентилятора та ІЧ опромінювача.

В подальшому щохвилини знімалися показники маси та температур повітря і продукту. Для вимірювання температур повітря і продукту використовували термопару хромель-алюмель, сполучену з потенціометром, який потім відображав данні про температури.

Шар зерна сої з питомим завантаженням рівним відповідно 2,5; 5; 7,5; 10 кг/м<sup>2</sup> поміщали в установку з ІЧ опромінювачем, слідом піддавали впливу ІЧ опромінення певної потужності 100, 200, 300, 400, 500 Вт до того часу, коли температура продукту почне дорівнювати чи перевищувати 70 °С або до тих пір, коли від початку експерименту пройде 50 хв. При цьому, щохвилини, знімалися показники маси, температур продукту та повітря. Далі досліджували кінетику процесу.

Вивчення кінетики екстрагування проводили на експериментальній установці в лабораторних умовах. В експериментах забезпечувалися однакові параметри мікрохвильової обробки та різний температурний режим екстрагування. Потужність мікрохвильового поля складала 425 Вт, а частота хвиль – 2450 МГц. Об'єктом дослідження був подрібнений шрот ріпаку з розміром частинок 0,5 – 0,62 мм та вологістю 9,6 % (розчинник – спирт).

Методика експериментального дослідження полягала в наступному. Подрібнений шрот з розчинником поміщали в скляну колбу і піддавали впливу електромагнітного поля 12 – 15 хв. В процесі обробки температура реакційної маси зростає до 68 – 70 °С. Далі досліджували кінетику процесу.

#### **Результати експериментальних досліджень.**

Результати експериментальних досліджень (рис. 2, 3) свідчать, що зменшення вологості продукту від залучення ІЧ опромінювача є дієвим, до того ж, було встановлено, що збільшення питомого завантаження до 7,5 кг/м<sup>2</sup> призводить до збільшення виходу вологи, а наступне збільшення питомого завантаження є недоцільним, тому що вилучення вологи не підвищується, або ж, взагалі, знижується, що можливо пояснити недостатньою проникністю ІЧ променів всередину всього завантаженого продукту.

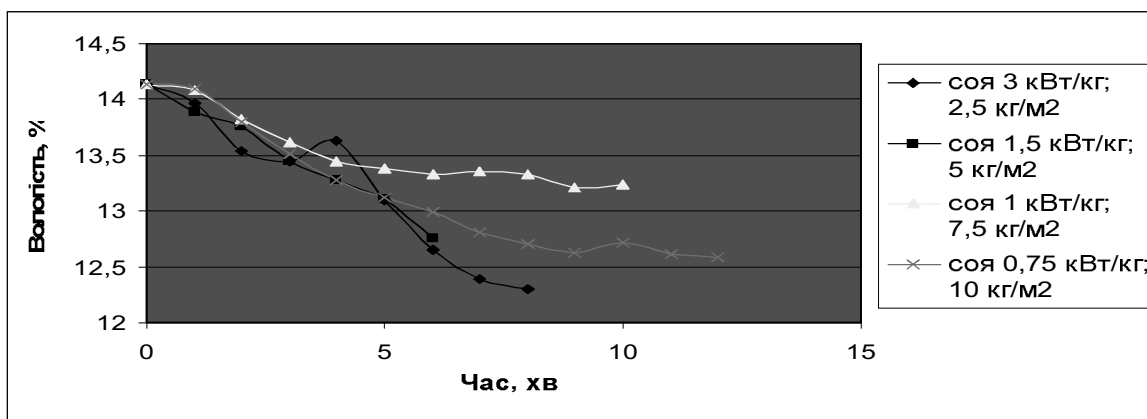


Рис. 2 – Залежність зниження вологості цілого зерна сої різної маси від часу його сушіння ІЧ опромінювачем за потужності 300 Вт

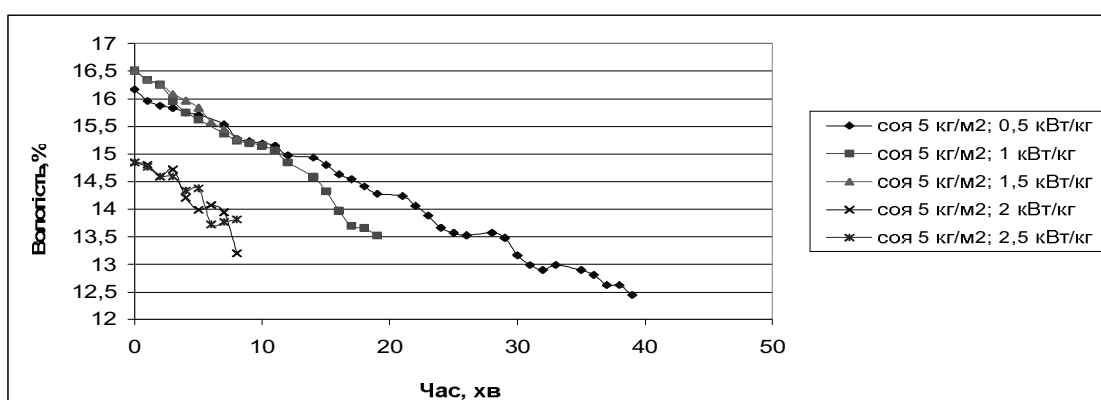


Рис. 3 – Залежність зниження вологості цілого зерна сої питомою масою 5кг/м<sup>2</sup> від часу його сушіння ІЧ опромінювачем різними питомими потужностями

Також, за результатами досліджень було встановлено, що сушіння з використанням ІЧ опромінювача за питомої потужності до 3 кВт/кг призводить до поступового та найповнішого випаровування вологи, але при цьому витрачається більше часу; на противагу цьому збільшення потужності до 4-5 кВт/кг призводить до пришвидшення вилучення вологи, але при цьому продукт швидше підігрівається до критичної межі, що може значно погіршити його властивості.

Щодо проведення експериментальних досліджень з екстрагування проту ріпаку спиртом в мікрохвильовому полі то відомо, що активація реагуючих молекул можлива при нагріванні речовин, при виділенні енергії в ході самої реакції, а також при поглинанні реагентами квантів випромінювання (радіоактивного, світлового, електромагнітного та ін.), під дією ультразвуку чи електричного розряду і навіть при ударах у стінку колби. Для активації молекул використовували електромагнітне поле, яке приводило в рух частинки. Утворюючий шар частинок сприяв турбулізації потоку і ефективному перемішуванню реакційної маси. Турбулізація потоку і дія електромагнітного поля призводять до зміни коефіцієнта масо-передачі, енергії початкових з'єднань та швидкості процесу.

Рисунок 5, 6, 7 свідчить, що найменше вилучення екстрактивних речовин без дії електромагнітного поля. Виходячи з загальних положень теорії екстрагування в системі «тверде тіло – рідина», для того, щоб прискорити екстракцію, необхідно збільшити рушійну силу процесу та зменшити опір його протікання.

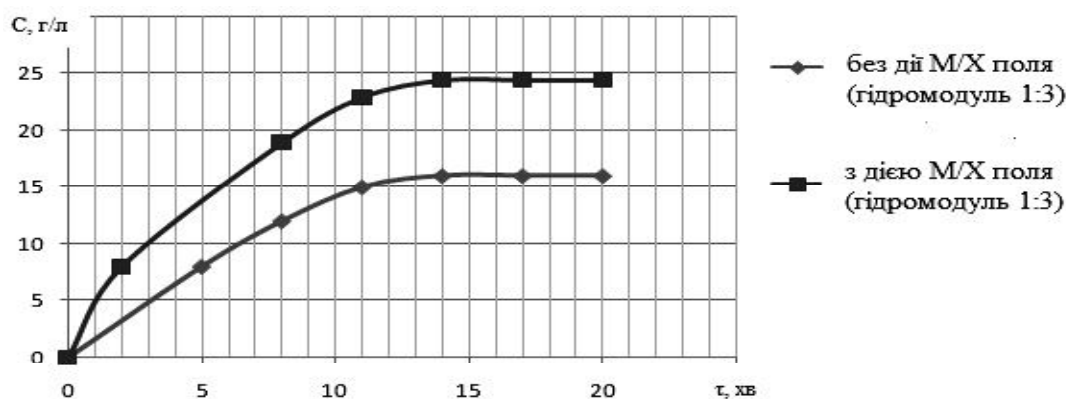


Рис. 4 – Залежність концентрації від часу у процесі екстрагування олії спиртом із шроту ріпаку при температурі кипіння

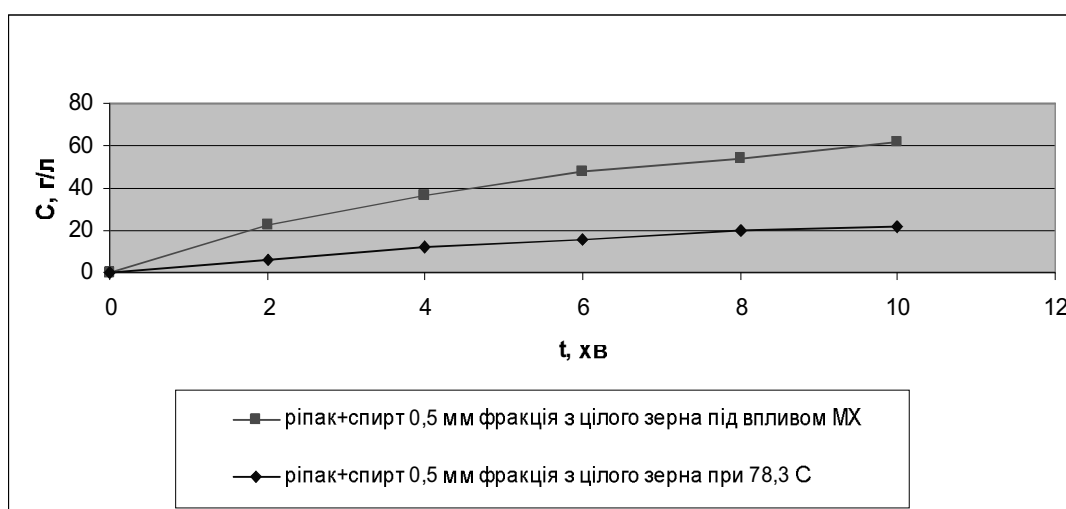


Рис. 5 – Вплив мікрохвильового поля на екстрагування ріпаку фракції 0,5 мм етиловим спиртом

При сталому значенні розміру часточок цього можна досягти регулюванням температури процесу та співвідношенням фаз, тобто гідромодулем. Але, найбільш суттєвий результат очікується при залученні до переносу цільових компонентів потужного бародифузійного потоку із системи капілярів твердої фази. Передбачається, що за допомогою бародифузії з'явиться можливість максимально вилучити із мікрокапілярів сировини олію.

**Висновки.** Проведений аналіз та експериментальні дослідження говорять про те, що використання ІЧ опромінення для сушіння олійної рослинної сировини має значні перспективи. Показано, що зі збільшенням потужності ІЧ опромінення до  $1 \text{ кВт/м}^2$  та питомим завантаженням до  $7,5 \text{ кг/м}^2$  збільшується вилучення вологи з продукту. Ці дані можна вважати доцільними для процесу сушіння ІЧ опромінюванням і їх можна застосовувати як рекомендації на харчових підприємствах.

В результаті проведених досліджень можна зробити висновок про те, що поряд із класичними технологіями інтенсифікування процесу екстрагування, використання МХ-технологій представляється реальним і досить перспективним. На основі отриманих даних, доказано, що в процесі екстрагування полегшено вихід цільового компоненту з вагомим збільшенням показнику концентрації та значно зменшено час вилучення олії.

#### Література

1. Михайленко І. Д. Енергозбереження, як важлива складова енергетичної безпеки України // Енергосбереження – 2005, № 8. С.27-31.

2. Беляев, М.И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов: моногр. / М. Беляев, П. Пахомов. – Х.: ХИОП, 1991. – 160 с.
3. Тучный В.П., Иванов В.М., Левченко Е.А., Кармазин Ю.А., Гаврилок Н.Н. Технологии завтрезнего поля. Материалы второй Всеукраинской научно-практической конференции «Микроволновые технологии в АПК Украины» Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. Вып.6, Одесса, 2007.-С.9-15.
4. Бандура В.М. Перспективи комбінованих методів переробки олійних культур. Зб.наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Вип. 8. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2011. С.32-36.
5. Бошкова И.Л., Волдгушева Н.В., Тучный В.П. Совмещение микроволновой обработки с линией экстрагирования растительного масла. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. Вып.7-8, Одесса, 2009.-С.45-48.
6. Пешук Л.В., Носенко Т.Г. Біохімія та технологія оліе-жирової сировини.–К.: Центр учбової літератури, 2011.–295с.

УДК 66.047.085-035.2

## МИКРОВОЛНОВАЯ СУШКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ – БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Яровой И.И.

Одесская Национальная Академия Пищевых Технологий, г. Одесса

*В статье приведен краткий обзор реализаций установок для сушки и термообработки растительного сырья использующих в качестве генераторов тепловой энергии микроволновые излучатели небольшой мощности с частотой колебаний  $2450\pm 50$  МГц. Обсуждаются их конструктивные особенности, проблемы конструирования таких установок, преимущества и ограничения в их использовании.*

*In the paper a short overview of realizations plants for drying and thermal treating of vegetable raw which use low power microwave emitters with frequency  $2450\pm 50$  MHz as heat energy generators. Their constructional features, problems of constructing such plants, advantages and drawbacks in using are considered.*

**Ключевые слова:** сушка, СВЧ излучение, микроволновое оборудование, растительное сырье.

Введение. Тепловое воздействие – одна из наиболее широко распространенных технологических операций в процессах обработки растительного сырья, а тепловой нагрев с целью уменьшения исходного влагосодержания обрабатываемого сырья (сушка) – один из наиболее распространенных способов консервирования, подготовки и полуфабрикатирования пищевых продуктов.

Традиционно в пищевой промышленности широко используются технологии сушки основанные на конвекционных механизмах обезвоживания. Использование в процессе сушки сушильного агента несет в себе принципиально – неустраняемые недостатки конвективного способа сушки которые обусловлены особенностями взаимодействия сушильного агента (горячего воздуха) с сырьем. Большинство проблем возможно только смягчить но не исключить полностью так как они являются следствиями данного способа сушки.

Большая энергоемкость и низкая энергоэффективность процесса конвекционной сушки на сегодня оправдывают свое существование благодаря огромной базе уже имеющегося сушильного оборудования и слабой распространенности более эффективных технологий сушки.

**Объект исследования.** Одной из наиболее перспективных технологий обезвоживания сырья и продуктов его переработки является микроволновая сушка, имеющая целый ряд важных отличий и преимуществ по сравнению с конвективными технологиями. Во-первых, она не использует теплоноситель уменьшающий теплопередачу, увеличивающий потери в тракте передачи тепла, способствующий загрязнению обрабатываемого материала и уносящий часть тепла (и сырья) в атмосферу. Во-вторых, вследствие особенностей физического процесса микроволнового нагрева материал частичек сырья или продукта не перегревается локально (вблизи стенок и вводного коллектора сушилки) а тепловыделение происходит в объеме высушиваемого материала, при этом его температура в процессе нагрева будет выше, чем температура стенок аппарата. В-третьих, интенсивность нагрева не зависит от агрегатного состояния материала – только от его свойств и мощности излучателя.

При достаточной мощности СВЧ излучения (или длительности его воздействия) вода содержащаяся в продукте начинает испаряться непосредственно во внутренних слоях продукта, при этом испарение