

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**УДОСКОНАЛЕННЯ  
ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ —  
ЗАПОРУКА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ  
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

*10 – 11 квітня 2012 р.*

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

Київ НУХТ 2012

**Удосконалення** процесів і обладнання — запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 10 – 11 квіт. 2012 р.: Матеріали доп.: К.: НУХТ, 2012. — 155 с.

В збірнику, присвяченому ювілею кафедри «Процесів і апаратів харчових виробництв», опубліковано тези доповідей за результатами фундаментальних теоретичних розробок та надзвичайних прикладних досліджень у галузі процесів та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв, поданих на Міжнародну науково-практичну конференцію «Удосконалення процесів і обладнання — запорука інноваційного розвитку харчової промисловості».

**Матеріали конференції видано в авторській редакції.**

**Редакційна колегія:** С.В. Іванов, Т.Л. Мостенська, О.Ю. Шевченко, І.Ф. Малежик, Л.М. Мельник, В.Л. Зав'ялов, А.А. Долінський, О.І. Черевко, В.М. Атаманюк, О.Г. Бурдо, С.М. Василенко, Кшиштоф Лукасік, А.С. Лупашко, М.С. Мальований, П.Л. Шиян, О.М. Остріков, І.П. Паламарчук, А.І. Соколенко, В.О. Сукманов, В.М. Таран, В.Г. Мирончук, Ю.В. Запорожець (відповідальний секретар).

© НУХТ, 2012

# **1. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ ЧИПСОВ ИЗ ТЫКВЫ**

**А.Н. Остриков**

**Е.Ю. Желтоухова**

*«Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж*

Использование стационарных режимов сушки тыквы позволит интенсифицировать процесс сушки, сократить время сушки тыквы, применение «мягких» температурных режимов, максимально адаптированных к основным кинетическим закономерностям, позволит снизить негативное воздействие на термолабильные вещества тыквы и повысить их качество.

Целью работы является исследование кинетики процесса сушки тыквы для разработки стационарных режимов ее сушки.

Процесс сушки тыквы исследовали в следующих диапазонах изменения технологических параметров: температура воздуха 318...333 К; скорость потока воздуха — 0,3...1,6 м/с, толщина дольки тыквы  $1,5 \cdot 10^{-3}$  м, расстояние от продукта до поверхности ИК-лампы — 0,32 м. Из анализа кривых сушки и скорости сушки (рис. 1) и температурной кривой и термограммы (рис. 2) процесса сушки тыквы при стационарном температурном режиме видно, что имеют место три периода: прогрева, постоянной и убывающей скоростей сушки.

Период прогрева характеризуется нагревом наружных слоев и испарением влаги с поверхности тыквы в виде пара в воздух. Температура поверхностного слоя с самого начала сушки возрастает, в толще продукта возникают температурные градиенты, который уменьшается к центру продукта. Влага из поверхностных слоев начинает испаряться в виде пара и уходит в воздух, поле влажности внутри долек тыквы становится неоднородным: на поверхности влажность ниже, чем в его толще, т. е. появляется градиент концентрации влаги, которые увеличиваются к центру продукта. Под действием этого градиента влага в жидком виде начинает перемещаться к поверхности продукта. При этом поток влаги преодолевает сопротивление продукта, которое снижает скорость продвижения влаги, вследствие чего повышается температура долек тыквы (рис. 2). Период постоянной

скорости сушки характеризуется постоянной температурой продукта (рис. 2), при этом удаляется капиллярная влага. В этот период вся теплота, подводимая к долькам тыквы, затрачивается на интенсивное поверхностное испарение влаги, и температура продукта остается постоянной. Период убывающей скорости сушки характеризуется снижением скорости сушки и увеличением температуры тыквы (рис. 1 и 2), при этом удаляется адсорбционная влага.

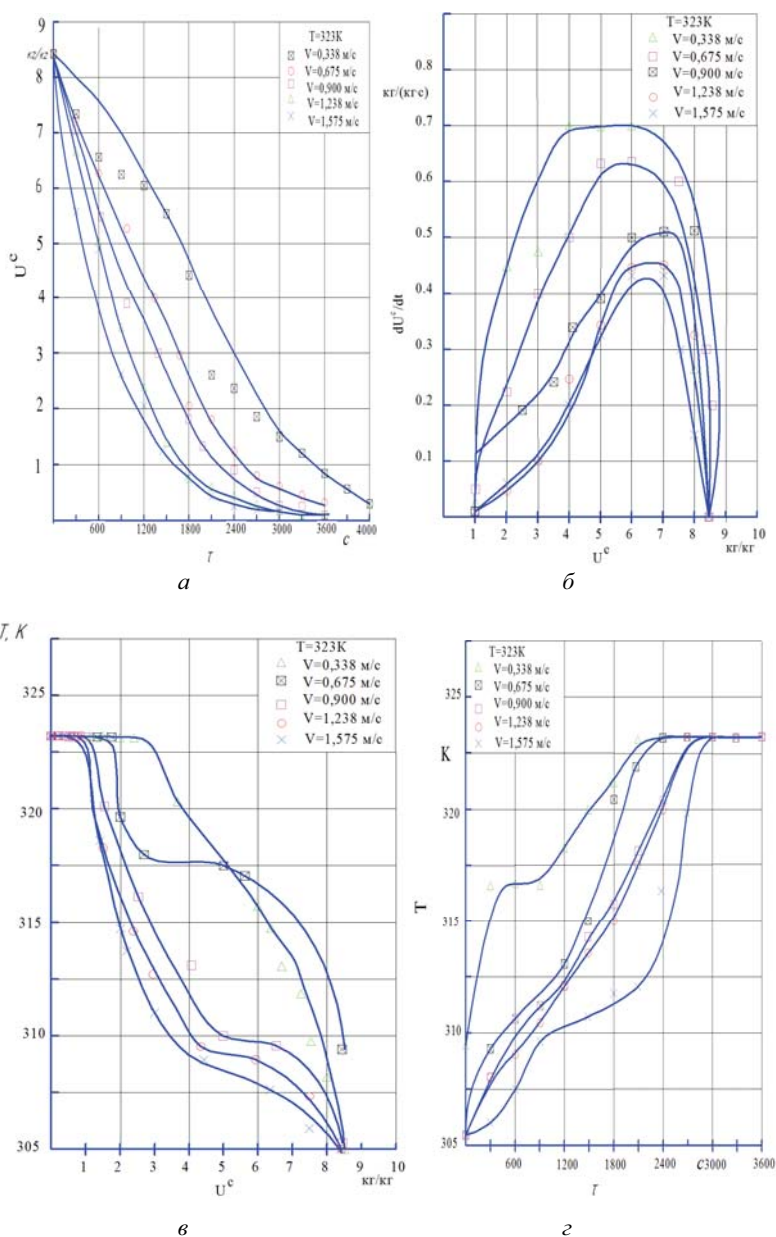


Рис. 1. Кривые сушки (а), скорости сушки (б), температурные кривые (в) и термограммы (з) тыквы при режиме нагрева  $T = 323\text{ K}$

Этот период начинается в тот момент, когда влажность на поверхности продукта становится равной гигроскопической. Это приводит к интенсификации углубления зоны испарения внутрь материала. При этом также прекращается охлаждающее действие процесса испарения с поверхности тыквы и температура этой поверхности увеличивается, стремясь к заданной (постоянной) температуре нагрева продукта, которая поддерживалась импульсным режимом работы ИК-лампы. Все это приводит к уменьшению количества теплоты, передаваемой через поверхность тыквы из окружающей среды. Находясь в достаточно длительном контакте со стенками пор, пар успевает прогреться до температуры стенок и с поверхности тыквы пар уходит в воздух ИК-камеры с температурой поверхности продукта.

В результате эксперимента были выявлены стационарные режимы. Предлагаемый стационарный режим сушки позволяет добиться равномерного высушивания долек тыквы и интенсивного испарения влаги с их поверхности. При этом нагрев долек тыквы происходит медленнее, чем из них испарится влага, что полностью исключает перегрев продукта и обеспечивает его высокое качество. В дальнейшем исследования будут использоваться для разработки рациональных комбинированных режимов сушки тыквы.

## **2. DEFINING OF ASEPTIC TANK POSITION IN THE PRODUCTION PROCESS OF COSMETIC AND PHARMACEUTIC PRODUCTS**

**V.D. Rasheva, PhD**

**G.I. Valtchev, PhD**

**St.C. Tasheva, PhD**

*University of Food Technologies, Bulgaria*

**Introduction:** Aseptic filling of sterile medicines is one of the most critical processes in biopharmaceutical industry. This process requires a good coordination between personnel, sterilized product, technological equipment and clean premises. Micro contaminations have infinitesimal dimensions and the surfaces, which look clean, in fact may be not so clean and sterile. Therefore the aseptic processes are highly dependent on the equipment, detail technological procedure and control.

These processes are carried in a completely automated **installation for liquid pharmaceutical or cosmetic products**. The equipments are made from a high-quality stainless steel. All components, which could be wetted from the working fluids are mechanically grinded or electrolytic polished with aim to achieve a smoothness of the inside surfaces, and all links are orbital welded. Each of the preliminary tanks is placed on a bearing construction in an individual clean room. In such way cross-contamination with active substances from other products is eliminated. The active substances and the working liquids are added to the aseptic vessels through a direct connection or through vacuum suction from the reservoirs. All installed, manually or pneumatically controlled, valves are membrane. Each one of the technological tanks could be connected with each one of the storage tanks. This gives flexibility of the aseptic system. Each storage tank is connected with a filling machine. An automatic cleaning and drying up process of all, wetted from the working liquids, components is provided. The product transfer from the preliminary tank to the storage tank, cleaning in place (CIP), sterilization in place (SIP) and drying up in the different sections of the aseptic installations could be done at the same time.

**Aseptic tank**, as a part of these installations is used for hermetic storage of different pharmaceutical, biotechnological and cosmetic semi-manufacture products, or as a technological vessel. Thus the production season could be prolonged and the production costs could be sharply decreased. There is no requirement from the additional use of expensive apparatuses for product cooling. The aseptic tank secures safety of the sterile products through constant pressure and temperature, and guarantees products stable quality during the whole production season. The repeatedly product heating, due to the stopping of the production process or to the shortage of the filling machine capacity could be avoided. The other advantage is that the sterile intermediate storage of the aseptic product ensures continuously operation of the filling machine, even during the process of cleaning in place. The aseptic tank ensures flexible connections between one or more technological processes and filling lines, and also different products could be filled and packed at the same time without manual intervention. The vessel usually has a double jacket for cooling water circulation and it is sterilized with steam. The vessels are provided with aseptic connections and inlet port with steam barrier. The aseptic tanks are also equipped with the necessary accessories — an access hatch, safety valves on the steam and sterile air lines, CIP and SIP systems and a mixer at customer's request, a system of holes with valves for charging and discharging of products, for steam or compressed air supply, for measuring devices and so on. The pressure in the vessel varies from a perfect vacuum to 0,3 MPa gauge pressure.

**Conclusion:** 1. The advantage of aseptic filling of different products over the methods of hot filling or refrigeration is proven.

2. The role of the aseptic tank in cosmetics and pharmaceutical industry is for intermediate storage of different products in aseptic conditions or to be used as a technological vessel. It could be used as a separate vessel or as a component of an aseptic line. In the second case the aseptic vessel is placed after the sterilization equipment and before the filling section.

3. The advantages of the aseptic tank for storages purposes are: excellent product quality; efficiency of utilization line (possibilities for running of the sterilization process simultaneously with the filling process or the process stopping); high-flexibility of the production process (easy transfer of the product between the sterilization equipment and filling line) and possibility for more than one product processing; energy consumption and product loss reduction; the aseptic buffered product prevention; steady regulation of sterilization process, when aseptic vessels with different volume are used.

### **3. FEASIBILITY EVALUATION OF SOME METHODS AND INSTALLATIONS FOR CLEANING OF WORKING AIR FROM INDUSTRIAL PLANTS**

**V.D. Rasheva, PhD**

*University of Food Technologies, Bulgaria*

**Introduction:** The air in work zones in many companies from food, biotechnological and other industries is polluted with vapors of volatile organic solutions (VOS), used in technological process. Various methods and installations for such air cleaning are used in practice. The significant ecological and economic effect could be realized if these VOS are regenerated.

**The purpose** of this study is analysis and evaluation of four of most used in practice methods for air cleaning from the vapors of VOS.

**Materials and methods:** The feasibility and costs for vapor separation of the most used in industry VOS (ethanol, methanol and ethyl acetate) from the polluted air are studied. The next methods are examined.

*I method — Condensation.* The polluted air is indirectly cooled with water. The VOS vapors partly condensate and then are regenerated. The cleaned air is heated to its initial temperature and returned back in the work zones.

*II method — Cryo condensation.* The polluted air is indirectly cooled to lower temperatures with refrigerating machine. Thus the VOS vapors could be fully separated and regenerated.

*III method — Absorption.* The polluted air is directly cooled in a scrubber wash tower through the water spraying. Thus the VOS vapors condensate and mix with water, and then are regenerated.

*IV method — Adsorption.* The VOS vapors from the polluted air are adsorbed by the active carbon. The saturated adsorbent is then regenerated with steam. Thus the adsorbed VOS vapors mix with steam, then this mixture is cooled and the organic solutions are regenerated.

The h,x-diagrams «Enthalpy — VOS vapor content in air» for the respective VOS are used for the examined processes graphical presentation [3, 9, 10]. For results comparing it is accepted that the regenerated VOS is 1 kg/h for all examined methods. The energy sources price for industrial consumers with VAT, valid to 31.12.2011 (electric energy — 0,179 BGN/kWh, water — 1, 98 BGN/m<sup>3</sup> and heat energy — 110 BGN/MWh), are used for profitability assessing. The price of VOS with VAT are: ethanol — 19, 50 BGN/l, methanol — 1, 60 лв/l, ethyl acetate — 4, 70 лв/l according.

**Results and discussion:** The *first method's* disadvantage is that the cooling water's temperature couldn't be lower than about 14 °C. Thus the polluted air couldn't be cooled under 17 °C and VOS vapors content in it couldn't reach the minimal admissible limits. It is find from the respective h,x-diagrams, that the VOS vapor's content in the air (kg/kg) at 17 °C is: for ethanol — 0,08, for methanol — 0,13, and the dew point temperature for ethyl acetate couldn't be reached. The first method's operation costs are: steam for heating of cleaned air and cooling water.

At the *second method* the polluted air is cooled with a refrigerator to the respective wet bulb temperature for each of VOS (minimal limit of ignition for air mixtures with the VOS vapors): ethanol — 7, 2 °C; methanol — 8, 5 °C and ethyl acetate — (-7, 1) °C. The operation costs are: electric energy for the ventilator, compressor and pump driving, steam for the heating of the cleaned air and cooling water.

It is accepted that the polluted air flow rate for the *third method* is 51 kg/s. Thus the required cooling water flow rate for cooling of the air mixture with the respective VOS vapor is: for mixtures with ethanol vapors — 104, 5 kg/h; for mixtures with methanol vapors — 196, 3 kg/h. Energy consumption of the water pump is 0, 37 kW and of the air ventilator is 0, 245 kW.

At the IV method the operation cost for regeneration of 1 ton VOS are: between 50 ÷ 600 kWh power, 3 ÷ 5 t steam, 30 ÷ 100 m<sup>3</sup> cooling water and 0, 5 ÷ 1 kg active carbon.

Results are presented in the next table:

**Parameters of the process «Cleaning of polluted with VOS vapors air»**

Operation costs, BGN/h	Ethanol	Methanol	Ethyl acetate
I method	0,18	0,194	—
II method	0,12	0,10	0,0734
III method	0,32	0,50	—
IV method	0,46	0,46	0,46
Separated VOS (all methods), kg/h	1	1	1
The separated VOS value, BGN/h.	15,31	1,26	4,20

**Conclusion:** 1. Analysis and evaluation for four of most used in practice methods for cleaning of polluted air with VOS vapors (condensation, cryocondensation, absorption and adsorption) have been done.

2. Operating costs for the I, II and III method are calculated, and these for the IV method are taken according to the literature. The obtained results show that the economic effect (profitability) from regeneration of 1 kg VOS from the polluted air in installation according to the II method is considerably higher in comparison with the rest three methods.

3. The I and III methods couldn't be applied to cleaning of polluted with ethyl acetate vapors air. The IV method could be used only when the organic vapors content in air is up to 0,05 kg/m<sup>3</sup>, and except of that these installations are too large and complicated.

#### **4. АЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АЕРОБНОГО ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**О.А. Бондар, пошукач**

**О.Ю. Шевченко, д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

В системах водопостачання в харчовій промисловості вода використовується як сировина, тепловий агент в теплообмінних апаратах, для миття вхідних сировинних потоків, транспортування сировини, для санітарно-побутових потреб тощо. При цьому великі витрати води призводять до необхідності в забезпеченні зворотного водокористування.

Наприклад, у виробництві рідинного діоксиду вуглецю на м'ясно-спиртових заводах за прямоочних систем водокористування утворюється 40,5 м<sup>3</sup> стічних вод в перерахунку на 1 т продукту, тоді як оборотна система водозабезпечення дозволяє зменшити об'єм стоків майже у 7 разів.

Для харчових виробництв стало традиційним використання механічних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних способів очищення стічних вод. Вибір способу очищення залежить від кількості стоків, виду і концентрації забруднень, необхідного рівня очищення, місця розташування підприємства тощо.

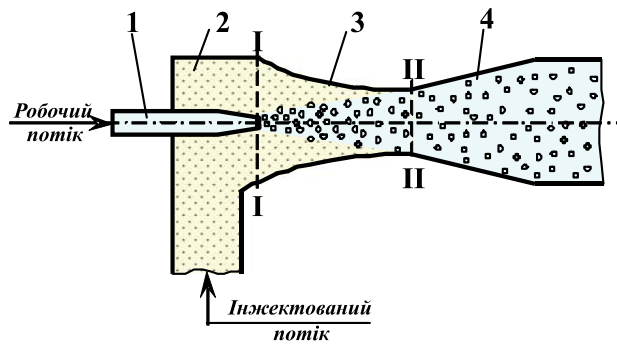
*Біологічні способи очищення* здійснюються спеціальними мікроорганізмами, здатними окислити забруднювачі стоків до мінеральних речовин. За аеробного очищення використовують активний мул — змішану культуру різних систематичних груп — бактерій, актиноміцетів, грибів, водоростей і членистоногих. При цьому основу біомаси складають бактерії. Завдяки тому, що розміри мікроорганізмів малі і загальна поверхня 1 г сухої біомаси складає біля 100 м<sup>2</sup>, очищення стоків відбувається швидко.

Однак відносно велика загальна поверхня контактування мікроорганізмів з середовищем не може розв'язати всі проблеми, оскільки існують певні обмеження по доставці в останнє кисню. При цьому необхідним є виконання певного балансу за рівнями БСК або ХСК та подовження часу перебігу обробки середовищ з врахуванням можливостей аераційних систем.

У зв'язку з викладеним завданням даного дослідження є оцінка енергетичних співвідношень і геометричних параметрів самовсмоктувальних аераційних систем.

*Самовсмоктувальні аератори.* До числа самовсмоктувальних відносяться ежектори — аератори і аератори, що створюють розрідження в системах за рахунок взаємодії рухомих частин з рідинним середовищем.





**Рис. 1. Схема струминного апарата:**

1 — робоче сопло; 2 — приймальна камера; 3 — камера змішування; 4 — дифузори

Принциповою відмінністю цих типів аераторів є те, що диспергування газової фази в рідинній відбувається безпосередньо в їх робочих органах. Оскільки тут має місце взаємодія між потоками за високої концентрації енергії, то результатом останнього є високий рівень дисперсності газової фази. Підвищення енергетичного рівня взаємодії між фазами забезпечує високі і надвисокі швидкості генерування міжфазної поверхні. Саме тому ежекційні масообмінні апарати на протязі останніх 40 – 50 років визнаються як найбільш ефективні з числа відомих.

У зв'язку з особливостями їх застосування використовуються різні назви: ежектори, інжектори, струминні апарати тощо. Очевидно, що найбільш узагальнюючою для них є остання назва.

Принципова схема струминного апарата наведена на рис.1, основними елементами якого є робоче сопло, приймальна камера, камера змішування і дифузори.

## **5. ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОТЛЕТ НА ОСНОВІ РИБНОГО ФАРШУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІЛКОВИХ ДОБАВОК**

**В.О. Коваленко, д-р техн. наук**

**Б.О. Панікарова**

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

На сьогоднішній день ведеться активний пошук нових сировинних джерел білка та способів його переробки в якісну харчову продукцію. Перед кожною галуззю переробної промисловості стоять завдання, пов'язані з підвищенням ефективності використання сировини, якості розробленої продукції та зменшенням кількості відходів виробництва. Ось чому останнім часом особливого розвитку набувають технології, які дозволяють максимально використовувати природну сировину.

Одним з цінних та необхідних для організму людини продуктів харчування є риба та рибопродукти. Риба містить незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти, жиророзчинні вітаміни, макро- та мікроелементи у сприятливих для організму людини співвідношеннях.

Сучасне виробництво рибопродукції супроводжується утворенням великої кількості нехарчових білоквмісних відходів (кістки, плавники, шкіра, нутрощі і т.

ін.), які складають 30...70 % від маси вихідної сировини та використовуються в основному для виробництва кормового борошна.

Спеціалістами ХДУХТ на кафедрі гігієни харчування та мікробіології була розроблена технологія білкових добавок на основі рибної колагеномісткої сировини, а саме, шкіри сьомги та горбуші з використанням ферментного препарату колагеназа. Розроблені білкові добавки характеризуються високою гелеутворюючою та водотримуючою здатністю.

Слід зазначити, що останнім часом зростає попит споживачів на швидкозаморожені напівфабрикати кулінарних виробів — рибні котлети, биточки, фрикадельки, тефтелі і т. ін., оскільки вони дозволяють скорочувати тривалість приготування, не утворюють відходів та повністю споживаються у їжу.

Використання розроблених білкових добавок у технологіях рибних кулінарних виробів на основі рибного фаршу дозволяє не тільки використовувати вторинну колагеномістку сировину, але й регулювати технологічні, органолептичні властивості та біологічну цінність готових виробів.

З метою дослідження впливу білкових добавок на органолептичні показники рибних кулінарних виробів частина рибного фаршу у рецептурах була замінена на розроблені добавки у кількості 5, 10 та 15 %. У якості сировини для приготування рибного фаршу була використана маложирна риба — путасу.

Рибний фарш виготовляли шляхом подрібнення філе путасу без шкіри та кісток. В отримані фарші додавали розроблені білкові добавки: контроль (модельний фарш без добавок); зразок 1, 2, 3 (фарш з білковою добавкою на основі шкіри горбуші 5, 10 та 15 % відповідно); зразок 4, 5, 6 (фарш з білковою добавкою на основі шкіри сьомги 5, 10 та 15 % відповідно).

На основі отриманих фаршевих систем були виготовлені дослідні партії котлет.

Результати дегустаційної оцінки показали, що використання розроблених рибних білкових добавок позитивно впливає на органолептичні показники готових виробів, зокрема, покращується зовнішній вигляд та підвищується соковитість. Зразки з додаванням 5 % білкових добавок несуттєво відрізняються за органолептичними показниками від контрольних, водночас зразки з масовою часткою білкової добавки 10 та 15 % мають приємний смак та запах свіжої риби, однорідну та ніжну консистенцію, однорідний колір та правильну форму.

Крім того, введення білкових добавок дозволяє мінімізувати втрати маси під час теплової обробки (ТО) котлет.

*Таблиця 1. Втрати маси під час теплової обробки котлет рибних*

Зразок	Втрати під час ТО	Зразок	Втрати під час ТО
Контроль	13,0±0,5 %	Контроль	13,0±0,5 %
Зразок 1	11,0±0,5 %	Зразок 4	10,5±0,5 %
Зразок 2	9,0±0,4 %	Зразок 5	8,0±0,3 %
Зразок 3	7,5±0,3 %	Зразок 6	6,5±0,3 %

Досліджено показники харчової, біологічної цінності та безпечності розроблених білкових добавок і рибних кулінарних виробів з їх використанням.

Таким чином, проведені дослідження підтверджують перспективність використання розроблених білкових добавок у технологіях кулінарних виробів на основі

рибного фаршу. Такий компонентний склад дозволить регулювати функціонально-технологічні характеристики фаршевих систем та забезпечить високі органолептичні показники готовим виробам.

## **6. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

**В.В. Дячок, д-р техн. наук**

**М.С. Мальований, д-р техн. наук**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Отримання препаратів на основі лікарської рослинної сировини вимагає не лише розроблення методології розрахунку дози чи кількості біологічно-активних речовин, що знаходяться у певному об'ємі екстракту чи певній лікарській формі, а і забезпечення оптимальних умови виділення їх із рослинної сировини, тобто одночасного досягнення рівноваги всіх компонентів, які підлягають екстрагуванню, в суміші. Процес ускладнюється тим, що екстрагуванню часто підлягають суміші рослинної сировини різних морфологічних органів (листя, плоди, трава, корені та кореневища). Відмінності в анатомо-морфологічній будові рослинної сировини суттєво впливають на кінетику процесу. Тому у випадку сумісного екстрагування для сировини, яка легко екстрагується, рівновага настає за відносно короткий проміжок часу у порівнянні з іншими видами сировини. Це стає причиною надмірного часу перебування в зоні екстракції тої рослинної сировини, рівновага якої досягається швидше, що в свою чергу негативно впливає на якість кінцевого продукту екстрагування, який забруднюється баластними речовинами (клітковиною, хлорофілами). Ускладнюється процес розділення твердої та рідкої фаз в процесі виділення екстракту. Вирішення цієї проблеми може бути досягнуто шляхом інтенсифікації процесу масообміну для того виду рослинної сировини, час досягнення рівноваги якої є більшим у порівнянні з іншою сировиною.

Використання в цьому випадку відомих факторів інтенсифікації процесу екстрагування, таких як температура, гідродинаміка, різниця концентрацій і т. д. недоцільне, оскільки вони в рівній мірі впливатимуть на всі складові суміші рослинної сировини. Єдиним вагомим фактором інтенсифікації внутрішньодифузійного процесу (а саме за таким механізмом протікає процес екстрагування рослинної сировини) є розмір частинок твердої фази. Змінюючи розмір частинки ми можемо досягати одночасного настання рівноваги для різних видів та різних морфологічних органів рослинної сировини. Алгоритм аналітичного розрахунку розміру частинок, до якого слід подрібнювати рослину сировину різної анатомо-морфологічної будови та морфологічних органів з метою одночасного досягнення рівноваги в процесі сумісного екстрагування, ґрунтується на аналізі рівняння, яке описує процес екстрагування із твердої фази.

$$\left(1 - \frac{C_1}{C_{1p}}\right) = A \exp(-kt); \quad (1),$$

де  $C_1$ ,  $C_{1p}$  — бажана та рівноважна концентрації біологічно-активних речовин у екстракті;  $k$  — коефіцієнт масопереносу;  $t$  — час;  $A$  — коефіцієнт вимивання, який



woodwork is in bad condition and it isn't liable to repairing. The building's roof is a flat cold roof with an air layer with 1, 1 m thickness. The roof of the window niches is a hot roof. The building has three types of floors — floor, bordering with outside air (bay); floor of a heated basement; floor above a nonheated basement. The heat supply substation is mounted in the basement. It is recently renovated and is in good condition. The heating operates 20 hours a day at 22 °C inside temperature and 4 hours a day at 18 °C. Domestic water is heated all year round. The heating installation has a scheme with lower radiation distribution. The isolation of the pipes in the basement is destroyed only in a few places. The energy consumption for 3 years (2008 ÷ 2010) is analyzed. The specific heat consumption for heating is between 175 и 201 kWh/DD. The consumption of electric energy is average 34 % from the total energy consumption. The *computer model of the building* is worked out. The model calibration is done with a referent heat consumption for space heating of 104, 4 kWh per year (fig. 1). Unknown model parameters (infiltration — 0, 96 h<sup>-1</sup>, design temperature — 22 °C, temperature with reduction — 18 °C) are established. The baseline heat consumption for space heating is 104, 4 kWh/y. The present class of energy consumption is «F» according. The building's energy saving potential is established from the model analysis.

The next ESM are proposed: **Window replacement** with double glass package and k glass. Heat savings is 17, 57 %; **Outside walls and bay insulation** with 7 cm fiber. Heat savings is 12, 64 %; **Roof insulation** with 10 cm mineral wool placed on the attic slab, and the niches roof — with 7 cm fiber. Heat savings is 2, 9 %; **Radiators' thermostatic valves mounting**. Heat savings is 6, 08 %. The ESM with the highest percent savings is window replacing and the ESM with the shortest return period is radiators' thermostatic valves mounting.

Бюджет "Разход на енергия"   ЕС мерки   Мощностен бюджет   ЕТ крива   Годишно разпределение   Топлинни загуби							
Тип сграда		Жилищенблокбет_СОБлок4.		Клим. зона		Клим. зона 6 - Пловдив, Ямбол	
Референтни стойности		2012					
Параметър	Еталон kWh/m <sup>2</sup>	Състояние		Базова линия		След ЕСМ	
		kWh/m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/a
1. Отопление	16,6	104,4	515 866	104,4	515 866	21,8	107 570
2. Вентилация (отопл.)	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
3. БГВ	60,6	60,6	299 448	60,6	299 448	60,6	299 448
4. Помпи. вент.(отопл.)	1,0	1,0	5 093	1,0	5 093	1,0	5 093
5. Осветление	8,9	8,9	43 915	8,9	43 915	8,9	43 915
6. Разни	36,0	36,0	177 662	36,0	177 662	36,0	177 662
<b>Общо (отопление)</b>	<b>123,1</b>	<b>211,0</b>	<b>1 041 984</b>	<b>211,0</b>	<b>1 041 984</b>	<b>128,3</b>	<b>633 688</b>
Обща отопляема площ	4 939						

**Fig.1 Results from building energy consumption's model, before and after ESM**

**Conclusion:** 1.The total potential for reduction of more than 39 % from the building heat consumption is established. This is equal to 448 726 kWh saved primary energy per year. The required capital costs are 254 240 BGN, and payback period is 5, 7 years. The building will have class of energy consumption B and energy certificate class A after ESM introducing.

2.Environmental impact in results of realized heat savings will be reduction of CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere with 139, 6 tons annually.

3.The consumed heat energy for domestic hot water heating is 28,74 % from the building's total energy consumption. This energy could be supplied from renewable (solar or geothermal) energy source.

## 8. ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ В НАУЧНЫХ ОСНОВАХ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Т.А. Посягина, канд. пед. наук

Филиал ФГБОУ ВПО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского»  
Россия; г. Мелеуз (Республика Башкортостан)

Нанотехнология, по определению Н.Г. Рамбиди, рассматривает совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты размерами менее 100 нм. При этом для нового поколения исследователей, нанотехнология не является молодой наукой, поскольку фундамент ее знаний был возведен многочисленными предшественниками. Однако нам интересно было бы связать развитие нанотехнологии с популярной в конце XX века теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ). Анализ понятий ТРИЗ и нанотехнология, их пересечение показывает, что общий родовый признак (создание новой техники и материалов) требует дальнейшего дополнительного осмысления.

Следовательно, актуальность данного исследования обусловлена существующим **противоречием**: между заказом современного высшего профессионального образования на подготовку выпускника, обладающего профессиональными компетенциями в области нанотехнологии и недостаточной способностью студента решать творческие системные задачи при изучении новой техники.

**Цель исследования** — проанализировать примеры развития преемственности ТРИЗ в области нанотехнологии на основе изучения студентами дисциплин профессионального цикла ФГОС ВПО.

В свою очередь, мы уточняем свою позицию следующим образом. В рамках данных тезисов мы проанализируем три приема ТРИЗ из сорока предложенных и приведем примеры развития преемственности ТРИЗ в области нанотехнологии.

Во-первых, выделим приём № 22 ТРИЗ *«обратить вред в пользу»*, что означает использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта. С одной стороны приведем пример исторический, а именно 3 апреля 1943 года изобретатели Б.Р. Лазаренко и И.Н. Лазаренко получили авторское свидетельство на электроискровой способ обработки металла, достигающие точность обработки микрометры. Решение проблемы повышения точности до нанометров, было предложено в настоящее время уфимскими изобретателями. Так, 16.12.2010 года наблюдательным советом РОСНАНО был одобрен проект «Производство электроэрозионных станков для прецизионного изготовления деталей». Это событие позволяет сделать вывод о том, что приём № 22 ТРИЗ *«обратить вред в пользу»* получил новый импульс развития в области обработки металлов с нанометрической степенью точности, что значительно расширило сферу применения электрохимических станков в различных отраслях техники.

Во-вторых, выделим приём ТРИЗ № 36 *«применение фазовых переходов»* предполагающий не только полиморфные превращения вещества, но и противоположные свойства аллотропных превращений углерода: алмаза и графита, первый является самым твердым веществом, а второй используется как смазочный материал. Однако в последние годы отмечается быстрый рост научного, промышленного и коммерческого интереса к новому классу аллотропных углеродных модификаций:

фуллерену, углеродным нанотрубкам, графену. Следовательно, говоря о приёме ТРИЗ №36 «*применение фазовых переходов*», мы не только интегрируем классические подходы к исследованию вещества, но и предлагаем принять во внимание новую парадигму в технологии наноматериалов — «снизу вверх», определяющих научно-технических прогресс России в ближайшем десятилетии XIX века.

В-третьих, мы обратили внимание на прием ТРИЗ №40 «*применения композиционных материалов*», означающий переход от однородных материалов к композиционным, искусственно созданных человеком. В качестве примера искусственных композитов здесь уместно привести препрег, состоящий из армирующих элементов (формирующих так называемую матрицу) и наполнителя вышеназванные фуллерены C<sub>60</sub> или таунит — композиционный материал, содержащий многослойные углеродистые нанотрубки с наружным диаметром 15 – 40 нм., длиной более 2 мкм. и чистотой более 98 %. Применение этих материалов многообещающее, в частности открытие в апреле 2010 г. завода г. Рыбинск Ярославской обл., который будет выпускать сверхпрочный режущий инструмент с композиционным нанопокрытием.

В **заключение**, мы приходим к выводу, что наши теоретические посылки, высказанные вначале, были верны по отношению к преемственности развития приемов ТРИЗ в нанотехнологии. Наше исследование не является законченным, поскольку век нанотехнологии в России только начинается и ждет своих изобретателей.

## **9. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОУЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**С.И. Лазарев, д-р техн. наук**

**В.Л. Головашин, канд. техн. наук**

**Ю.А. Ворожейкин**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», [geometry@mail.nnn.tstu.ru](mailto:geometry@mail.nnn.tstu.ru)*

**В.Г. Мирончук, д-р техн. наук**

**Ю.Г. Змиевский, канд. техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

В биохимических производствах спирта и дрожжей из органического растительного сырья образуется ценный продукт — последрожжевая водная барда, для утилизации которой используют стадию биофильтрации. Нами было использовано совмещение стадий биофильтрации и ультрафильтрации. Для описания и объяснения явления массопереноса при ультрафильтрации (см. рис.1,а) нами использовался подход на основе дифференциальных уравнений материального баланса.

Математическая запись задачи:

$$V(0) = V_o; c_f(0) = c_{fo}; \quad (1)$$

$$\frac{dV}{d\tau} = -k \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \cdot F_m; \quad (2)$$

$$\frac{dc_f}{d\tau} = \frac{c_f \cdot k \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \cdot F_m \cdot R}{V}; \quad (3)$$

где  $\tau$  — время разделения раствора, с;  $\Delta \pi$  — осмотическое давление раствора, Па;  $F_m$  — площадь мембраны, м<sup>2</sup>;  $R$  — коэффициент задержания;  $V$ , с — объем м<sup>3</sup>, и концентрация кг/м<sup>3</sup>, в емкости исходной жидкости;

Коэффициент задержания определяли по формуле:

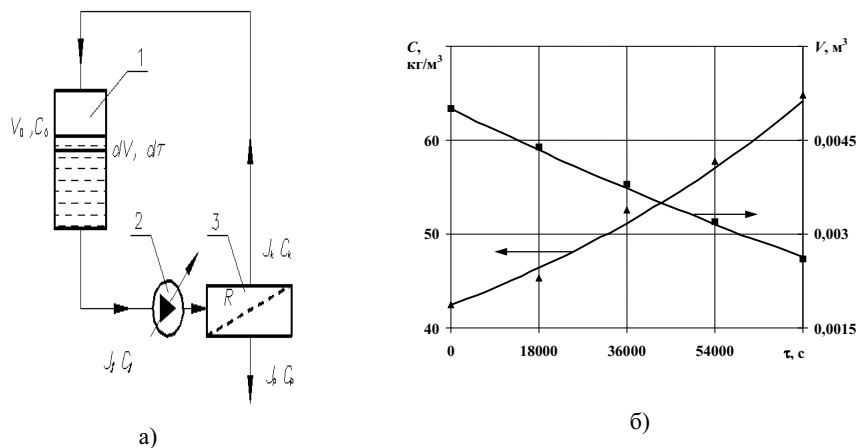
$$R = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{J \cdot h \cdot \gamma}{D_0}\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{J \cdot \delta}{D_0}\right)} \quad (4)$$

где:  $\gamma$  — равновесный коэффициент распределения;  $h$  — толщина активного слоя мембраны, м;  $D_0$  — коэффициент диффузии в растворе, м<sup>2</sup>/с;  $\delta$  — толщина пограничного диффузионного слоя, м.

Для определения удельного потока растворителя нами предложена следующая зависимость от концентрации внешнего раствора, рабочего давления и температуры:

$$J = k \cdot (\Delta P^m - k_1 \cdot C) \cdot \exp(k_2 \cdot C^n) \cdot \exp\left(\frac{A_1}{T}\right) \quad (5)$$

где  $k_1 = -0,09$ ,  $k_2 = 12,9$ ,  $m = 0,27$ ,  $n = -0,31$ ,  $A_1 = -2590$ ;  $\Delta P = 4$  МПа;  $T = 273$  К.



**Рис. 1 (а) схема ультрафильтрационного разделения:**

1 — исходная емкость; 2 — насос; 3 — мембранный модуль; (б) изменение объема в емкости исходной жидкости, в зависимости от времени проведения процесса, (сплошная линия расчет, точки — эксперимент).

Систему уравнений (2) — (3) интегрируем с учетом начальных условий (1). Для проверки адекватности математической модели были проведены эксперименты по разделению стоков биохимзавода с.Хоботово, Тамбовская область, на лабораторной ультрафильтрационной установке с мембранным модулем плоскокамерного



типа. Эксперименты проводились с использованием ультрафильтрационной мембраны УАМ-150. Основные результаты экспериментов и расчета изображены на рисунке 1, б. Из графиков видно, что расхождение между экспериментальными и расчетными данными не превышает  $\pm 15\%$ , что свидетельствует о приемлемости разработанной математической модели реальным массообменным процессам в ультрафильтрационных аппаратах плоскокамерного типа.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

## **10. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН З РОСЛИННОЇ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ**

**М.М. Жеплінська, канд. техн. наук**

**П.М. Немирович, канд. техн. наук**

**Л.В. Зоткіна, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

Одним з діючих шляхів підвищення рівня здоров'я населення слід вважати створення продуктів харчування спеціальної групи. У цьому відношенні лікарська рослинна сировина є невичерпним джерелом натуральних біологічно активних речовин (БАР), які навіть у мінімальній кількості благотійно впливають на організм людини. Рослинні препарати добре переносяться людьми незалежно від віку, мають широкий спектр дії і, головне — активні у відношенні вірусів, які вже здобули стійкість до антибіотиків і синтетичних ліків. Ці препарати впливають не окремими речовинами, а комплексом сполук, дозованих природою, що важко створити штучним шляхом.

У контексті вищезгаданого перспективним є створення продуктів із підвищеними біологічними властивостями, зокрема, напоїв. Адже, саме останні користуються великим попитом у людей різної вікової категорії.

Метою наших досліджень було отримання екстрактів та настоїв з лікарських трав, а саме з меліси та календули, визначення найкращих параметрів процесу екстрагування та настоювання і можливість використовувати їх для розроблення нових продуктів функціонального призначення з оптимізованими споживчими властивостями на основі екстрактів та настоїв.

Необхідність збагачення харчових продуктів мікро- та мікроелементами продиктована об'єктивними змінами способу життя, набору і харчової цінності використовуваних продуктів споживання в їжу. Для забезпечення в організмі людини необхідних мікронутрієнтів, їжа повинна бути різноманітною, а продукти багатими БАР, тому додавання екстрактів і настоїв до соків дозволить використовувати в їжу продукцію, що є суттєвою для відновлення здоров'я людини та зменшення різних захворювань.

Як екстрагенти використовували очищену воду і 20%-ий водно-спиртовий розчин. На першому етапі використовували екстрагент воду у співвідношенні суха лікарська сировина і вода як 1:1, що є сприйнятливим в фармацевтичній промисловості. Сировину попередньо подрібнювали, бо при цьому збільшується поверхня частинок сировини і контакту твердої та рідкої фази при екстрагуванні і спостерігається ефективніший перехід екстрактивних речовин в розчин.

На швидкість переходу екстрактивних речовин в екстракт впливає температура екстрагенту. Для лікарських цілей при застосуванні очищеної води для екстрактів застосовують кімнатну температуру і тривале настоювання в рідкій фазі. При низькій температурі суттєво знижується вихід БАР із сировини і збільшується тривалість самого процесу, а при температурі вище 60 °С відбувається руйнування, в першу чергу вітамінів, а також враховуючи додаткові енергетичні затрати доцільно здійснювати екстрагування при температурі не вище 60 °С.

Отримані результати з вилучення розчинних сухих речовин залежно від тривалості екстрагування дозволили встановити оптимальний режим екстрагування для обох видів лікарської сировини: гідромодуль 1, тривалість процесу екстрагування 60 хв при температурі 60 °С. Подальше збільшення температури вище 60 °С призводить до руйнування вітаміну С.

Використання водно-спиртової суміші зумовлено тим, що в календулі знаходиться значна кількість  $\beta$ -каротину, який є жиророзчинним вітаміном, тому його краще вилучати з сировини в екстракт, де екстрагентом є водно-спиртовий розчин, а не вода.

Екстрагування здійснювали при кімнатній температурі. Температуру суміші не підвищували, оскільки спирт, що міститься у водно-спиртовій суміші, є леткою речовиною. Вимірюючи через кожні 30 хв вміст РСР в екстракті протягом 2,5 год спостерігали інтенсивний перехід останніх в екстрагент. За результатами досліджень було встановлено, що для настою, де міститься календула, достатньо 120 хв, тобто 2 год для отримання вмісту РСР в екстракті 9 %. Подальше збільшення тривалості настоювання недоцільне, бо немає простору РСР. Щодо настою з меліси, то процес екстрагування досить проводити при 90 хв.

З отриманих результатів встановлено оптимальний режим екстрагування для 20%-го водно-спиртового розчину при гідромодулі 1 і температурі процесу 60 °С: для меліси — тривалість процесу 90 хв, для календули — 120 хв.

Результати, отримані для настою з календули, не поступаються екстрактам з меліси і календули, а інколи мають вищі значення по вилученні БАР (вміст кальцію, калію, органічних кислот). Тому доцільно використовувати екстракти з меліси і календули та настій з календули для їх додавання до соків з отриманням нових напоїв профілактичного призначення.

## **11. СПОСОБ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ПРОЦЕСС СБРАЖИВАНИЯ ПИВНОГО СУСЛА**

**Ю.А. Уваров, асп.**

**Д.В. Карпенко, д-р техн. наук**

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный  
университет пищевых производств»*

**А.И. Маринин, канд. техн. наук**

**В.В. Олишевский, канд. техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

Технологии, которые основаны на применении наночастиц и наноматериалов интенсивно развиваются и применяются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. При этом наночастицы могут попадать в окружающую среду и накапливаться в сырье различных производств.

Одним из наноматериалов, который уже в настоящее время применяется в различных коммерческих продуктах, является наносеребро, одним из главных достоинств которого являются антисептические свойства, благодаря которым наночастицы этого металла обладают бактерицидным, вирулицидным и фунгицидным действием. Следует учитывать, что наночастицы серебра входят в состав сырья пищевых производств.

Пивоваренное производство базируется на целом ряде биологических и биохимических процессов. По этой причине было изучено влияние различных наночастиц (серебра, меди и цинка) на результаты отдельных стадий пивоваренного производства. При сопоставлении воздействия этих нанометаллов на технологические процессы в пивоварении было установлено, что наиболее выраженное негативное влияние оказывает именно наносеребро.

Как следствие полученных экспериментальных данных возник вопрос о разработке способа, снижающего или устраняющего отрицательное воздействие наночастиц серебра, присутствующих в технологических средах, на протекание производственных процессов в пивоварении. В качестве такого способа было предложено введение в среду, содержащую наночастицы серебра, биосорбента «ОД-2». Данный сорбирующий препарат представляет собой оболочки пивных дрожжей и обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам металлов.

Для изучения эффективности применения препарата «ОД-2» для устранения негативного влияния наносеребра на процесс сбраживания пивного сусла готовили 11%-ное пивное сусло из концентрата «Finlandia lager». Каждый вариант засеивали сухими дрожжами из расчета 100 мг на 100 см<sup>3</sup> сусла. В сусле определяли содержание сухих, редуцирующих веществ, аминного азота, а также титр дрожжевых клеток сразу после засева ими пивного сусла. Сбраживание проводили при 10 – 14 °С в течение 7 суток.

В качестве источника наночастиц серебра использовали препарат «Арговит». В опытных образцах сусла концентрация наночастиц серебра составляла 8 мкг/см<sup>3</sup>. В первый образец вносили биосорбент «ОД-2» в дозировке 1 % вес./об. сусла, проводили 15-минутную выдержку при комнатной температуре. Второй образец биосорбентом не обрабатывали. Контролем являлся образец, не содержащий наносеребра и не обработанный биосорбентом.

По окончании главного брожения в образцах молодого пива определяли содержание этилового спирта и действительный экстракт. Полученные данные приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Характеристики образцов молодого пива.*

Вариант	Содержание этанола, % масс	Действительный экстракт, % масс
Наносеребро, 8 мкг/см <sup>3</sup> + ОД-2	3,0875	5,074
Наносеребро, 8 мкг/см <sup>3</sup> без ОД-2	2,650	4,6235
Контроль	3,4375	4,3855

Видно, что наночастицы серебра, присутствовавшие в сусле, оказали выраженное негативное воздействие на процесс сбраживания, и, как следствие, на накопление этилового спирта.

В образце, обработанном биосорбентом «ОД-2», содержание этанола было ниже, чем в контроле (на 11 %), но выше, чем в образце без обработки (на 17 %). По нашему мнению, это свидетельствует о целесообразности применения сорбирующего препарата «ОД-2» для снижения негативное влияние наночастиц серебра на обржачивание пивного суслу.

Работы по отработке параметров применения биосорбента с указанной целью будут продолжены.

## 12. УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ФІЛЬТРУВАННЯ ВОДИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАПОЇВ

**В.П. Ковальчук, канд. техн. наук**

**С.І. Олійник**

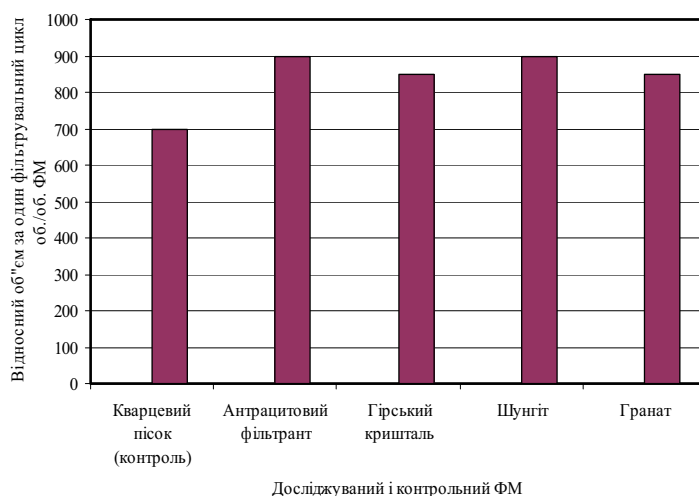
**Т.І. Опанасюк**

*Український науково-дослідний інститут спирту  
та біотехнології продовольчих продуктів*

Під час кондиціювання води для виробництва напоїв спосіб фільтрування є обов'язковим, під час якого вона очищується від зважених механічних домішок, колоїдної зависі, пластівців осаду, часток винесеного катіоніту або активного вугілля, тощо.

На сьогодні на підприємствах, що виготовляють безалкогольні та лікеро-горілчані напої у системах підготовки води на стадії механічного фільтрування в основному застосовують кварцовий пісок та подрібнений гідроантрацит.

З метою удосконалення способу фільтрування води було досліджено такі фільтрувальні матеріали (ФМ): природні мінерали шунгіт, гірський кришталь, гранат, а також антрацитовий фільтрант марки А. Проведено моделювання процесу фільтрування названими вище ФМ, визначено оптимальний технологічний режим отримання води, яка за якістю відповідає вимогам СОУ 15.9-37-237:2005.



**Рис. 1. Ефективність фільтрування води досліджуваними і контрольним ФМ**

Встановлено, що антрацитовий фільтрант, шунгіт, гранат та гірський кристаль мають вищу механічну міцність на 3...4 %, зольність меншу у 1,5...3 рази, ніж контрольний зразок (кварцевий пісок). Висока механічна міцність та менша зольність сприятиме більшому терміну експлуатації ФМ, збільшенню кількості його регенерацій і зменшенню пускового періоду та витрат води та реагентів на промивання.

У порівнянні з контрольним зразком (кварцевий пісок):

– не потребує оброблення розчином соляної кислоти антрацитовий фільтрант і шунгіт; при оброблянні гірського кристалю і гранату кількість розчину соляної кислоти зменшується у 2,5 рази;

– під час підготування антрацитового фільтранту, гірського кристалю, гранату кількість води на їх відмивання зменшується у 5 разів, а шунгіту — у 2,5 рази;

– застосування антрацитового фільтранту і гранату збільшує відносний об'єм за один фільтрувальний цикл на 180-200 об./об. ФМ (рисунок 1).

– під час регенерування досліджуваних ФМ на стадіях підпушування та швидкого промивання витрати води зменшуються у 1,5...2 рази.

Встановлено, що у разі фільтрування води крізь досліджувані ФМ у порівнянні з кварцевим піском (контрольний зразок):

– забезпечуються кондиціонування води за забарвленістю та мутністю при цьому їх значення зменшувались на 100 %;

– не збільшується вміст силікатів у фільтраті;

– вміст заліза зменшується у 3 рази під час фільтрування антрацитом фільтрантом та шунгітом;

– вміст амонію зменшується у 20 разів, заліза у 3 рази і перманганатна окислюваність у 5 разів під час фільтрування крізь шунгіт.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок щодо ефективності застосування досліджуваних фільтрувальних матеріалів під час кондиціонування води для виробництва напоїв.

### **13. МЕХАНІЗМ АДСОРБЦІЇ ВОДИ З ЕТАНОЛУ МОРДЕНІТОМ**

**В.В. Корнієнко**

**Л.М. Мельник, д-р техн. наук**

**В.М. Таран, д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

Зневоднення ректифікованого етилового спирту можна досягти адсорбцією води синтетичними цеолітами, які ще називаються молекулярними ситами. Більшість діючих підприємств Європи та Америки, що виробляють зневоднений спирт, використовують синтетичні адсорбенти вартість яких дуже висока і в Україні відсутнє їх серійне виробництво. Для здешевлення методу зневоднення етилового спирту авторами був запропонований спосіб, побудований на принципі вибіркової адсорбції, тобто поглинання твердим адсорбентом одного з компонентів рідкого або газоподібного адсорбтиву. Таким адсорбентом може слугувати природний мінерал українського походження — морденіт.

Морденіт внаслідок особливої будови кристалічної решітки може проявляти властивості іонітів, адсорбентів та молекулярних сит. У випадку поглинання молекул

води із газового середовища морденіт проявляє властивості молекулярних сит та адсорбентів. Морденіт має складну тетраедричну структуру, в якій атом кремнію або алюмінію оточений чотирма атомами кисню. Тетраедри групуються в ланцюги, всередині яких розміщуються адсорбційні порожнини, що мають на своїй поверхні активні аніонні центри. Надлишковий від'ємний заряд аніонної частини алюмосилікатного скелету морденіту компенсується катіонами. Якщо із морденіту видалити воду, порожнини знову можуть бути заповнені водою або іншою речовиною, що зумовлює використання даного адсорбенту для осушення, очищення і розділення складних сумішей. Проте не всі речовини можуть проникати в адсорбційні порожнини і утримуватись в них. Це пояснюється тим, що адсорбційні порожнини з'єднані між собою вхідними каналами-вікнами певного розміру, який залежить від будови кристалічної решітки морденіту. Пройти через вікна можуть лише ті молекули, критичний діаметр яких менший діаметра вхідних вікон. Розміри вхідних вікон залежать від числа атомів кисню у кільцях тетраедрів і від просторової орієнтації цих кілець.

У випадках, коли критичний діаметр молекули близький до діаметра вікна, процес адсорбції відбувається з великою енергією активації і молекула повинна мати достатній запас кінетичної енергії для того, щоб подолати енергетичний бар'єр біля вікна і проникнути в нього. Кінетична енергія молекул підвищується із збільшенням температури. Одночасно підвищення температури приводить до посилення термічної пульсації решітки морденіту, що полегшує проникнення молекул в адсорбційні порожнини та прискорює адсорбцію. Проте підвищення температури призводить до зміщення адсорбційно-десорбційної рівноваги в бік десорбції, внаслідок чого адсорбційна ємкість адсорбента зменшується. В діапазоні температур, нижчих за температуру випаровування води, але вищих за температуру випаровування спирту, енергія зв'язку між молекулами води та етиловим спиртом є мінімальною. Саме при цих температурах катіони відповідної валентності мігрують і знаходять нове місце розташування без порушення структури скелету адсорбенту. Таким чином, зміною температури можливо у певних межах регулювати процеси поглинання.

Морденіт являє собою природний мінерал групи цеолітів, ідеалізований хімічний склад якого описується формулою  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_{12}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Залежно від геологічних умов залягання руд катіони натрію можуть бути частково заміщені на катіони калію, кальцію або магнію. Співвідношення  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 = 8,3 \dots 10,7$ . Морденіт має адсорбційні вхідні вікна кристалічних решіток, утворені із 12 атомів кисню, що входять у суміжні тетраедри (розмір вікон  $0,67 \dots 0,70 \text{ нм}$ ) або із 8 атомів кисню (розмір вікон  $0,29 \dots 0,57 \text{ нм}$ ).

Критичний діаметр молекул води дорівнює  $0,27 \text{ нм}$  і ці молекули вільно проникають крізь вікна і залишаються у порожнинах морденіту. Критичний діаметр молекул етилового спирту дорівнює  $0,47 \text{ нм}$ , а довжина молекул  $0,59 \text{ нм}$ . Проникнути через вікна кристалічної решітки морденіту молекули етанолу не можуть внаслідок існування енергетичного бар'єру. Таким чином із спирто-водної парової фази морденіт вибірково поглинає лише воду. Максимальна адсорбційна ємкість морденіту дорівнює  $0,15 \text{ см}^3/\text{г}$ .

Встановлений механізм адсорбції води із парової фази водно-спиртових сумішей дозволить забезпечити високу інтенсивність процесу зневоднення.

# 14. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ПРОЦЕСУ УВАРЮВАННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ МАС З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОТАЦІЙНОГО ТЕПЛОБІМННИКА

Ю.І. Вересоцький, канд. техн. наук

Є.М. Бабко, канд. техн. наук

О.С. Зуляк, магістрант

Національний університет харчових технологій

Кондитерська промисловість займає одне з провідних місць у харчовій промисловості України і головними задачами для галузі є: підвищення обсягів виробництва, зменшення кількості ручної праці, збільшення асортименту продукції та підвищення її якості, підвищення екологічності обладнання та технологій.

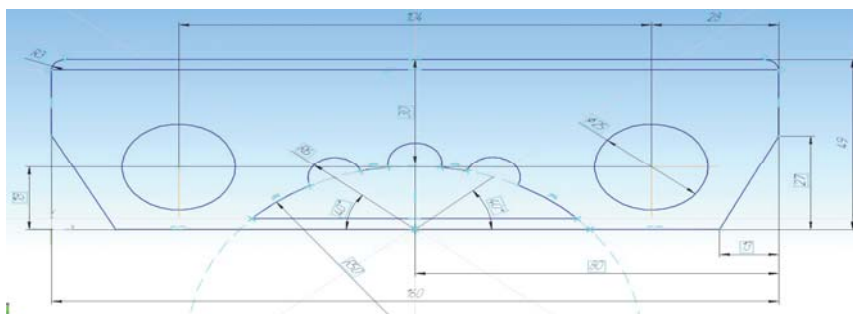
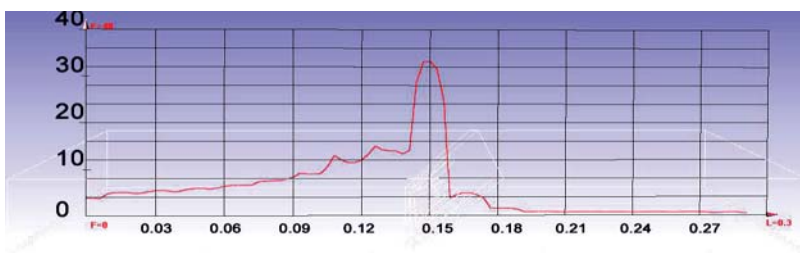


Рис. 1. Удосконалена форма ножа-скребка з перегородкою, та додатковими отворами



а



б

Рис.2. Залежності значень турбулентних дисипацій: а — існуюча форма ножа скребка; б — удосконалена форма ножа-скребка.

На теперішній час для уварювання кондитерських мас використовують теплообмінники ротаційного типу. Необхідність удосконалення теплообмінників полягає в покращенні процесу перемішування, що в свою чергу впливає на збільшення продуктивності теплообмінника та зменшенні енерговитрат.

За допомогою програмного комплексу FlowVision, проводили моделювання і дослідження гідродинамічних властивостей та параметрів перемішування цукрової маси при її уварюванні в середині камери ротаційного теплообмінника, що дало можливість дослідити вплив геометрії ножа скребка.

Отримані результати свідчать, що при існуючій формі ножа-скребка перемішування маси не є достатньо інтенсивним і відбувається тільки у верхньому шарі. До того ж за ножом-скребком, у верхній його частині, утворюється застійна зона.

Проведена оптимізація конструкції та форми ножа з метою збільшення зони перемішування та зменшення застійної зони у верхній частині ножа-скребка (рис. 1.1)

Порівняння дослідних даних показує, що в моделі з оновленою формою ножа-скребка зона турбулентної дисипації значно зростає і у порівнянні з існуючою. При проходженні всієї площини ножа в першому випадку (рис.1.2 а)  $\varepsilon=24\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$ , а в другому випадку (рис.1.2 б) зростає до  $\varepsilon=36\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$ .

Таким чином визначено вплив геометричних форм робочих органів на рух маси в робочій камері під час процесу уварювання в ротаційному теплообміннику, розроблено форму ножа-скребка, яка забезпечує більш інтенсивне перемішування і, відповідно, покращує процес уварювання кондитерських мас, збільшуючи продуктивність теплообмінника при тих самих енерговитратах.

## **15. ВПЛИВ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЇ ОБРОБКИ ТА ПРЕПАРАТУ НАНОЧАСТИНОК ГІДРОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ЧИСТОТУ ДИFUЗІЙНОГО СОКУ**

**О.В. Ардинський, асп.**

**Л.М. Верченко, канд. техн. наук**

**Ю.О. Дашковський, канд. техн. наук**

**В.В. Олішевський, канд. техн. наук**

**А.І. Маринін, канд. техн. наук**

**С.В. Ткаченко, асп.**

*Національний університет харчових технологій*

Процес очищення дифузійного соку від нецукрів є надзвичайно важливою проблемою при виробництві цукру як з моменту заснування цієї промисловості, так і на сьогодні. При цьому основний реагент гідроксид кальцію (вапняне молоко) при роботі за класичною схемою не дає можливості цілковито видалити супутні домішки, незважаючи на вже більш як 200-річну історію його застосування.

Дана проблема може бути вирішена за допомогою застосування новітніх енергоощадних, високоефективних способів очищення. Серед них можна виділити два: спосіб заснований на використанні високовольтних електроіскрових розрядів у рідині та використання нанопрепаратів металів, як додаткових реагентів. Використання названих способів окремо або комплексно теоретично має дати позитивний ефект.

З метою експериментальної перевірки ефективності застосування вище зазначених способів очищення дифузійного соку було сплановано та проведено серію досліджень в умовах Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій.



В експериментах використовувалось три типи зразків дифузійного соку. Перший — контрольний, другий — оброблений п'ятьма високовольтними електроіскровими розрядами при напрузі 35 кВ, третій — оброблений нанопрепаратом гідроксиду алюмінію у кількості 0,0003 % до маси соку та оброблений п'ятьма високовольтними електроіскровими розрядами при напрузі 35 кВ.

Електроіскрове оброблення проводилось за допомогою установки ГІТ 50-5x1/4С УХЛ4. Досліджувані зразки дифузійного соку розміщували в електроіскровій камері об'ємом 2,7 л, герметично її закривали та за допомогою високовольтних кабелів з'єднували з генератором імпульсних струмів та піддавали обробленню п'ятьма розрядами. Напругу регулювали за допомогою повітряного торова розрядника, виставляючи відповідний зазор між електродами з розрахунку 1 мм на 3 кВ.

При роботі з нанопрепаратом гідроксиду алюмінію, його спочатку додавали до дифузійного соку, а потім суміш піддавали електроіскровому обробленню у визначеному режимі. Слід відмітити, що препарат було отримано методом об'ємного електроіскрового диспергування з гранул технічного алюмінію.

Аналіз зразків проводили за стандартними методиками. Результати вимірювань та значення чистоти наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень з впливу електроіскрової обробки та препарату наночастинок гідроксиду алюмінію на чистоту дифузійного соку*

Найменування зразка	Номер зразка	pH <sub>20</sub>	СР, % м.р.	Ц, % м.р.	Ч, % м.СР
Контроль	—	6,10	16,30	14,20	87,10
ЕІО (U=35кВ, n=5)	1	6,00	16,30	14,80	90,80
	2	6,20	15,90	14,30	89,90
	3	6,20	15,80	14,30	90,50
	Середнє	6,13	16,00	14,47	90,40
ЕІО (U=35кВ, n=5) + ПН Al(OH) <sub>3</sub>	1	6,20	15,60	14,30	91,70
	2	6,20	15,50	14,05	90,60
	3	6,10	15,40	14,10	91,60
	Середнє	6,17	15,50	14,15	91,30

З отриманих результатів видно, що оброблення дифузійного соку високовольтними електроіскровими розрядами дозволяє забезпечити приріст чистоти на 3,4 %, а у випадку комплексної дії розрядів та нанопрепарату гідроксиду алюмінію — на 4,6 %, що переконливо свідчить про ефективність та перспективність виходу даного способу.

## 16. РЕГЕНЕРАЦІЯ МЕМБРАН ПРИ РОЗДІЛЕННІ МОЛОКА ТА МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

Ю.Г. Змієвський, канд. техн. наук

В.Г. Мирончук, д-р техн. наук

І.А. Гудзовська

*Національний університет харчових технологій*

На сьогодні швидкими темпами відбувається впровадження мембранних процесів у молочну промисловість (баромембранні та електромембранні). Незалежно від рушійної сили процесу, з однієї сторони мембрани біля її поверхні концентрація розчинених речовин більша, ніж в середині робочої камери. Це явище дістало назву концентраційної поляризації і призводить до локального перенасичення розчину відповідними сполуками та їх відкладання на мембрані, що зменшує їх ефективну площу та знижує швидкість масоперенесення. При розділенні знежиреного молока та молочної сироватки, на поверхні мембран відкладаються білкові та мінеральні сполуки, які необхідно періодично змивати хімічними реагентами.

Метою представленої роботи було визначення основних вимог до регенеруючих розчинів та аналіз відомих технологій за умов мембранного розділення знежиреного молока та молочної сироватки.

Відомо, що осад на поверхні мембран складається з двох шарів: в'язкий дифузійний шар, який легко змивається водою та гелеподібний або кристалічний, який відмивається лише хімічними реагентами. При підборі регенеруючих розчинів треба враховувати: матеріал мембрани та елементів обладнання з якими вони контактують, робочі параметри установки, характер взаємодії компонентів миючих засобів із залишками розділювальних розчинів та водою тощо. Це накладає обмеження на температурні режими регенерації, рН та склад миючих засобів тощо. Наприклад, наявність кислотних залишків  $\text{SO}_4^{2-}$  та  $\text{CO}_3^{2-}$  в їхньому складі недопустима, тому що іони кальцію та магнію, що містяться у воді та молоці (сироватці), утворюють нерозчинні сполуки ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ), що знижує якість відмивання.

Для гідролізу компонентів білкового осаду необхідно використовувати або ферментні препарати, або препарати на основі лужних речовин, наприклад, каустичної соди. Ферменти більш ефективні, проте їх вартість значно вища. В разі застосування каустичної соди для гідролізу казеїну до казеїнату натрію та лактоальбуміну до лактоальбумінату натрію, розчинних у воді, доцільно, щоб її вміст був в межах 0,3 % при температурі 65 – 70 °С.

Видалити нерозчинні фосфорно-кальцієві солі можна розчином азотної кислоти з рН не нижче 2 або триполіфосфатом натрію при температурі 45 – 50 °С.

Процес відмивання проводять у наступній послідовності: лужна, кислотна мийка, дезинфекція. Між кожним етапом установку промивають пом'якшеною водою. У якості дезинфікуючих компонентів використовують в переважній більшості гіпохлорид кальцію, а якщо характеристики мембран дозволяють, то гарячою водою або паром з температурою 90 – 120 °С.

В науково-технічній літературі зустрічається інформація, що промивання установки водою та розчинами миючих засобів з низькими концентраціями дозволяє видалити лише залишки оброблюваного розчину та, утворений біля поверхні мембрани, в'язкий шар осаду. Для змивання щільного гелеподібного шару, який контактує безпосередньо з поверхньою мембрани, а також часток речовини, які потрапили у пори, рекомендується застосовувати високоефективні миючі засоби з певним вмістом

ферментних речовин при підвищених температурах. Деякі дослідники, для відновлення початкової продуктивності, пропонують промивати мембрани розчинами сильних окисників або відновників, таких як хлор, хлориди, гіпохлорити натрію, озон, персульфат натрію (окисники), гидрит амонію, сульфід та тіосульфат натрію, формальдегід, ацетальдегід (відновники) тощо. Однак, застосування таких компонентів, як хлор, зменшує термін експлуатації та селективні властивості більшості полімерних мембран, тому необхідно проводити додаткові дослідження в даному напрямку.

Для зменшення величини шару осаду на поверхні мембран та його негативного впливу на продуктивність, доцільно створювати турбулізацію потоку в робочих камерах та підбирати оптимальний тиск, який забезпечить економічно обгрунтований потік пермеату крізь мембрану при заданому значенні концентраційної поляризації.

На основі аналізу наукових публікацій, зроблено висновок, що на сьогодні недостатньо уваги приділяється дослідженню процесів регенерації мембран, розробленню ефективних технологій їх відмивання тощо. Перспективним залишається пошук матеріалів для мембран, стійких до високих температур, хімічних реагентів та можливості їх використання у широкому діапазоні рН.

## **17. ЕНЕРГЕТИЧНІ НАКОПИЧУВАЛЬНІ ПРИБОРИ НА ОСНОВІ РОЗЧИНЕНИХ У РІДИННИХ ФАЗАХ ГАЗІВ**

**О. Ю. Шевченко, д-р техн. наук**

**І. М. Миколів**

*Національний університет харчових технологій*

Використання енергетичних накопичувальних пристроїв на основі розчинених газів як носіїв потенціальної енергії має відносно недавню історію.

У відповідності до закону Генрі розчинність газів за інших рівних умов пропорційна їх парціальним тискам. У порівнянні різних газів, за інших рівних умов, за показником розчинності суттєву перевагу має діоксид вуглецю. Ця важлива перевага значно підсилюється тією обставиною, що  $\text{CO}_2$  є інертним газом, а тому його застосування можливе в технологіях, які стосуються широкої гами сировини рослинного і тваринного походження з високим вологовмістом. Окрім того, в тій частині технологій, в якій використовуються процеси бродіння, існує можливість реалізації накопичувального енергетичного потенціалу синтезованого в самій системі  $\text{CO}_2$ . Останнє в значній мірі стосується спиртової галузі, пивоварного виробництва, первинного виноробства та вторинного бродіння у виробництві шампанського. Створення на основі розчинених газів енергетичних накопичувачів можливе за штучного одержання різних рівнів термодинамічної рівноваги. Важливо, що закон Генрі дає вказівку на їх досягнення в кількісних співвідношеннях. Підвищення тиску  $\text{CO}_2$  в системі з сировиною підвищеної вологості означає зростаючий рівень насичення вологи і зростаючий енергетичний потенціал. Створення енергетичного імпульсу супроводжується активним утворенням газової фази в рідинному середовищі, зростанням об'єму вологовмісткого середовища. За умови суцільного газорідинного середовища, що знаходиться в режимі зброджування, після досягнення стану насичення за показником  $S_n$  починається утворення газової фази у формі бульбашок і досягається можливість зростання тиску в надрідинному газовому просторі. Таке зростання в свою чергу підвищує максимальну розчинність і система безперервно змінюється зі зростаючим рівнем енергетичного потенціалу. При цьому у зв'язку з наявністю гідростатичного тиску має місце повисотна нерівномірність середовища за показниками  $S_n$  і кількістю розчиненого  $\text{CO}_2$ . Одночасно це означає, що і енергетичний потенціал розчиненого газу зростає зі зростанням гідростатичного тиску.

Вказана особливість призводить до висновку про можливість інтенсифікації процесів масообміну, гомогенізації, бродіння тощо за рахунок використання вказаного нерівномірного потенціалу.

Для можливості використання нерівномірності в розподілі енергетичного потенціалу розчиненого газу пропонується бродильний апарат устаткувати циркуляційною трубою з симетричним її розміщенням і зі встановленням в ній газорозподільного пристрою в верхній частині. Газорозподільний пристрій з'єднано з газовим простором апарату трубопроводом з газодувкою. Призначенням газорозподільного пристрою і газодувки є короткочасне створення в верхній частині циркуляційної труби газорідної суміші, наслідком існування якої буде початок циркуляції. Оскільки через нижній зріз циркуляційної труби підводиться середовище зі збільшеною кількістю розчиненого  $\text{CO}_2$ , яке відповідає величині гідростатичного тиску, то з переміщенням по вертикалі і у зв'язку з падінням тиску умова рівноваги по рівню розчинності порушується і діоксид вуглецю виділяється з формуванням газової фази і створенням рушійного потенціалу циркуляції. Від цього моменту циркуляційний контур буде існувати за рахунок використання нерівномірного потенціалу розчиненого газу і примусова подача  $\text{CO}_2$  вентилятором може бути припинена. Рівень циркуляції при цьому встановлюється автоматично в залежності від параметрів системи. Енергетичний потенціал системи поступово зменшується, але в цьому випадку він є відновлюваним, що власне, і забезпечує стабілізацію гідродинаміки середовища. В звичайному режимі зброджування має місце видалення газової фази зі всього об'єму середовища для усталеного режиму. Однак в перехідному процесі від його початку досягнення стану насичення на  $\text{CO}_2$  починається з верхніх шарів з поступовим заглибленим положенням шарів з досягненням для них величини  $\text{C}_n$ .

## **18. ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІНУ ПРИ ВІБРОЕКСТРАГУВАННІ**

**В.Л. Зав'ялов, канд. техн. наук**

**В.С. Бодров, канд. техн. наук**

**Т.Г. Мисюра, канд. техн. наук**

**Ю.В. Запорожець, канд. техн. наук**

**Н.В. Попова, канд. техн. наук**

**В.Є. Деканський**

*Національний університет харчових технологій*

Використання традиційних способів визначення інтенсивності зовнішнього масообміну, надто спрощує ідентифікацію теоретичних та експериментальних даних, зокрема для визначення кінетичних коефіцієнтів. З іншого боку, врахування всіх чинників, що впливають на процес ускладнює шлях визначення цієї найважливішої для екстрагування характеристики.

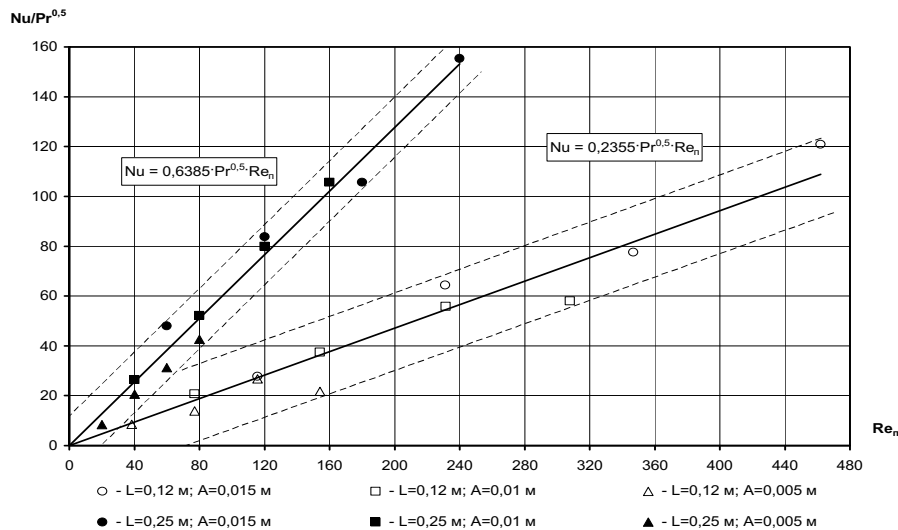
У зв'язку з цим заслуговує на увагу метод, що використовує процес взаємодії системи суцільних твердих тіл з рідиною. Наприклад, розчинення по дифузійному типу солей у рідкому середовищі.

Досліджувався вплив низькочастотних механічних коливань віброперемішувального пристрою на швидкість розчинення у воді модельних зразків речовини із дифузійним типом розчинення — кристалогідрату сірчанокислого алюмінію  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  для умов періодичного та безперервного віброекстрагування. Для дослідів виготовлялись зразки визначеної циліндричної форми (діаметром 14 мм і висотою 22 мм) із захищеними від розчинення спеціальним покриттям торцями.

Дослідні зразки, що підлягали розчиненню закріплювались в спеціальному утримувачі та занурювались в заплановану точку вимірювання робочої зони апарата. Координати точки визначались регулюванням пристрою з лінійками у радіальному напрямку та по вертикалі з кроком 20 мм. Висота стовпа екстрагенту лишалась сталою для всіх гідромодулів. Досліди проводились з використанням листової чайної сировини, шишкового хмелю на воді температурою 20 °С, фіксований час розчинення дослідних зразків, з визначенням маси до та після розчинення, складав 60 с. Частота коливань вібростеми змінювалась в межах 2 – 9 Гц при фіксованих амплітудах 5, 10, 15, 20 мм.

Слід зазначити, що розчинення хімічно однорідних речовин відбувається на зовнішній поверхні, а при екстрагуванні рослинної речовини зовнішня поверхня має нерегулярну структуру часток і поглиблюється в їх внутрішні шари. Зрозуміло, що оцінка зовнішнього масообміну при екстрагуванні за даною методикою призводить до певних неточностей, але достатніх для практичного використання. Оскільки в даному випадку остання стадія є лімітуючою, то за такої концентрація речовини на поверхні буде концентрацією насичення і коефіцієнт масовіддачі практично дорівнюватиме коефіцієнту швидкості розчинення зразка.

Окремі результати дослідів по встановленню впливу на зовнішній масообмін турбулентних пульсуючих струменів, генерованих переточними елементами узагальнені у функціональних координатах лінійними залежностями із змінним кутом нахилу на рис. 1.



**Рис.1. Узагальнення результатів досліджень зовнішнього масообміну при віброекстрагуванні із рослинної сировини**

Графіки змінюють кут нахилу в залежності від умов оновлення поверхні контакту фаз. Отримана система рівнянь може бути використана для оцінювання зовнішнього масообміну періодичного або безперервного екстрагування у двофазовій системі тверде тіло-рідина за різних умов насичення дослідною речовиною робочого об'єму апарата.

## 19. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ШУНГІТОМ ІЗ СОКУ СТОЛОВОГО БУРЯКА

Т. В. Шейко, ст. лаборант

Л. М. Мельник, д-р техн. наук

З. П. Мельник, канд. техн. наук

*Національний університет харчових технологій*

При виробництві харчового барвника необхідно видаляти частину пектинових речовин, щоб уникнути процесу желювання та запобігти підгоранню поверхні нагріву вакуум-випарних апаратів.

Авторами запропонований ефективний природний адсорбент — шунгіт для адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка.

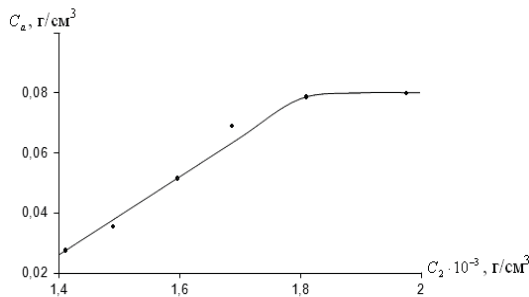
Для проведення процесів в автоматичному режимі розроблено математичну модель, за допомогою якої можна розрахувати тривалість проведення процесу адсорбції пектинових речовин шунгітом до настання фазової рівноваги.

В умовах настання фазової рівноваги при певній температурі кількість адсорбованих пектинових речовин у порах сорбента дорівнює концентрації адсорбтива у розчині соку. Ця залежність може бути представлена у вигляді рівноважної ізотерми Ленгмюра, яка будується при встановлених дослідним шляхом найкращих умовах проведення процесу: концентрація сорбенту в соку — 4,76 % мас., температура — 50 °С, тривалість — 30 хв.

Задавшись початковою концентрацією пектинових речовин в необробленому соку —  $c_{1n}$ , г/см<sup>3</sup>, кінцевою концентрацією —  $c_{1k}$ , г/см<sup>3</sup>, кінцевою концентрацією цільового компонента в порах адсорбента  $c_{2k}$ , г/см<sup>3</sup> та  $c_a$  — вагою адсорбованої речовини в одиниці об'єму пор, г/см<sup>3</sup>.

Провівши розрахунки для довільно вибраних експериментальних точок, будемо рівноважну ізотерму Ленгмюра, представлену на рис. 1.

Прийнявши додаткові умови:  $\tau_a=0$ ;  $c_2=0$  та  $c_a=c_{a0}=0$ . Із ізотерми адсорбції, рис. 1 визначаємо величини:  $c_\infty=0,085$  г/см<sup>3</sup> та  $c_i=0,001$  г/см<sup>3</sup>.



**Рис. 1** Рівноважна ізотерма адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом концентрацією 4,76 % мас. при  $t=50^\circ\text{C}$ , тривалість взаємодії 30 хвилин.

Для розробки математичної моделі, за допомогою якої можна визначити тривалість поглинання, розв'яжемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} -\frac{d}{d\tau_a} \cdot (c_2 + c_a) = 3(c_2 - c_1) \\ c_a = \frac{c_\infty \cdot c_2}{c_i + c_2} \\ \beta(c_{a0} - c_2 - c_a) = c_1 - c_m \end{cases}$$

Нехтуючи проміжними перетвореннями, представимо математичну модель у виді:

$$\tau_a = \frac{M}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{c_\infty}\right) + \frac{N}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{\mu_2}\right) + \frac{P}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{\mu_3}\right),$$

де  $\mu_2$  і  $\mu_3$  — корені квадратного рівняння:  $\beta\mu^2 - A\mu + B = 0$

Коефіцієнти  $A$  і  $B$  розраховуємо:

$$A = c_{1k} + c_i + \beta(c_{20} + c_{a0} + c_\infty + c_i); \quad B = c_\infty [c_{1k} + \beta(c_{20} + c_{a0})].$$

Коефіцієнти  $M$ ,  $N$  і  $P$  визначаються:

$$M = \frac{c_\infty \cdot c_i}{(c_\infty - \mu_2)(c_\infty - \mu_3)};$$

$$N = \frac{c_\infty c_i + (c_\infty - \mu_2)^2}{(\mu_2 - c_\infty)(\mu_2 - \mu_3)};$$

$$P = \frac{c_\infty c_i + (c_\infty - \mu_3)^2}{(\mu_3 - c_\infty)(\mu_3 - \mu_2)}.$$

Таким чином, підібравши програму розв'язку представленої моделі можна розрахувати необхідну тривалість проведення процесу адсорбції пектинових речовин шунгітом до настання фазової рівноваги.

## **20. ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРЕПАРАТУ НАНОЧАСТИНОК ГІДРОКСИДУ АЛЮМІНІЮ**

**С.В. Ткаченко, асп.**

**В.В. Олішевський, канд. техн. наук**

**Л.М. Верченко, канд. техн. наук**

**А.І. Маринін, канд. техн. наук**

**О.В. Ардинський, асп.**

*Національний університет харчових технологій*

Нині важливим напрямком досліджень і розробок в науковому просторі, що націлені на вирішення комплексних науково-технічних і технологічних завдань є можливість застосування нанотехнологій.

Неодноразово підкреслювалось, що нанотехнології здатні, в принципі замінити чи вдосконалити багато існуючих технологій, та скласти основу для створення нових галузей промисловості і перетворення наукових моделей в багатьох галузях. Для реалізації цих можливостей потрібні більш глибокі наукові знання. Основною проблемою сьогодення є розробка нових методів та наукових теорій для вивчення поведінки середовищ та матеріалів в нанометровому масштабі.

Як відомо, нанорозмірним вважається стан речовини, за якого розмір частинок коливається від часток до десятків нанометрів. Передбачається, що використання систем із розміром частинок від часток до десятків нанометрів забезпечить прогрес практично у всіх галузях науки, техніки та стане стратегічним напрямком їх розвитку в XXI столітті.

Зокрема, в цукровій промисловості для очищення дифузійного соку використовують гідроксид кальцію вапняного молока, але він не забезпечує високий ефект видалення нецукрів, особливо у разі перероблення буряків погіршеної технологічної якості, що зумовлено неповними коагуляцією та осадженням речовин, які знаходяться в колоїднодисперсному та розчиненому стані під час попереднього вапнування, та часткове руйнування зкоагульованих агрегатів з переходом їх у розчин під час основного вапнування. Можливість видалити значну частину нецукрів на подальших етапах очищення, призводить до значних витрат реагенту та втрати цукрози, тому актуальним є пошук нових комплексних реагентів в наноформі, які дозволять забезпечити максимальний ефект очищення соків цукрового виробництва.

Відомо, що іони  $Al^{3+}$  в лужному середовищі мають високу коагулюючу здатність, що сприятливо впливає на процес фільтрування, але загальний вплив його на процес очищення дифузійного соку вивчено недостатньо.

Тому нами було досліджено вплив препарату наночастинок гідроксиду алюмінію  $[Al(OH)_3]$  на чистоту дифузійного соку на стадіях попереднього та основного вапнування.

Для додаткового очищення дифузійного соку був використаний препарат наночастинок гідроксиду алюмінію у водному розчині, одержаний за допомогою способу об'ємного електроіскрового диспергування, з концентрацією  $Al(OH)_3$  — 60 мг/дм<sup>3</sup> та розміром частинок твердої фази гідроксиду алюмінію 320 нм. Реакція середовища одержаного препарату лужна:  $pH_{20} = 8,2$ , дзета-потенціал системи  $36,2 \div 42,6$  мВ.

Очищенню піддавали дифузійний сік, який був одержаний безпосередньо на цукровому заводі (ВАТ «Кагарлицький цукровий завод»). Сік очищали вапном у вигляді вапняного молока, яке готувалось безпосередньо перед подаванням у сік. Вапно одержували випалом кондиційного вапняку Комсомольського рудоуправління із вмістом  $CaCO_3$  — 98,2 %. Очищення соку проводили за типовим способом: гаряче прогресивне попереднє вапнування, гаряче основне вапнування. Препарат наночастинок додавали в кількості 0,0003 %  $Al(OH)_3$  до маси соку. Вивчали вплив цього реагенту як на фільтровані соки попереднього та основного вапнування так і на соки безпосередньо під час проведення процесів попереднього та основного вапнування. Оброблені зразки фільтрували, охолоджували та аналізували, вимірюючи  $pH_{20}$ , вміст сухих речовин, вміст цукру, визначали чистоту, підраховували локальний ефект очищення, визначали zeta-потенціал та питому електропровідність розчинів.

В результаті досліджень виявлено, що за умов додаткового оброблення наночастинами гідроксиду алюмінію, має місце приріст локальних ефектів очищення як соку попереднього, так і основного вапнування. Раціональним місцем введення додаткового реагенту  $[Al(OH)_3]$  є метастабільна зона з  $pH_{20}=8,3 \div 8,4$  попереднього прогресивного вапнування. За таких умов локальний ефект очищення соку попереднього вапнування зростає в середньому на 21,4 % порівняно із соком без додаткового оброблення.



## 21. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА

О.Д. Пазюк

Вінницький національний аграрний університет

Основним завданням оптимізації процесу сушіння зерна є вирішення питання збереження, а по можливості підвищення якості зерна, через заходи направлені на інтенсифікацію процесу (рис.1) та зменшення енергетичних витрат при сушінні зерна (рис. 2).

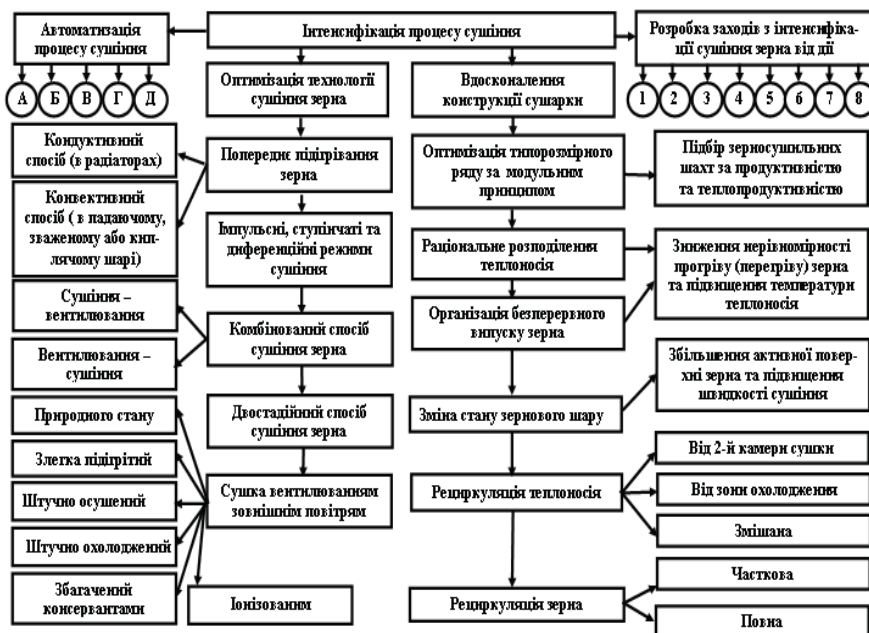


Рис. 1. Класифікація основних шляхів інтенсифікації сушіння зерна.

**Автоматизація процесу сушіння:** контроль та вимірювання: А — подачі зерна; Б — вологості зерна; В — температури зерна та теплоносія; Г — рівня зерна; Д — спалювання палива в топці.  
**Заходи з інтенсифікації від дії:** 1 — вібрації акустичної дії; 2 — електричні та магнітні поля; 3 — зниження вологовмісту теплоносія; 4 — перемішування зерна; 5 — зниження тиску теплоносія; 6 — зміна швидкості теплоносія; 7 — зменшення товщини шару зерна; 8 — зміна швидкості руху зерна.

Інтенсифікація процесу сушіння може досягатися різними способами в залежності від конкретних задач, але основною умовою при виборі та вдосконаленні є отримання максимального економічного ефекту, що в свою чергу пов'язано з енергоефективністю технологічного процесу сушіння зерна (рис.2).

Розроблена вібраційна зерносушарка барабанного типу дозволяє оптимізувати процес сушіння з розробкою імпульсних, ступінчатих та диференційних режимів сушіння та заходів від дії вібрації з перемішуванням шару зерна (рис.1), з зниженням втрат теплоти на випаровування вологи та використання в якості джерел енергії — електроенергію (рис.2).

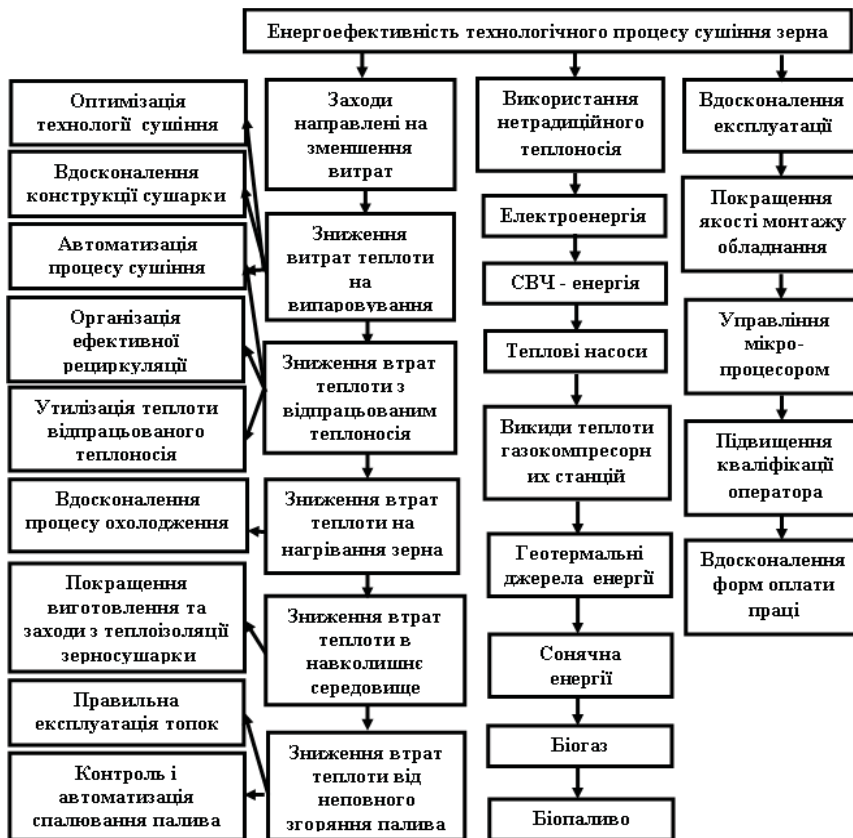


Рис. 2. Енергоефективність технологічного процесу сушіння зерна

## 22. ОЦІНКА ШВИДКОСТІ РУХУ ПОВЕРХНІ КАВІТАЦІЙНИХ БУЛЬБАШОК ПРИ ПАРОКОНДЕНСАЦІЙНІЙ КАВІТАЦІЇ

О. С. Марценюк, д-р техн. наук

*Національний університет харчових технологій*

І. М. Пастушенко

*Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості*

Ефективність дії кавітаційних пристроїв, які все ширше використовуються у харчових виробництвах, залежить передусім від швидкості руху поверхні (сплескування) заповнених парогазовою сумішшю кавітаційних бульбашок (КБ) за умови досить рівномірного їх розподілу в робочому середовищі.

Розширення і стиснення КБ відбувається внаслідок сумісної дії трьох рушійних сил між парогазовою фазою всередині бульбашок і оточуючою їх рідкою фазою: різниці тисків, різниці концентрацій і різниці температур. Проаналізуємо вклад цих чинників в інтенсивність зміни розмірів КБ, вважаючи в першому наближенні, що швидкість розширення і стиснення бульбашок однакова і менша від швидкості зростання та падіння тиску в кавітаційному пристрої.

*Вплив різниці тисків* має визначальну роль в розширенні і стисненні КБ при різних змінах тиску в рідинах з невеликим вмістом газу в межах температур досить нижчих від точки кипіння, тобто за відсутності впливу міжфазних переходів. Мікроскопічні зародки бульбашок, потрапляючи в зону розрідження, швидко розширюються в результаті різниці тисків

$$\Delta P = P_{\text{бульб.}} - P_{\text{зовн.}}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{бульб.}}$  — тиск парогазової суміші всередині бульбашок;  $P_{\text{зовн.}}$  — сумарний тиск зовні бульбашок, що складається з тиску поверхневого натягу і тиску в рідині. Швидкість розширення (звуження) бульбашок у цьому випадку визначається імпульсом, який отримують навколишні шари рідини під дією різниці тисків, за приблизним рівнянням

$$v_{\Delta P} \approx \sqrt{\Delta P / \rho_p}, \quad (2)$$

де  $\rho_p$  — густина рідини. У реальних умовах при  $\Delta P = 10^5$  Па,  $\rho_p = 10^3$  кг/м<sup>3</sup> отримаємо  $v_{\Delta P} = 10$  м/с, тобто бульбашка дуже швидко розширюється.

*Дифузійне розширення бульбашок* може мати значний ефект в рідинах з високим газовмістом. Під час розширення бульбашок концентрація газу в них зменшується і газ дифундує з рідини в бульбашку. Швидкість дифузійного розширення бульбашки можна оцінити за рівнянням

$$v_{\text{диф.}} = (c_g / \rho_g) \cdot \sqrt{D / \tau}, \quad (3)$$

де  $c_g$  — масова концентрація розчиненого газу;  $\rho_g$  — густина газу в бульбашці;  $D$  — коефіцієнт дифузії газу в рідині;  $\tau$  — тривалість.

Якщо тривалість дифузійного звуження КБ прийняти рівною тривалості їх перебування в зоні каверни довжиною 1 м, що переміщується зі швидкістю 10 м/с, отримаємо  $\tau = 10^{-1}$  с. За такої тривалості бульбашки повітря з параметрами  $c_g = 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_g = 10^0$  кг/м<sup>3</sup>,  $D = 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с,  $\tau = 10^{-1}$  с будуть розширюватись зі швидкістю  $v_{\text{диф.}} \approx (10^{-4} / 10^0) \cdot \sqrt{10^{-9} / 10^{-1}} \approx 10^{-8}$  м/с нехтовно малою порівняно зі швидкістю гідродинамічного процесу.

*Швидкість термічної деформації* КБ можна оцінити порівнянням порядку величин коефіцієнта дифузії газів у рідинах  $D \approx 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с і коефіцієнта теплопровідності води

$$a = \lambda / (c \cdot \rho) \approx 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}, \quad (4)$$

звідки випливає, що швидкість чисто термічного процесу приблизно на 5 порядків перевищує швидкість дифузійного.

В дійсності швидкість колапсу парових бульбашок під час пароконденсаційної кавітації, створюваної вдуванням через сопло водяної пари в турбулізований потік недогрітої рідини, зростає ще на кілька порядків і може перевищувати швидкість

сплескування КБ, утворених при гідродинамічній кавітації, за рахунок взаємного підсилення гідродинамічних і теплових ефектів.

Особливістю пароконденсаційної кавітації є пульсаційний характер процесу сплескування КБ. У початковий момент вдування пари бульбашка росте не лише під дією тисків, а й внаслідок виділення теплоти конденсації на міжфазній поверхні — теплота не встигає відводитись в глибші шари, поверхневий шар рідини перегрівается і генерує додатковий потік пари в бульбашку. Випаровування води і розширення КБ приводить до охолодження міжфазної поверхні і конденсації пари, внаслідок чого в наступний момент бульбашка швидко стискується. Стиснення об'єму пари і її конденсація приводять до повторного циклу розширення КБ. До повної конденсації пари може відбуватись кілька циклів коливань. Кількість пари, що випаровується і конденсується під час циклів, не однакова.

### **23. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІІ ТЕХНІЧНИХ ТВАРИННИХ ЖИРІВ У ДИЗЕЛЬНЕ БІОПАЛИВО**

**Л.М. Хомічак д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**М.М. Муштрук, асп.**

**Ю.Г. Сухенко д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Переестерифікація технічних жирів тваринного походження в дизельне біопаливо практично не відрізняється від переробки рослинних олій. Процес виробництва дизельного біопалива може бути проведений з використанням лужного каталізатора, наприклад гідроксиду натрію (NaOH) або гідроксиду калію (KOH) і метанолу. Проведення реакції цих реагентів з тваринним жиром, який у більшості випадків при кімнатній температурі знаходиться в твердому агрегатному стані, пов'язане з певними труднощами. Переестерифікація відбувається при температурі плавлення жиру (40 – 50 °С), що передбачає попереднє зріджування сировини. Нормальному плину процесу переестерифікації заважають вільні жирні кислоти, які є у великій кількостях у тваринних жирах. З водою вони утворюють мила, які гальмують проходження реакції.

Найчастіше використовують два способи видалення вільних жирних кислот на різних етапах виробництва дизельного біопалива. Перший названий каустичним видаленням або лужним рафінуванням необроблених жирів. Вільні жирні кислоти при обробленні лугами випадають в осад. Очищені жири потім можуть бути легко перетворені у біодизель та гліцерин. Другий спосіб передбачає кислотно-каталітичну естерифікацію вільних жирних кислот у біодизель, а потім подальшу переестерифікацію тригліцеридів лужним каталізатором, що дає додатково паливо і гліцерин. Основна відмінність між першим і другим способом у тому, що перша технологія обробки включає каустичне очищення жиру, але передбачає збут побічного продукту (осаду), а друга технологія обробки потребує більшої кількості каталізатора, але майже не дає соапстоку.

Кількісна відмінність у собівартості продукції, виробленої за цими двома способами попередньої обробки, дозволить визначити межу безбитковості інвести-

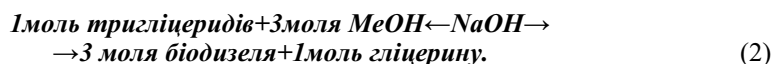
цій на придбання обладнання, необхідного для попередньої обробки тваринного жиру кислотою. Тому проведемо більш детальний аналіз цих двох способів.

Видалення вільних жирних кислот (ВЖК) лужним рафінуванням:



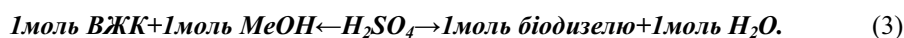
У рівнянні (1) ВЖК представлені молекулами з різними довжинами ланцюгів вуглецю і водню. Гідроксид натрію зазвичай додають у водному розчині з 20 % молярним надлишком.

Переестерифікація:



У рівнянні (2) тригліцериди, очищені від вільних жирних кислот і є основним компонентом необробленого жиру. MeOH — це метанол, який зазвичай додають з надлишком у молярному співвідношенні 6:1. Надлишковий метанол потім регенерують. Натрію гідроксид NaOH є катализатором реакції. Гліцерин є побічним продуктом реакції.

Естерифікація:



У рівнянні (3) сірчана кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> служить катализатором реакції і додається у кількості на 10 % більшій за масу вільних жирних кислот.

Нейтралізація кислоти:



Таким чином, попередня лужна обробка жиру і наступна переестерифікація тригліцеридів (рівняння (1) і (2)) можуть бути виконані в різних місцях. Обладнання для лужної обробки може бути серійним і відрізнятися від того, яке пов'язане з переестерифікацією. Кислотна попередня обробка тваринного жиру виконується на підґрунті хімічних перетворень (рівняння (3) і (4)) перед переестерифікацією. Принципова різниця у використанні цієї технології у тому, що всі складові цього процесу мають відбуватися в одному і тому ж місці. Якій схемі переробки сировини віддати перевагу потрібно вирішувати у кожному конкретному випадку. В першу чергу це залежить від якості сировини, її кількості, умов доставки, способів і термінів зберігання тощо.

## **24. ТВАРИННІ ЖИРИ — ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ**

**Л.М. Хомічак д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**М.М. Муштрук, асп.**

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Одним із напрямків вирішення енергетичних проблем в Україні є освоєння альтернативних відновлюваних джерел енергії. За оцінками вчених найперс-

пективнішими нетрадиційними джерелами енергії для України є рослинні і тваринні жири, енергія вітру та сонця, запаси водню та геотермальна енергія. Досліджені способи перетворення жирів у дизельне біопаливо.

Розвиток виробництва дизельного біопалива в Україні стимулюється державою, зокрема Законом України «Про альтернативні види рідкого та газового палива», Указом Президента України № 1094/2003 від 26.09.2003 р. «Про заходи щодо розвитку виробництва палива з біологічної сировини», Постановою Кабінету Міністрів України № 1774 від 22.12.2006 р. «Про затвердження Програми розвитку виробництва дизельного біопалива».

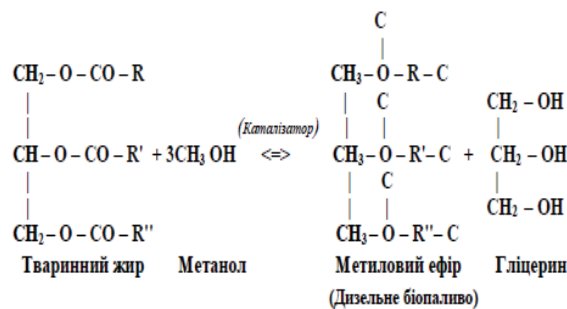
Згідно вимог ЄС частка використання біологічного та інших видів палива, що виробляються з відновлюваних ресурсів, у структурі енергоспоживання країн ЄС становитиме до кінця 2012 р. близько 6 %. З урахуванням цього в Україні, яка декларує співпрацю з країнами ЄС, повинно вироблятися та споживатися не менше 520 тис. т усіх видів біопалива.

Виробництво дизельного біопалива з тваринного жиру може зміцнити аграрний сектор і дати поштовх до збільшення поголів'я ВРХ. Цілком ймовірно, що обсяги поставок жиру визначатимуться виробниками м'яса, а вартість альтернативних джерел енергії впливатиме на зростання попиту на жир для виробництва дизельного біопалива. Важливу роль при цьому відіграватиме вартість і витрати реагентів для здійснення технологічного процесу.

Замінником мінерального дизельного палива можуть бути метилові та етилові ефіри жирних кислот, які отримують переестерифікацією тваринних і пташиних жирів, сала, жовтого жиру, побічних продуктів виробництв жирних кислот та риб'ячого жиру. Технічний тваринний жир нижчої якості, що отримується з продуктів, затриманих жиρούловлювачами, також успішно використовується для виробництва біопалива.

Технічний тваринний жир витоплюють з жиру-сирцю, одержуваного при обробці кишок, кісток, сичуга, трахей, залоз, обрізків шкур, кінців кишок, шлунків, легенів, язиків, вимені, м'яса, а також харчової сировини, забракованої санітарними службами. В середньому можна отримати таку кількість технічного жиру: з голови великої рогатої худоби — 36 кг, з голови дрібної рогатої худоби — 3,6 кг, а з голови теляти — 6,8 кг.

Технічні жири — це складні вуглеводні, утворені триатомним спиртом гліцерином і карбоновими кислотами, зазвичай вищими насиченими чи ненасиченими: пальмітиноюю  $C_{15}H_{31} - COOH$ , стеариноюю  $C_{17}H_{35} - COOH$ , олеїноюю  $C_{17}H_{33} - COOH$ , лінолевою  $C_{17}H_{31} - COOH$  та ін. Перетворення тваринних жирів у дизельне біопаливо відбувається за такою схемою:



Можна вважати доцільним виробництво та використання дизельного біопалива з технічних тваринних жирів, тому що їх усереднена ціна не перевищує 5,18 – 5,58 грн/кг, а технологія переробки у біопаливо не передбачає дорогих реагентів і є відносно простою.

## **25. ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ПРИ КОНВЕКТИВНОМУ І МІКРОХВИЛЬОВОМУ ЗНЕВОДНЕННІ СОРТІВ ГЛОДУ**

**Я.В. Євчук**

*Уманський національний університет садівництва*

**І.В. Дубковецький, канд. техн. наук**

**І.Ф. Малежик, д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

Для сушених плодів глоду вирішальними показниками, які впливають на якісні показники готового продукту, являються такі біологічно активні речовини, як вуглеводи, аскорбінова кислота, каротин, пектинові речовини та поліфенольні сполуки. Оскільки культурні сорти глоду відносяться до маловивчених культур, то інформації щодо складу біологічно активних речовин та їх кількості у більшості сортів недостатньо.

Конвективне сушіння плодів глоду за температури сушильного агенту 60°C і середній тривалості сушіння 642 хв. призводило до зниження вмісту цукрів, у порівнянні із свіжими, в середньому на 15,2 %. Найвищими за вмістом цукрів у цьому варіанті сушіння був глід Мейера і алма-атинський, відповідно 74,9 і 68,8 %, за тривалості сушіння 460 і 310 хв. Найнижчими — сорт Людмил та глід східний, відповідно 63,0 і 53,5 %, тривалість сушіння 836 і 780 хв.

Суттєве зниження вмісту загальної кількості цукрів при мікрохвильовому зневодненні відбувається із підвищенням напруженості магнетрону, внаслідок чого спостерігалася втрата соку плодів під дією струмів надвисокої частоти. Так, за потужності магнетрону 300 Вт найбільший вміст цукрів, як і у свіжих плодах, мали плоди сорту Шаміль, глоду алма-атинського. Їх вміст, відповідно, становив 75,9, 75,0 %, а тривалість сушіння — 430 та 250 хв.

Важливим критерієм цінності плодів глоду є наявність в них антиоксидантних речовин, однією з яких є аскорбінова кислота (вітамін С). Відомо, що вона володіє специфічними антирадіаційними та протиокислювальними властивостями, позитивно діє на центральну нервову систему. Значне скорочення тривалості сушіння, в середньому по сортах і видах від 642 до 457 хв., зменшує теплову дію на сировину і за рахунок цього сприяє кращому збереженню аскорбінової кислоти. За температури сушильного агенту 60°C і тривалості сушіння 642 хв. зафіксовано найвищий ступінь руйнування вітаміну С у порівнянні із свіжими плодами. В середньому по сортах і видах вміст аскорбінової кислоти знизився на 83 %.

При мікрохвильовому сушінні виявлено, що кращими за вмістом аскорбінової кислоти були плоди глоду одноматочкового і східного із відповідним вмістом аскорбінової кислоти 87,7 та 42,3 мг/100 г, висушені струмами високої частоти за потужності магнетрону 300 Вт і тривалості сушіння глоду одноматочкового — 194 хв., а східного — 520 хв. Гіршими за вмістом аскорбінової кислоти у цьому

варіанті зневоднення були плоди глоду алма-атинського і сорту Збігнев, вміст аскорбінової кислоти у яких становив, відповідно, 21,2 та 20,9 мг/100 г, при їх середній тривалості сушіння — 256 хв.

Відомо, що поліфеноли є активними метаболітами і відіграють важливу роль в різноманітних фізіологічних функціях, в тому числі стійкість до інфекційних захворювань. Різке зменшення вмісту поліфенольних сполук у порівнянні із свіжими плодами відбувається при конвективному сушінні плодів глоду за низьких температур сушильного агенту — 60 і 70°C. Так, за температури сушильного агенту 60°C, загальна кількість поліфенольних сполук становила в середньому 1600 мг/100 г, що на 58 % нижче від вмісту у свіжих плодах. Найбільший вміст загальної кількості поліфенольних сполук у цьому варіанті сушіння був у глоду одноматочкового та сорту Збігнев, відповідно 3398 і 1284 мг/100 г, найнижчий — у глоду алма-атинського та сорту Шаміль та Людмил, відповідно 1214 та 891 мг/100 г, у варіанті сушіння плодів за температури сушильного агенту 70°C і тривалості, в середньому 465. Так, у глоду одноматочкового де вміст загальної кількості поліфенолів був найвищий, у варіанті сушіння за температури сушильного агенту 70°C і тривалості сушіння 254 хв, вміст поліфенолів збільшився, порівняно із попереднім варіантом сушіння, на 28,2 %. У варіанті за температури 80°C і тривалості 222 хв. — на 41,7 %, за 90°C і тривалості сушіння 180 хв. — на 49,2 % і, у варіанті сушіння за температури теплоносія 100°C і тривалості 164 хв. — на 51,2 %.

При мікрохвильовому методі сушіння найбільший вміст загальної кількості поліфенольних сполук був у глоду одноматочкового (3363 мг/100 г) та глоду алма-атинського (1190 мг/100 г) за тривалості сушіння відповідно, 194 та 250 хв. Найменший вміст поліфенольних сполук був у сортів Шаміль і Людмил, відповідно 967 та 755 мг/100 г, за тривалості сушіння 430 і 560 хв. Результатами досліджень встановлено, що потужність магнетрону 300 Вт і середня тривалість сушіння 339 хв призвела до найнижчого вмісту поліфенольних сполук, в середньому по сортах і видах — 1481 мг/100 г, що на 61 % нижче від вмісту у свіжих плодах і обумовлене, вочевидь, тривалим процесом їх зневоднення.

## **26. ДЕСОРБЦІЯ АМІАКУ З КОНЦЕНТРОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ**

**В.В. Пономаренко, канд. техн. наук**

**Д.М. Люлька**

*Національний університет харчових технологій*

На цукровому заводі при випарюванні цукрових розчинів в парову фазу переходить значна кількість аміаку (близько 300 мг/л), що унеможливило його використання в якості частини живильної води на дифузії. Однак типова технологічна схема водовикористання води на цукровому заводі передбачає повернення жомопресової води та аміачних конденсатів для дифузійного процесу. Це дозволяє зменшити потреби заводу в свіжій барометричній воді, знизити скиди. Крім того використання жомопресової води і аміачних конденсатів позитивно впливає на роботу самої дифузійної установки та наступній станції випарювання соку, так як вода не має солей жорсткості, незаражена від мікроорганізмів. Дифузійний сік, який отримується при використанні аміачних конденсатів в якості частини живильної води для екстракції відрізняється підвищеною чистотою по відношенню до соку, який отримується при використанні в якості екстрагента однієї барометричної води. Це



доведено експериментальними дослідженнями і дискусія по питанню використання в якості частини живильної води аміачних конденсатів для екстракції цукру з бурякової стружки вирішена в сторону її використання. Для можливості використання таких конденсатів в якості частини живильної води на дифузії необхідно провести десорбцію аміаку з водних розчинів та отримати кінцеву концентрацію  $\text{NH}_3$  на рівні 50...80 мг/л. Процес деамонізації доволі енергозатратний і потребує велику кількість пари або стисненого повітря.

На сьогоднішній день на цукровому заводі апартурно це питання не вирішено. Необхідно відмітити, що відомо декілька технологічних схем з використанням в якості десорбента як повітря, так і пари. В якості десорберів використовуються пароконтактні деамонізатори, апарати барботажного типу, десорбційні насадкові колони, електродіалізні установки для видалення аміаку. Були спроби використати в якості десорбера ректифікаційну колону.

Процес масопередачі  $\text{NH}_3$  з водних розчинів описується законом Фіка:

$$N_A = k_2 \cdot P \cdot (y - y_i), \quad (1)$$

де  $N_A$  — потік десорбованого компонента, кмоль/м<sup>2</sup> с;  $k_2$  — коефіцієнт масопередачі в газовій фазі, кмоль/м<sup>2</sup> с МПа;  $P$  — загальний тиск;  $y$  — мольна доля аміаку в газі,  $y_i$  — мольна доля аміаку на межі розділу газ—рідина.

Кількість десорбованого аміаку залежить від коефіцієнта масопередачі, поверхні контакту фаз, рушійної сили процесу. Збільшення поверхні контакту фаз призводить до пропорційного збільшення де сорбованого компонента. Ефективним способом збільшення поверхні контакту є використання форсунок. Каплі, що утворюються при роботі форсунок не однакові за розміром та з точки зору ефективності масопередачі. Малі краплі поглинають газ значно швидше, ніж великі та чим вся маса рідини в цілому. Чим менший розмір краплин, тим вища максимальна концентрація, яку досягає газ в цій краплі і тим раніше досягається максимальне значення концентрації. Тому в полідисперсній системі крапель абсорбція буде проходити значно повільніше в силу десорбції газу з менших крапель, а потім абсорбції в більш великі, ніж при монодисперсному розпилюванні рідини. Все сказане в рівній мірі відноситься і до десорбції газу з крапель. Слід відмітити значне збільшення масопередачі (на один, два порядки) в моменти утворення крапель при виході з розпилювача, їх удари в стінку, коалесценцію та вторинне подрібнення. В випадку десорбції добре розчинних газів припускається, що основний опір знаходиться лише в газовій фазі і можливо розглядати лише частковий коефіцієнт масопередачі в газовій фазі.

Що стосується рушійної сили процесу десорбції аміаку з рідкої фази в повітря, то нею є різниця парціальних тисків  $\text{NH}_3$  між тиском аміаку, рівноважним його вмісту в рідині і тиском аміаку в газовій фазі. Так як аміак добре розчинний газ, то закону Генрі він не підлягає, а для знаходження парціального тиску над водним розчином (мм рт. ст.) можна скористатись формулою:

$$\lg P_{\text{NH}_3} = -\frac{1750}{T} + 1,1 \cdot \lg M + 7, \quad (2)$$

де  $T$  — абсолютна температура, К;  $M$  — вміст  $\text{NH}_3$  в розчині, кг-моль/м<sup>3</sup>.

Приведені залежності десорбції аміаку дозволяють спроектувати установку ступінчатої деамонізації конденсатів, в якості першої ступені якої використовується

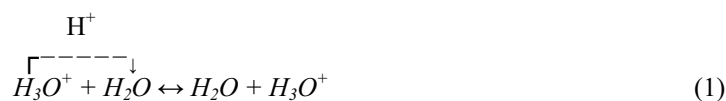
малогабаритний ефективний ежекційний апарат, який забезпечує високу степінь дрібнодисперсного та монодисперсного подрібнення, а отже і високу поверхню контакту фаз та перемішування рідини з повітрям в якості десорбента. Після розділення газорідинної суміші частково деаеронована аміачна вода потрапляє на другу ступінь десорбції, в якості якої використовується ежекційний апарат і насадкова колона. В якості десорбента використовується пара з 4-го корпусу випарної установки та повітря.

## 27. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДНОЙ СРЕДЕ, ОБРАБОТАННОЙ КОНТАКТНОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМОЙ

А.П. Тищенко, канд. техн. наук

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»

Продукты, образующиеся в результате действия контактной неравновесной плазмы, определяют реакционную способность активированной воды. В такой системе при наличии двух фаз — газовой и жидкой, в которых осуществляется перенос электрического тока между заглубленным в жидкость электродом и электродом, находящимся в газовой фазе, особую роль играет поверхность раздела фаз, в которой протекают интенсивные физико-химические превращения вследствие ее сложного структурного строения. Над поверхностью жидкости существует несколько динамических слоев с разнообразными электрическими зарядами в них. Так как потенциал газового пространства имеет положительный знак, следует предположить, что он образован облаком зарядов преимущественно положительно заряженных. Механизм движения иона, присутствующего в растворителе, состоит из двух стадий. На первой стадии, свойственной всем ионам, наблюдается электромиграция, то есть смещение иона относительно массы растворителя вследствие приложенной к иону силы внешнего электрического поля. Эта стадия способствует ионной подвижности, однако, вклад ее в этот процесс незначителен. Другой стадией является направленная химическая реакция переноса протона на соседнюю частицу растворителя



Совокупность таких стадий приводит к пространственному переносу заряда (эстафетный механизм). Особенность протона, как носителя заряда состоит в том, что он достаточно мал размерами и массой, чтобы при его следовании в элементарном акте вида (3.29) проявлялись его волновые свойства — туннельный эффект. Этот эффект вызывает снижение энергии активации элементарного акта переноса протона и, следовательно, увеличение ионной проводимости. В приповерхностном разряде на

воде перенос тока в жидкости обеспечивается продуктами автопротолиза  $H_3O^+$  и  $OH^-$ . При этом  $H_3O^+$  движется в направлении катода, а  $OH^-$  к поверхности раздела фаз. На катоде ионы  $H_3O^+$  образуют  $H^+$  и  $H_2$  принимая один или два электрона от катода. Молекулы  $H_2$  коаlessируют в пузырьки, всплывающие в жидкости, и в газовое пространство разряда над жидкостью поступает водород. Толщина приповерхностного слоя положительно заряженных частиц не может превышать длину свободного пробега электрона либо молекулы, атома или иона водорода. Структура слоев подвижная и меняется в процессе обработки жидкости. Имеет место также приповерхностный скачок потенциала, также подвижный и изменчивый в процессе контактного действия плазменного разряда.

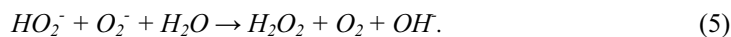
Изменение величины приповерхностного потенциала свидетельствует о первичном нагромождении зарядов с характерным временем переноса и последующим их расходом. Изменение физико-химических свойств воды в процессе обработки обусловлено в первую очередь превращениями в приповерхностных слоях жидкости, обеспечивающих перенос тока из жидкой фазы в газовую через поверхность раздела фаз.

Радикал  $OH^-$  является сильным окислителем (в щелочной среде  $E^{\circ}(OH_{(aq)}^- \rightarrow OH + e^-) = 1,9$  В. В кислой среде  $E^{\circ} = 2,73$ , в нейтральной  $E^{\circ} = 2,32$ . Таким образом, при переходе от нейтральной среды к щелочной его эффективность, как окислителя, снижается. Атомы  $H$ , гидратированные электроны  $e_{(aq)}$ , пероксид водорода  $H_2O_2$  и его надперекисные соединения в зависимости от  $pH$  среды могут быть окислителями, при этом окислительные свойства в кислых растворах проявляют  $e_{(aq)}$ ,  $H_2O_2$ , а атом  $H$  — в щелочных. В присутствии растворенного кислорода  $H$  и  $e_{(aq)}$  реагируют с ним, образуя свободные радикалы  $HO_2^{\cdot}$  и  $O_2^{\cdot-}$



Из значений  $E^{\circ}(H_2O_2 \rightarrow HO_2^{\cdot} + H^+ + e_{(aq)}) = 1,7$ ;  $E^{\circ}(H_2O + OH^- \rightarrow HO_2^{\cdot} + 2H^+ + e_{(aq)}) = 1,35$  и  $E^{\circ}(HO_2^{\cdot} \rightarrow O_2 + H^+ + e_{(aq)}) = -0,3$  В следует, что радикал  $HO_2^{\cdot}$  — менее сильный окислитель, чем радикал  $OH^-$ , а как восстановитель значительно менее эффективен, чем атом  $H$ . Для ион-радикала  $O_2^{\cdot-}$  более характерны реакции восстановления  $E^{\circ}(HO_2^{\cdot} + OH^- \rightarrow O_2^{\cdot-} + H_2O + e_{(aq)}) = 0,4$  и  $E^{\circ}(O_2^{\cdot-} \rightarrow O_2 + e_{(aq)}) = -0,33$  В

В результате рекомбинации  $HO_2^{\cdot}$  и  $O_2^{\cdot-}$  превращаются в пероксид водорода



При концентрациях растворенного в воде вещества ( $>10^{-3}$  моль/л) продукты, которые шли на образование молекулярных соединений, будут расходоваться на взаимодействие с растворенным веществом. При наличии в растворе нескольких веществ возможна конкуренция и одно из двух и более соединений может практически полностью избежать превращения. В случае, когда скорости этих реакций известны, можно определить направление реакции в обрабатываемом растворе, то есть такая система обладает селективностью.

Полученные в результате плазмохимической активации водные растворы находят широкое применение в пищевых технологиях.

## **28. ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНОЇ ХІТОЗАНОВОЇ ПЛІВКИ У ХАРЧОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**А.А. Ткачук**

**Б.Я. Громадська**

**А.В. Дразнікова**

*Національний авіаційний університет*

**А.В. Копиленко**

*Національний університет харчових технологій*

Екологічні проблеми останніх десятиліть, зумовлені накопиченням у побутових відходах залишків пластичних мас з тривалим терміном деградації, спричинили зростання зацікавленості до пошуку альтернативних засобів та матеріалів для збереження харчових продуктів. Одним із таких засобів є покриття продуктів їстівною бактеріо- та фунгістатичною захисною хітозаною плівкою.

Відомо, що хітозан, як похідна сполука хітину є одним із найпоширеніших полісахаридів у живій природі. Він накопичується у клітинній стінці мікроскопічних грибів та входить як структуроутворюючий компонент до складу панцирів різних комах та ракоподібних. Відповідно промислове виробництво хітозану має значну сировинну базу, якою являються відходи біотехнологічних виробництв де накопичується значна кількість біомаси міцелію мікроскопічних грибів. Екологічна чистота застосування хітозанових плівок у харчовому виробництві зумовлена також їх здатністю до природної біодеградації протягом відносно нетривалого періоду.

Оскільки покриття хітозановими мембранами, як засіб продовження терміну зберігання зокрема м'ясних виробів, твердих сирів, фруктів та свіжої овочевої продукції вже відоме, основним напрямком досліджень стало визначення можливості введення до складу хітозанових плівок додаткових компонентів, які б істотно підвищували їх антибактеріальні властивості. Так для цього були використані природні біоактивні сполуки, отримані з рослинних екстрактів та ефірних олій.

Предметом досліджень було обрано біологічну активність та фізико-хімічні властивості хітозанових мембранних плівок, що визначають їх придатність до використання у харчових технологіях зокрема при зберіганні сиру.

Сир — це загальна назва ферментованих молочних продуктів, які є найбільш розповсюдженішою групою. Сир, на відміну від інших молочних продуктів, є біологічно і біохімічно динамічним, а отже, нестабільним. У процесі дозрівання і зберігання різних сирів відбуваються реакції, які впливають на структуру, смак і всі інші хімічні та фізичні властивості сиру.

На розмноження мікроорганізмів в сирі впливають також вміст вологи, активність води, окисно-відновний потенціал, аеробні чи анаеробні умови, значення *pH*, вміст кислот та солі. Бактеріологічна контамінація сирних виробів зазвичай відбувається в процесі технологічної обробки та подальшою поведінкою з ним. Домінуюча мікробіота псування та визвані нею дефекти суттєво залежать від сорту сиру. Здатність до псування деяких твердих та напівтвердих сирів, типу пармезана та чеддера, суттєво знижена відносно низьким вмістом вологості (менше 50 %) та зниженим *pH*(5,0).

Зараз як захисне покриття сиру використовують синтетичні плівки для регулювання вологості та захисту від забруднення. Добре відомі з них: селюфан, поліетилен, саран, пліоплівки, та алюмінієва фольга, а також бутилкаучук, сополімери та вінілхлорид.

Сир, що використовувався в даній роботі відноситься до групи м'яких сирів. Цей сир широко відомий молочний продукт і має досить короткий термін зберігання, тому наші дослідження були спрямовані на пошук матеріалів, які б не змінювали фізичні та хімічні властивості сиру.

#### Висновки

1. Встановлено, що на біологічну активність хітозанових плівок впливає молекулярна маса, рівень рН, температура, спосіб нанесення хітозанових плівок та наявність у них додаткових компонентів, а саме: молочної кислоти або лимонної кислоти.

2. Модифіковано спосіб приготування високоякісних хітозанових плівок з використанням більш дешевих компонентів — замість полімолочної кислоти — поліетилен з низькою густиною, а замість полівініл-алкоголю — гліцерол.

3. Визначено ефективність застосування хітозанових плівок для подовження терміну зберігання сирів. Так, на сирі, що зберігається при температурі  $+4^{\circ}\text{C}$  без хітозанового покриття, відсоток поверхневої контамінації становить 70 %, а там де було хітозанове покриття — рівень ураження становить 0 %.

4. Визначений вплив хітозанових плівок на фізико-хімічні показники сиру. Так, наявність хітозанової плівки при температурі  $+4^{\circ}\text{C}$  зменшує втрату вологості на 2,5 %, а втрату маси — на 3,8 %.

5. За результатами дослідження зроблено рекомендації щодо вдосконалення технологічної схеми виробництва хітозану — на стадії екстракції запропоновано використовувати 2 % розчин NaOH для обробки біомаси *Aspergillus niger* при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  в продовж 30хв. Це дає змогу підвищити вихід хітозану на 5 %, зменшити витрату електроенергії, води та хімічних реактивів, що призводить до зниження собівартості продукту на 10 — 30 %.

## **29. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРАХУНКУ САТУРАТОРА ДИFUЗІЙНОГО СОКУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

**І.В. Ющук**

**В.О. Овчарук, канд. техн. наук**

**С.Г. Метльов**

*Національний університет харчових технологій*

На кафедрі інформатики проведено роботу по оптимізації процесу розрахунку обладнання, що призначене для поглинання діоксиду вуглецю з метою нейтралізації гідроксиду кальцію при очищенні дифузійного соку в цукровому виробництві.

З цією метою була розроблена математична модель розрахунку технологічного процесу сатурації. На першій сатурації з участю карбонату кальцію завершується формування осаду з необхідними для його відокремлення седиментаційними та фільтраційними властивостями.

На кількість вилучених із соку на першій сатурації нецукрів адсорбцією та співкристалізацією поряд з витратами вапна значно впливають такі параметри:

- вміст гідроксиду кальцію в соку під час кристалізації карбонату кальцію;
- температура;
- швидкість поглинання діоксиду вуглецю;
- площа поверхні та величина заряду часток карбонату кальцію;

– лінійна швидкість кристалізації карбонату кальцію та ін.

Високий показник ступеня використання діоксиду вуглецю забезпечує роботу заводу без перевитрат вапняку, палива та енергії, значно поліпшує керування першою сатурацією. На ступінь використання діоксиду вуглецю впливають такі параметри:

- вміст гідроксиду кальцію в соці, що містився в сатураторі;
- поверхня розділу між соком та газом;
- інтенсивність перемішування соку та ін.

Кінцевою метою цієї роботи є досягнення оптимального значення діаметру сатуратора в залежності від вмісту діоксиду вуглецю в сатураційному газі.

Було встановлено, що при зниженні вмісту діоксиду вуглецю в сатураційному газі до 20 % ступінь його поглинання зростає приблизно до 70 %.

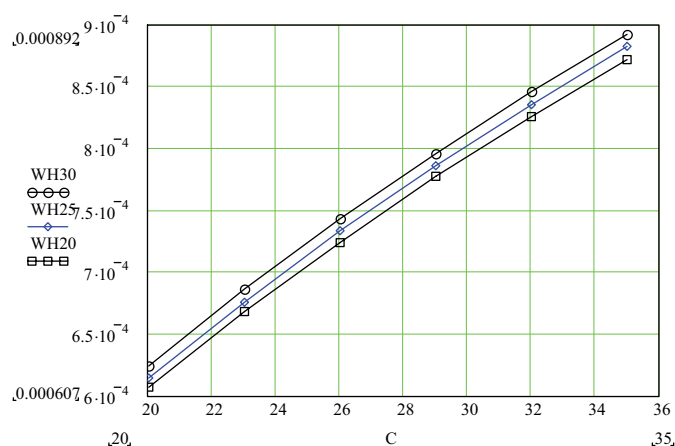
При оптимізації був врахований взаємозв'язок вище перерахованих параметрів процесу і зроблений контрольний розрахунок. По табличним даним отримані рівняння, які використані в моделі.

Це величина сталої Генрі для температур у межах 20 — 90 °С, яку визначаємо за формулою, що отримана методом найменших квадратів з абсолютною похибкою, яка становить  $\delta^2 = 1,6 \cdot 10^{-2}$

$$H_e = 1,654 \cdot 10^{-4} t^2 - 9,162 \cdot 10^{-3} t + 0,157, \quad (1)$$

величина рівноважного парціального тиску водяної пари, яку визначаємо за рівнянням, що отримано з абсолютною похибкою  $\delta^2 = 4,818 \cdot 10^{-3}$

$$P = 2,48 \cdot 10^{-4} t^2 - 2,0613 \cdot 10^{-2} t + 0,5252, \quad (2)$$



**Рис.1** Залежність швидкості поглинання CO<sub>2</sub> від вмісту CO<sub>2</sub> в газі і діаметра апарату (WH30 — 3 м; WH25 — 2,5 м; WH20 — 2 м)

і значення динамічної в'язкості соку, яка отримана по апроксимованій з середньо квадратичною похибкою  $\delta^2 = 5,38 \cdot 10^{-10}$  формулі

$$\mu = 2 \cdot 10^{-7} t^2 - 3,8 \cdot 10^{-5} t + 2,27 \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Результатом роботи є визначення того, що теоретичний розмір сатуратора менший від тих апаратів, що використовуються на цукрових заводах і змінюється від 2,5 до 2,1 метрів із збільшенням вмісту діоксиду вуглецю в сатураційному газі. Насичення діоксидом вуглецю сатураційного газу негативно впливає на коефіцієнт його використання. Із збільшенням вмісту CO<sub>2</sub> у газі у два рази ефективність його використання зменшується на 25 %.

### **30. ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПАРИ В ГРІЮЧІЙ КАМЕРІ ВАКУУМ — АПАРАТУ ВАЦМ-60**

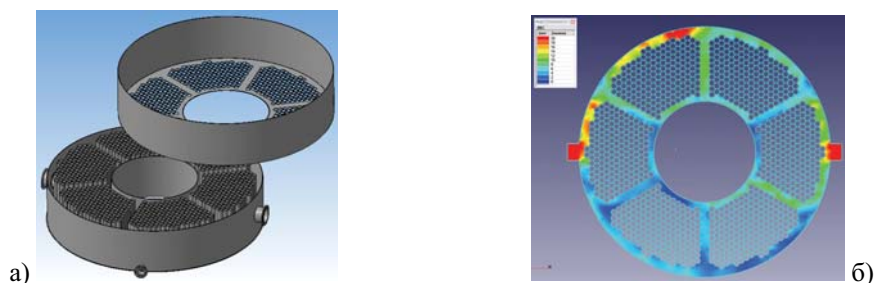
**Т.М. Погорілий, канд. техн. наук**

**І.М. Дмитренко**

*Національний університет харчових технологій*

Однією з основних задач цукрового виробництва залишається отримання високоякісного цукру в процесі кристалізації в вакуум-апаратах з мінімальними енерговитратами, тому необхідно продовжувати роботи по інтенсифікації процесів тепло — і масообміну в апаратах періодичної дії. Дана інтенсифікація має бути спрямована на забезпечення у всьому об'ємі апарату інтенсивної і рівномірної кристалізації. Дослідження полів температури в вакуум-апаратах показали, що ці поля нерівномірні як по висоті, так і по перерізу апарата. Перебування елементарних комірок кристалізуючої суспензії в зоні перегрівання викликає розчинення кристалів, а у випадку кристалізації сахарози, ще й збільшує її втрати від термічного розкладу. Наявність полів температури зумовлює різні значення коефіцієнтів розчинності і пересичення, що призводить до нерівномірного росту кристалів, виникненню конгломератів, генерації вторинних кристалів і впливає на інтенсивність процесу кипіння. Нерівномірність полів температури по перерізу пояснюють перегріванням кристалізуючої маси біля стінок поверхонь теплообміну.

Проте, очевидним є той факт, що нерівномірність полів температури буде залежати і від рівномірності розподілення швидкості руху пари вздовж об'єму міжтрубного простору гріючої камери, що впливатиме на оновлення поверхні контакту фаз. Процес теплообміну між фазами прискорюється, коли прискорюється оновлення поверхні контакту фаз, адже при цьому збільшується рушійна сила процесу.



**Рис.1 а) Трьохвимірне зображення гріючої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60; б) Розподілення швидкості в міжтрубному просторі гріючої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60.**

На прикладі грійочої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60 було змодельовано рух пари в міжтрубному просторі з використанням програмного комплексу Flow Vision. За допомогою програми КОМПАС-3D V10 було створено трьохвимірне зображення грійочої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60 (рис. 1, а) і на його основі побудовано модель міжтрубного простору для розрахунку в програмному комплексі FlowVision. Використання названих програмних продуктів дає можливість забезпечити при моделюванні геометричну подібність, подібність фізичних величин, подібність початкових і граничних умов. В результаті проведення моделювання динаміки пари при певних припущеннях отримано розподілення швидкості в міжтрубному просторі грійочої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60 (рис. 1, б).

Зроблено висновок, що пара в міжтрубному просторі розподіляється нерівномірно, що і буде основною причиною наявності полів температури вздовж діаметру апарата. Запропоновано провести модернізацію грійочої камери для забезпечення більш рівномірного розподілу швидкості руху пари шляхом раціонального розташування вхідних патрубків. Для визначення положення і необхідної кількості вхідних патрубків проведено чисельне дослідження: за допомогою програми КОМПАС-3D V10 було створено ряд моделей грійочої камери вакуум-апарату ВАЦМ-60 з різними положеннями патрубків; використовуючи ПК FlowVision отримано розподілення швидкості руху пари в міжтрубному просторі грійочої камери для кожної моделі. Аналізуючи кожну запропоновану модель на наявність полів швидкості руху пари в міжтрубному просторі пропонували розташовувати вхідні патрубки під різними кутами (від 0 до 90°) з метою запобігання зіткнення потоків пари при русі, що є причиною наявності зон з найменшими значеннями швидкості.

В результаті проведення чисельного дослідження визначено раціональне положення вхідних патрубків в грійочій камері вакуум-апарату ВАЦМ-60, що забезпечує наявність полів швидкості з найменш можливим перепадом.

### **31. КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ІНТЕНСИВНОЮ ТЕПЛООБМІННОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

**В.В. Пономаренко, канд. техн. наук**

**Д.М. Люлька**

**Ю.П. Процюк**

*Національний університет харчових технологій*

В цукровій та в інших галузях промисловості для нагрівання або охолодження технологічних рідин широкого використовуються трубчасті теплообмінні апарати. Недоліком їх роботи є низька теплопередача через гладку стінку теплообмінних трубок.

Для інтенсифікації теплообміну запропоновано використовувати трубки з рівномірно розміщеними на зовнішній поверхні кільцевими канавками, при цьому на внутрішній поверхні трубок утворюються кільцеві діафрагми плавної конфігурації, які виконують роль турбулізаторів потоку. Кільцеві канавки рекомендується виконувати для теплообмінних трубок діаметром 30/33 мм з кроком 2,5...30 мм та висотою виступів 0,5...3 мм. Практично підтверджено, що інтенсивність теплообміну при цьому зростає до 40 %.

Було проведено ряд розрахунків по визначенню втрат тиску в трубках з виконаними канавками при прийнятному внутрішньому радіусу трубки  $R$ , густині рідини  $\rho$ , та в вказаних інтервалах висоти виступів  $h_0$  та зміни швидкості потоку  $v$  в межах 1,5...1,8 м/с. Коефіцієнт опору  $\lambda$  визначається за формулою для шорстких труб:



$$\lambda_i = \left( 2 \cdot \ln \left( \frac{R}{h_0} \right) + 1,74 \right)^{-2} . \quad (1)$$

Відповідно кожному значенню  $\lambda_i$  розраховувалась величина перепаду тиску  $\Delta p_i$  по довжині трубок  $L$ :

$$\Delta p_i = \lambda_i \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} , \quad (2)$$

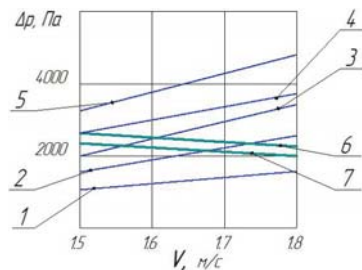
де  $D$  — внутрішній діаметр трубки.

Результати розрахунків представлені на рис. 1 (лінії 1, 2, 3, 4, 5).

Для аналізу доцільності інтенсифікації теплообміну запропонованим методом отримані значення  $\Delta p_i$  для трубок з турбулізаторами необхідно порівняти з перепадами тиску  $\Delta p$  для трубок з гідравлічно гладкою внутрішньою поверхнею.

Визначаємо коефіцієнт опору  $\lambda$  для трубки з гладкою внутрішньою поверхнею відповідно кожному значенню  $Re$  за степеневим законом опору Блазіуса (3) та за формулою Нікурадзе (4):

$$\lambda = 0,3164 \cdot Re^{-\frac{1}{4}} . \quad (3)$$



**Рис. 1. Графік залежності  $\Delta p$  по довжині трубки від швидкості потоку  $v$  при:**

1 — висота виступу  $h_0=0,5$  мм; 2 — висота виступу  $h_0=1$  мм; 3 — висота виступу  $h_0=1,5$  мм; 4 — висота виступу  $h_0=2$ ; 5 — висота виступу  $h_0=3$  мм; 6 — гідравлічно гладка трубка відповідно закону опору Блазіуса; 7 — трубка з гладкою поверхнею за формулою Нікурадзе

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} ; \quad (4)$$

За отриманими значеннями  $\lambda$  розраховано відповідні зниження тиску  $\Delta p$  по довжині трубок  $L$ . Результати розрахунків представлені на рис. 1 (лінії 6, 7).

Аналіз залежностей зниження тиску трубок з гладкою внутрішньою поверхнею та трубок з виконаними турбулізаторами показує, що виконання турбулізаторів в заданих межах визиває незначне збільшення гідравлічного опору. При значному збільшенні висоти турбулізаторів (до 3 мм) втрати напору по довжині такої трубки стають помітними (крива 5).

Таким чином, виконання турбулізаторів на зовнішній поверхні теплообмінних трубок дозволяє значно інтенсифікувати процес теплопередачі, втрати тиску при цьому збільшуються не суттєво. Виконати канавки можливо на токарному верстаті, при цьому зовнішній діаметр трубок не збільшується, що дозволяє використовувати трубки такої конструкції замість трубок з гладкою внутрішньою поверхнею в тісних пучках трубчастих теплообмінних апаратів.

## **32. ЗАЛЕЖНІСТЬ ЯКОСТІ ПРЕСОВОЇ ОЛІЇ ВІД РЕЖИМІВ ВОЛОГО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ**

**Т.І. Романовська, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

Сучасні великі підприємства з видобутку олії з плодів і насіння олійних культур працюють за класичною схемою форпресування та екстрагування. На етапі форпресування видобувають до 60 % ліпідів від початкового вмісту їх в олійній сировині. Класичною схемою передбачено очищення сировини, шеретування плодів чи насіння, у яких оболонка не зрослась із сім'ядолями, розділення шеретівки на фракції, подрібнення очищеного ядра, волого-теплову обробку, пресування. Чим краще проведено знімання оболонок і очищення, тим менші втрати олії з лушпинням.

Волого-теплова обробка — тепломасообмінний процес, який проводять у жаровнях, оснащених оболонками для обігрівання паром та пристроями для введення пари у середину подрібненого матеріалу.

За підвищеної температури подрібненої м'ятки ліпіди сферосом розкритих рослинних клітин утворюють поверхневі плівки, в'язкість ліпідів зменшується і матеріал стає пластичним. Внесена пара конденсується і сорбується білками та клітковиною, створюючи незмочувані олією капіляри. Температуру на виході із жаровні підтримують близько 105 °С, що забезпечує випаровування вільної вологи та інактивує ліпазу, ліпооксидазу, які каталізують гідроліз та окислення триацилгліцеридів.

Метою даного дослідження стало вивчення впливу температури та вмісту вологи на якість пресової соняшникової олії. Відтворювали волого-теплову обробку, зволожуючи матеріал перед пресуванням і нагріваючи його на лабораторному пресі під час пресування. Очищене соняшникове ядро зволожували водою, залишаючи на три години, далі подрібнювали і пресували. Вміст вологи у м'ятці, макусі та олії визначали арбітражним методом висушуванням за температури 105 °С у сушильній шафі до постійної маси. У пресовій олії визначали вміст пігментів спектрофотометрично за оптичною густиною 10 % розчинів гексану на довжині хвиль 450 нм для каротиноїдів і 295 нм для токоферолів. Як розчин порівняння використовували чистий розчинник — гексан.

Властивістю будь-якої речовини є її здатність поглинати електромагнітні хвилі певної довжини, яку у видимому діапазоні сприймає людське око, розрізняючи колір речовини. Відомі сім форм токоферолів, з них  $\alpha$ -токоферол проявляє найбільшу біологічну активність, а  $\delta$ -токоферол — антиоксидантну дію. Токоферолам характерний максимум поглинання світла довжиною 295 нм. Каротиноїдні пігменти включають близько 100 сполук, які поділяють на чотири групи: каротини трьох форм  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - та лікопін; ксантофіли — окси- та гідрокси-похідні каротинів, які включають криптоксантин і лютеїн; ефіри ксантофілів із жирними кислотами; каротиноїдні кислоти та карбонільні похідні каротинів. Найбільшу біологічну активність проявляє  $\beta$ -каротин. Максимум поглинання світла каротинів спостерігають на довжині хвилі 450 – 452 нм у петролейному ефірі та 440,5 нм в ацетоні,  $\beta$ -каротину у хлороформі 456 – 457 нм, лютеїну в етанолі — 447 нм.

Результати дослідження представлено у таблиці 1.

Пресова олія, отримана за вищої температурної обробки під час пресування, а також з м'ятки з меншим вмістом вологи, має вищий вміст пігментів. Є ймовірність хімічних змін супутніх триацилгліцеридам речовин у олії за жорстких режимів

волого-тепловій обробки. Олія, отримана за м'якшого температурного режиму та із зволоженої м'ятки, має менший вміст пігментів. Очевидно, супутні речовини, що проявляють дифільні властивості, залишаються у макусі у зв'язаному з вологою стані. Також, за нижчих температур супутні триацилгліцеридам речовини у олії менше зазнають хімічних перетворень, що також впливає на якість олії.

**Таблиця 1. Вплив режимів волого-тепловій обробки на якісний вміст пігментів у соняшниковій олії**

Матеріал	Вміст вологи, %	Оптична густина		Матеріал	Вміст вологи, %	Оптична густина	
		295 нм	450 нм			295 нм	450 нм
Температура пресування 90–100 °С				Температура пресування 110–120 °С			
без зволоження				без зволоження			
М'ятка	3,07±0,67			М'ятка	3,07±0,67		
Макуха	5,92±0,67			Макуха	5,47±0,67		
Олія	0,04±0,01	0,248	0,129	Олія	0,04±0,01	0,391	0,182
із зволоженням				із зволоженням			
М'ятка	7,19±0,67			М'ятка	7,19±0,67		
Макуха	10,36±0,67			Макуха	9,84±0,67		
Олія	0,12±0,01	0,115	0,103	Олія	0,11±0,01	0,193	0,120

Отже, регулюючи режими волого-тепловій обробки, можна регулювати якість олії, зокрема вміст пігментів, які одночасно є вітамінами та провітамінами і проявляють антиоксидантні та біологічно-активні властивості.

### **33. ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ПРИ УВАРИВАНИИ УТФЕЛЕЙ**

**В.Р. Кулинченко, д-р техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

ПАВ влияют на скорость кристаллизации сахара, поэтому рассмотрим возможность адсорбции ПАВ на поверхности кристаллов сахара. Исходя из их строения, предполагаем их адсорбцию на поверхности кристаллов так же, как и несахаров, через водородные связи. Адсорбция ПАВ в значительных количествах противоречила бы увеличению скорости кристаллизации. С точки зрения термодинамики дисперсных систем адсорбция ПАВ на поверхности кристаллов должна снижать свободную энергию поверхностного слоя и скорость кристаллизации. Установлено, что только очень незначительные количества ПАВ (0,1 мг/кг сахара) содержатся в кристаллах. Об этом свидетельствует то положение, что основная их масса взаимодействует с несахарами в растворе и адсорбционном слое, и лишь незначительное их количество проникает в кристалл.

Процессы тепло- и массообмена можно интенсифицировать, объединив два метода: гидродинамическое усиление циркуляции и непосредственное введение ПАВ

в вакуум-аппараты. Это позволит дозировать необходимые количества и направлять их в каждую кипятельную трубку аппарата вместе с паром, вдуваемым для усиления циркуляции в аппарате. Действие ПАВ на интенсификацию варки утфелей возрастает за время уваривания, а также по мере снижения чистоты межкристалльных растворов в процессе уваривания.

Таблица 1. Режим ввода ПАВ в зависимости от чистоты утфелей

Период уваривания	Утфель I кристаллизации, чистотой, %		Утфель I и II кристаллизации, чистотой, %		Цель ввода ПАВ
	92 и выше	ниже 92	78-82 и выше	ниже 78-82	
После набора аппарата сиропом или оттеком	10	10	10	10	Гашение пены
При подкачках в процессе варки	10	10	10	40	—
С последней подкачкой перед сгущением	10	30	30	50	Снижение вязкости, интенсификация, предупреждение «муки»
Всего	30	50	50	100	—

Таблица 2. Расчет содержания ПАВ в мелассе

Продукт	Количество продукта, % к массе свеклы (A)	Количество добавленного ПАВ		Количество ПАВ в мелассе, % к ее массе*
		к массе утфеля (B)	к массе свеклы (A·B/100)	
Утфель I кристаллизации	31,60	0,005	0,00158	0,0420
Утфель II кристаллизации	13,75	0,005	0,00069	0,0183
Утфель III кристаллизации	7,51	0,01	0,00075	0,0200
Меласса	3,76	—	—	0,0803

\* Рассчитывается по формуле  $(A \cdot B / Am)$ , где  $Am$  — количество мелассы, % к массе свеклы.

В последнее время для интенсификации уваривания и центрифугирования утфелей применяются ацелированные моноглицериды, дистиллированные АМГД, которые должны соответствовать следующим требованиям: температура плавления 28...31°C; кислотное число, не более 2 мг КОН; массовая доля связанной уксусной кислоты — не более 23 %; массовая доля основного вещества — не менее 80 %. Интенсификация процесса уваривания утфелей при введении ПАВ достигается за счет гашения пены, снижения вязкости. Их применение способствует предупреждению образования «муки». Режим ввода ПАВ в зависимости от чистоты утфелей приведен в табл. 1. В процессе кристаллизации сахарозы практически все количество ПАВ находится в межкристалльном растворе и затем переходит в мелассу.

Установлено, что содержание ПАВ в мелассе не должно превышать 0,1 % к ее массе, т. к. при более высоком содержании замедляется процесс брожения и уменьшается выход спирта. Контроль за содержанием ПАВ в мелассе проводится путем расчета, исходя из количества утфеля и величины добавленного ПАВ к утфелям разных ступеней кристаллизации. Данные расчета приведены в табл. 2.

В случае необходимости снижения содержания моноглицеридов в мелассе их следует вводить в основном в утфель III кристаллизации, где эффективность влияния ПАВ на интенсификацию уваривания самая высокая.

#### **34. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПАВ ПРИ УВАРИВАНИИ УТФЕЛЕЙ**

**В.Р. Кулинченко, д-р техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

Интенсификация процесса тепло- и массообмена с применением синтетических ПАВ достигается в основном за счет изменения реологических свойств и пенообразующей способности сахарных растворов и утфелей, взаимодействия между кристаллами и раствором.

В первую очередь следует обратить внимание на то, что все явления, обусловленные ПАВ, при уваривании утфелей протекают одновременно, являются взаимосвязанными и выделить удельное значение каждого из них трудно. Влияние ПАВ на кристаллизацию сахара может быть объяснено с точки зрения совокупности всех известных явлений, дополняющих одно другое. Механизм действия ПАВ на процесс кристаллизации чрезвычайно сложен и мало изучен.

Известно, что сахароза, как и вода, является полярным соединением, может образовывать водородные связи и соединяться с атомами кислорода, принадлежащим молекулам других соединений. Образование большого количества водородных связей между молекулами сахарозы и воды в растворе обуславливает гидратные комплексы. При концентрации сахарного раствора около 80 % в нем практически отсутствуют свободные молекулы воды, которые могли бы служить как бы смазочным материалом для гидратов сахара.

Уменьшение количества свободных молекул воды способствует снижению смачиваемости высококонцентрированными сахарными растворами поверхности кристаллов сахара и адгезии между фазами. Сахарные растворы высокой концентрации в определенной мере гидрофобизируются у поверхности кристаллов сахара. Это подтверждается тем, что с повышением концентрации сахара в растворе краевой угол смачивания увеличивается, а адгезия уменьшается. Наличие несахаров в растворе осложняет взаимодействие между молекулами. Такие несахара, как карамели, имеют гидроксильные, меланоидиновые и карбоксильные группы, а также группы молекул, содержащих азот. Эти соединения в свою очередь способны к протонным взаимодействиям с молекулами сахарозы в растворе и на поверхности кристаллов сахара.

Добавка к нечистым сахарным растворам синтетических ПАВ типа  $\alpha$ -МГЭ и ацетомоноглицеридов стеариновой кислоты, по-видимому, вносит существенное изменение в структуру растворов. Прежде всего наличие полярных групп в молекулах таких ПАВ позволяет предположить взаимодействие их с несахарами вследствие водородных связей.

Имеющиеся в ПАВ эфирные группы, группы  $\text{OCH}_3$  и  $\text{OH}$  приводят к образованию водородных связей с амидами, аминами и другими соединениями, содержащими азот. Причем, из-за большого числа водородных связей в ПАВ соединения сахарозы с несахарами разрушаются, освобождая молекулы сахарозы, в связи с чем понижается ее растворимость и повышается скорость кристаллизации.

Основное количество несахаров в межкристалльных растворах представляют собой обратимые коллоиды, при низких концентрациях такие системы являются истинными макромолекулярными растворами, т. е. однофазными системами. Вязкость таких суспензий обусловлена прямым столкновением и переплетением растворимых макромолекул. В этом случае внесение добавок ПАВ не должно заметно влиять на снижение вязкости системы. С повышением концентрации сухих веществ выше определенных критических значений несахара способны образовывать ассоциаты, представляющие новую фазу, на поверхности которой могут адсорбироваться ПАВ и, следовательно, изменять физико-химические свойства, в том числе и вязкость.

Влияние ПАВ на изменение реологических свойств растворов и утфелей следует отнести на счет их высоких пеногасящих свойств и удаления пузырьков воздуха из системы. Однако последнее явление снижает число центров парообразования и тем самым уменьшает интенсивность теплоотдачи к кипящим утфелям.

Роль ПАВ в диффузионной пленке на поверхности кристалла сахара, очевидно, можно объяснить тем, что взаимодействие ПАВ с несахарами более эффективно в адсорбционном слое, молекулы несахаров в котором находятся в более концентрированном состоянии. Причем взаимодействие ПАВ с несахарами адсорбционного слоя на поверхности кристаллов сахара может привести к некоторому разрушению диффузионной пленки.

На основании кинетики кристаллизации сахарозы был изучен механизм перемещения молекул сахарозы в растворе и у поверхности кристалла. Установлено, что толщина диффузионной пленки не является постоянной и зависит от скорости кристаллизации, вязкости пересыщенного раствора и скорости циркуляции в аппарате. Снижение вязкости межкристалльного раствора, увеличение подвижности утфелей приводят к большему перемещению кристаллов в растворе и увеличению кристаллизации сахара.

### **35. ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ЕФЕКТ В ПРОЦЕСАХ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ**

**Ю.В. Запорожець, канд. техн. наук**

**О.В. Ардинський**

*Національний університет харчових технологій*

**В.П. Василів, канд. техн. наук**

**І.Ф. Дайнека**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Одним із головних завдань переробної промисловості України є створення енергозберігаючих безвідходних технологій перероблення сировини у кінцевий продукт. Досвід розвинених країн світу свідчить, що отримати високоякісні конкурентоздатні харчові продукти можна за умови інтенсифікації технологічних

процесів переробки сільськогосподарської сировини, спрямованих на зменшення питомих витрат енергії з застосуванням досконалого обладнання, сучасних методів оброблення, що забезпечить отримання проміжних напівпродуктів та кінцевих продуктів з найменшою кількістю втрат з відходами. Перспективним методом інтенсифікації процесів переробних виробництв є електрогідравлічне оброблення, яке може стати одним з засобів вирішення цієї задачі.

В силу дуже швидкого виділення енергії розряду при електрогідравлічному обробленні відбувається швидке розширення іскрового каналу. В результаті виникає ряд ефектів: високий імпульсний тиск, який досягає десятків тисяч атмосфер; ударні хвилі; лінійні переміщення рідини зі швидкостями, які досягають сотень метрів за секунду; кавітаційні процеси; ультразвукові, ультрафіолетові випромінювання; імпульсні електромагнітні поля. Таке імпульсне підведення енергії до продукту спричиняє не тільки кількісні, але і якісні зміни процесів, що особливо специфічно для електрофізичних методів. Великий інтерес викликає можливість акумулювання енергії, а потім її виділення у надзвичайно малі проміжки часу, що дозволяє досягти високих значень миттєвої потужності. Це, на нашу думку, дасть змогу інтенсифікувати існуючі та створити принципово нові технологічні процеси. Саме тому електрогідравлічний ефект все частіше привертає увагу харчовиків та агропромисловців. З'являються літературні відомості про експериментальні дослідження можливості його використання в процесах переробних виробництв.

Зокрема, нами проведені дослідження щодо застосування способу електрогідравлічного оброблення в технологічних схемах виробництва цукру, водно-вапняної суспензії, хмелевих екстрактів, сироваткових напоїв, для інтенсифікації процесів екстрагування, подрібнення, плазмолізу, активації. В бурякоцукровому виробництві застосування електрогідравлічного способу оброблення сокоотружкової суміші дозволяє підвищити кількість та якість отриманого соку, знизити втрати цукру в жомі, тим самим збільшити вихід цукру-піску. А при електрогідравлічному обробленні водно-вапняної суспензії підвищується її хімічна активність до взаємодії з нецукрами дифузійного соку, а також вивільняється активне вапно яке знаходилось у зв'язаному стані, чим досягається значна економія вичерпних природних ресурсів вапняку України. Як відомо, при проведенні процесу екстрагування хмелю існують обмеження в тривалості самого процесу. Тому з метою скорочення часу екстрагування нами досліджено та встановлено ефективність попереднього, перед екстрагуванням, електрогідравлічного оброблення водяної суспензії шишок хмелю. Також виникає інтерес вчених і промисловців усього світу до пошуку найбільш раціональних способів переробки та використання молочної сироватки. Одним з перспективних напрямків переробки сироватки в світі вважається виробництво сироваткових напоїв, які містять один з найцінніших компонентів — сироватковий білок. Але ці напої виробляються в значній мірі з очищеної від частинок білка сироватки. Тому для збереження білкового складу та забезпечення однорідності системи було проведено електрогідравлічне оброблення молочної сироватки та отримано сироватку з однорідною системою без додаткового освітлення.

Значимість цих експериментів полягає в тому, що досліджений електрогідравлічний спосіб дозволить більш якісно проводити оброблення сільськогосподарської сировини, тим самим буде слугувати цілям інтенсифікації, підвищення економічної і екологічної ефективності традиційних процесів переробних виробництв. Ці обставини можуть в подальшому зробити запропонований спосіб достатньо конкурентоспроможним як на внутрішньому так і на зовнішньому ринках.

### 36. ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОГО РОЗКРИТТЯ КЛІТИН ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИЛУЧЕННЯ САХАРОЗИ З БУРЯКОВОЇ СИРОВИНИ

Н.А. Гусятинська, д-р техн. наук

Національний університет ДПС України

Одним із методів інтенсифікації вилучення сахарози з буряків є проведення процесу за умови збільшення кількості розкритих механічним шляхом клітин бурякової сировини. Спосіб може бути застосовано як у технології переробки хвостиків та бою коренеплодів цукрових буряків, так і експрес-технології переробки коренеплодів цукрових буряків.

На основі проведених експериментальних досліджень була встановлена емпірична залежність кількості сахарози, що екстрагується з подрібненої бурякової сировини у прямогоку з екстрагентом, від тривалості процесу та розмірів часточок твердої фази. Залежність кількості вилученої сахарози від тривалості процесу (за сталої температури 75 °С) та лінійних розмірів подрібнення бурякової сировини представлено у вигляді:  $f(t)=T(1-e^{-tk})$ , де  $T$  — максимальна кількість сахарози, яку можна вилучити із тканини цукрових буряків, %;  $t$  — тривалість проведення процесу, хв. Коефіцієнт  $k$  залежить від розмірів часточок бурякової сировини, що підлягають екстрагуванню сахарози. При розробленні математичної моделі діапазон розмірів подрібнення бурякової сировини змінювався в межах 0,1 – 7 см, а кількість екстрагенту по відношенню до маси подрібнених буряків у межах 120 – 300 %. Отже, згідно цільової функції розробленої математичної моделі отримуємо залежність кількості сахарози, що екстрагується з подрібненої бурякової сировини від розмірів подрібненої бурякової сировини та тривалості процесу:

$$W(t, x) = Dg \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{1,2t}} \right) \cdot \left( \frac{A}{1+A} \right) \cdot \left( e^{-\frac{x}{2,85t}} \right),$$

де  $W$  — кількість сахарози, що екстрагується з бурякової сировини;  $Dg$  — масова частка сахарози у сировині;  $A$  — відношення витрат живильної води до сировини;  $x$  — середній лінійний розмір подрібнених часточок буряків, см;  $t$  — тривалість процесу, хв.

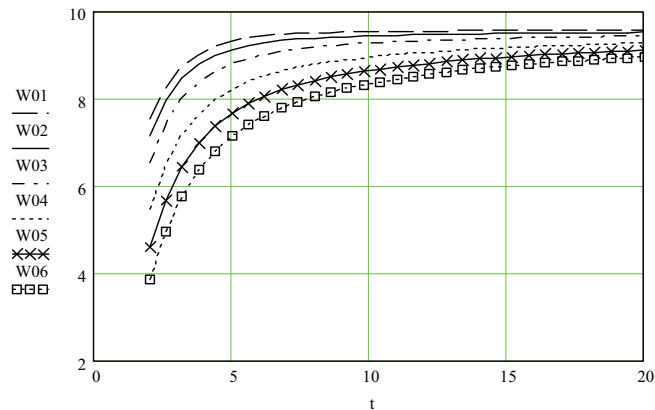
При розрахунку враховуються показники вмісту сахарози у сировині, співвідношення маси екстрагенту до маси бурякової сировини, середні розміри подрібнення бурякової тканини (рис. 1).

Варіювання кількості екстрагенту, що використовується для екстрагування сахарози з подрібненої бурякової сировини, доцільно здійснювати в межах 2...3:1. При цьому залишковий вміст сахарози у буряковій сировині після екстрагування складає 25-30 % від її початкового вмісту. Подальше знецукрення подрібненої бурякової сировини доцільно проводити пресовим способом.

Одержані результати досліджень покладені в основу розроблення технології переробки бурякової сировини, подрібненої до мезги, яка може бути використана, зокрема, при переробці хвостиків та бою коренеплодів. Перероблення бою та хвостиків буряків за окремою схемою з використанням хімічних реагентів для підготовки живильної води з надходженням отриманого соку в загальний



технологічний потік є найперспективнішим способом їх утилізації. Запропонований метод інтенсифікації покладено також в основу розроблення експрес-способу екстрагування сахарози з бурякової сировини.



**Рис. 1.** Розрахункові залежності кількості вилученої сахарози  $W$  (% до маси сировини) з подрібненої до різних розмірів бурякової сировини від тривалості екстрагування  $t$  (хв.), де криві W01-W06 відповідають розмірам: 1 — 0,2 см; 2 — 0,5 см; 3 — 1 см; 4 — 2 см; 5 — 3 см; 6 — 4 см за умови масової частки сахарози у сировині 12,8 % та співвідношення бурякомаса-екстрагент 1:3.

### 37. РЕЖИМИ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ГАЗОРІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ

А.М. Романюк, асп.

О.Ю. Шевченко, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

Досягнення інтенсифікації масообміну в газорідних середовищах потребує силових втручань, які змінюють гідродинамічні характеристики систем. Такій точці зору відповідає набір критеріїв гідродинамічної подібності, представлених критеріями Фруда, Ейлера та Рейнольдса:

$$Fr = \frac{w^2}{gl} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{l}{l} = \frac{mw^2}{l^2} \cdot \frac{l}{mg} = \frac{\text{сила інерції}}{\text{сила тяжіння}};$$

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} = \frac{\text{сила тиску}}{\text{сила інерції}};$$

$$Re = \frac{wl\rho}{\mu} \cdot \frac{w}{w} \cdot \frac{l}{l} = \frac{\text{сила інерції}}{\text{сила тертя}},$$

де  $l$  — геометричний параметр;  $w$  — швидкість потоку;  $P$  — тиск;  $\rho$  — густина середовища;  $\mu$  — динамічна в'язкість системи;  $g$  — прискорення вільного падіння;  $m$  — маса.

Взаємодія між матеріальними потоками витікає з законів Ньютона і є причиною змін в них, оскільки сили інерції представлені в кожному з критеріїв. У зв'язку з цим вибір методів інтенсифікації масообміну доцільно планувати в напрямках створення силових факторів.

Сили інерції, що входять у названі критерії відносяться до перехідних процесів, які характеризуються зміною швидкостей у відносному переміщенні фаз або зміною напрямків швидкостей, або вказаною сукупністю. Починаючи від утворення газових бульбашок у рідинному середовищі мають місце енергетичні перетворення останнього.

Введення газової фази в нього супроводжується подоланням гідростатичного тиску і взаємодією газового та рідинного потоків. При цьому газова фаза має певну швидкість, з якою взаємодія здійснюється. Потужність останньої визначається виразом:

$$N_k = \frac{mw^2}{2},$$

де  $m$  — масовий потік газової фази; кг/с;  $w$  — швидкість контактування фаз, м/с.

Разом з тим стиснутий газовий потік характеризується рівнем потужності потенціальної енергії:

$$N_{\Pi} = pV$$

де  $p$  — тиск газової фази, Па;  $V$  — об'ємний потік газової фази, м<sup>3</sup>/с.

Потенціальна енергія газової фази стає складовою енергії газорідинної системи, на що остання відгукується зростанням свого рівня у вибраних координатах відліку. Від моменту створення газової фази у формі локального масиву бульбашок має місце розрив суцільності рідинної фази, що означає порушення закономірностей в розподілі гідростатичних тисків. Відгуком системи на останнє є початок створення циркуляційних контурів, в осередках яких є газорідинна суміш, що створює висхідний потік і якому відповідають опускні периферійні потоки.

Початкова фаза описаного процесу може розглядатися перехідною, за час перебігу якої здійснюється стабілізація термодинамічних і кінематичних параметрів.

В перехідному процесі відбувається вихід газових бульбашок за межі зони їх утворення і при цьому їх швидкість під дією Архимедових сил зростає до значень, за яких останні стають рівними силам опору середовища (силам тертя). За рахунок деформації бульбашок в їх переміщенні виникають флуктуації відносно вертикалі, що підвищує інтенсивність масопередавання за рахунок, у тому числі, і зміни поверхні контактування фаз та її безперервного оновлення. Відносна швидкість газової і рідинної фаз при цьому стабілізується і для системи «повітря — вода» вона складає 0,25—0,27 м/с.

Рівень деформації бульбашок при цьому залежить від їх початкових розмірів та зі збільшенням останніх деформації зростають. При цьому мають місце як додаткове подрібнення газової фази, так і зворотний процес коалісценції.

### **38. ХАРАКТЕР ЦИРКУЛЯЦІЇ ІНЕРТНОГО МАТЕРІАЛУ У ВІБРОПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ ПРИ СУШІННІ ПИВНИХ ДРІЖДЖІВ**

**В.Л. Яровий, канд. техн. наук**

**Р.Л. Якобчук, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

При сушінні пивних дріжджів способом розпилення в псевдозріджений шар інертного матеріалу, вибір режимів сушіння визначається максимальним значенням коефіцієнта масообміну між поверхнею плівки і теплоносієм. Кінетика сушіння тонкої плівки пивних дріжджів на поверхні інертного матеріалу описується рівнянням для зовнішнього масообміну.

Використання інертних частинок з фторопласту дозволяє застосовувати теплоносії з температурою, яка значно перевищує температуру плавлення продукту. Дослідження показали, що температура поверхні інертних частинок не перевищує температуру теплоносія на виході з сушарки, а зміна температури інертних частинок в нижній частині шару, де продукт контактує з високотемпературним теплоносієм, незначна. Зазначений режим досягається неперервним рухом інертного матеріалу в об'ємі камери, що забезпечує вирівнювання температури в середині шару і зменшення температурних градієнтів як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Підвищення ступеня перемішування частинок сприяє інтенсифікації теплообміну за рахунок турбулізації потоку теплоносія. Таким чином, температурний режим сушіння визначається, виходячи із температури теплоносія 70 – 75 °С на виході із сушарки.

Для сушіння пивних дріжджів найбільш доцільно використовувати малогабаритне високоефективне сушильне обладнання — сушарки з вібропсевдозрідженим шаром інертних тіл. Однак розроблення і раціональне використання таких апаратів неможливе без знання основних, в першу чергу кінетичних закономірностей процесу сушіння пивних дріжджів та врахування підвищеної адгезійної здатності їх до інертних тіл.

Вібропсевдозріджений шар при сушінні пивних дріжджів в камері циліндричної форми створюється, в основному, вібраційною дією решітки, що дозволяє зменшити витрати теплоносія до значення, яке забезпечує тільки процес тепломасообміну.

Зниження швидкості теплоносія, що проходить через шар інертного матеріалу, дозволяє збільшити перепад температури по його висоті. Вібраційний вплив сприяє рівномірному розподілу теплоносія по поперечному перерізу сушильної камери.

Змінюючи параметри вібрації, можна впливати на інтенсивність перемішування інертного матеріалу та пористість вібропсевдозрідженого шару. Правильний вибір частоти і амплітуди вібрації відповідно до фізико-механічних властивостей інертного матеріалу дозволяє створити оптимальні умови для процесів, що протікають у сушильній камері.

Для сипких матеріалів, що піддаються вібраційному впливу, перехід шару до вібропсевдозрідженого залежить не від маси часток, а від прискорення вібрації поверхні, на якій перебуває матеріал.

Абсолютна величина пористості вібропсевдозрідженого шару залежить як від частоти, так і від амплітуди коливань. Чим нижча частота вібрації решітки, тим більша пористість шару може бути створена при порівняно однакових прискореннях вібраційного впливу. При параметрах від 1g до 4g об'єм шару збільшується інтенсивніше, ніж при подальшому підвищенні прискорення вібрації.

Одночасний вплив вібрації і теплоносія, що продувається через вібропсевдозріджений шар, дозволяє одержати рівномірний розподіл теплоносія в об'ємі сушильної камери при збільшенні пористості шару.

Враховуючи, що за час висушування маса матеріалу значно менша за масу інертного матеріалу, то однорідність шару буде залежати від параметрів вібрації решітки та силової дії потоку теплоносія. Силу дію потоку теплоносія при забезпеченні оптимального процесу тепломасообміну можна вважати сталою величиною, яка обумовлена подачею необхідної для процесу сушіння кількості теплоносія.

Отже, стан вібропсевдозрідження супроводжується складними циркуляційними процесами в дисперсному середовищі. Характер цього руху залежить від багатьох факторів. Основними є режими вібрації, характер руху теплоносія через шар інертного матеріалу та конфігурація робочої камери, в якій знаходиться дисперсне середовище.

### **39. ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИКАТОРОВ РЖАВЧИНЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ**

**Г.П. Тищенко, д-р техн. наук**

*ГВУЗ «Украинский государственный  
химико-технологический университет»*

**А.В. Коптиль**

*Национальная металлургическая академия Украины*

На подготовку поверхностей к противокоррозионной защите приходится 50 – 70 % общей стоимости противокоррозионных работ. Кроме того, в условиях повышенной влажности, постоянных низких температур (обусловленных пищевой технологией), неприменимости многих механических и химических способов очистки (из-за их неудовлетворительных санитарно-гигиенических характеристик), значительной концентрации влаги при горячей сушке поверхностей, обработка ржавчины без ее удаления часто является единственным способом качественной подготовки металлических поверхностей.

При защите пищевого оборудования от коррозии способы подготовки поверхностей без удаления продуктов коррозии представляют особый интерес еще и потому, что даже качественно очищенные поверхности в условиях высокой влажности пищевых производств за короткий промежуток времени снова покрываются налетом ржавчины.

В пищевой промышленности для обработки наружных поверхностей опытными партиями применяются модификаторы ржавчины П-1, П-2, П-3, П-3Б, Буванол, №3, Э-ВА-01-ГИСИ, Э-ВА-0112 и другие.

В последние годы отечественные и зарубежные научные разработки направлены на создание новых эффективных модификаторов ржавчины (МР) на основе недефицитного сырья. Нами проведены исследования и разработка МР на основе крупнотоннажных отходов азотных производств. Исследованный модификатор представляет собой раствор на основе ортофосфорной кислоты (ОФК).

Для обработки прокорродированных наружных поверхностей оборудования и трубопроводов разработан МР, в котором при общей массе состава 100 мас. ч. содержание компонентов составляет: ОФК (85%-ная) 25-40; оксид цинка 2 – 9; маточник производства диаммонийфосфата 72,5 – 49,8; окись хрома 0,5 – 1,2. Маточник диаммонийфосфата образуется из полифосфорной кислоты, содержащей 25 – 40 % полифосфатов, которые, взаимодействуя с продуктами коррозии создают совместно с другими фосфатами более плотные мелкокристаллические слои с равномерной упаковкой преобразованных продуктов коррозии. Маточник диаммо-

нийфосфата, образующийся при производстве фосфата аммония после отделения кристаллов диаммонийфосфата, является неиспользуемым отходом химкомбинатов. Отходы содержат следующие компоненты, мас. ч.: фосфорный ангидрид 15 – 20, фосфат аммония 1,5 – 2,3; фосфат алюминия 1,8 – 2,8; фосфат магния 1,1 – 2,0; нитрит аммония 0,5 – 0,9; нитрат аммония 0,6 – 1,0; вода — остальное. Наличие этих компонентов способствует получению плотного грунтовочного слоя, положительно влияет на качество формируемого покрытия, позволяет снизить расход ОФК.

Проведены сравнительные испытания физико-механических свойств наиболее широко применяемых промышленных МР (автопреобразователя, автопреобразователя-1, ПРЛ, П-1Т) и разработанного МР.

Анализ сравнительных исследований промышленных МР и разработанных нами МР на основе маточника диаммонийфосфата показал, что новый состав обеспечивает адгезионную прочность полимерного покрытия, нанесенного на преобразованный слой ржавчины 1,75 МПа, то есть выше, чем серийно выпускаемые модификаторы автопреобразователя (1,04 МПа) и ПРЛ (1,71 МПа).

Микроскопические исследования преобразующей способности МР показали, что практически все серийные МР не обеспечивают полного преобразования ржавчины (толщина непреобразованного слоя ржавчины составляет 6-60 мкм). Новый МР позволяет полностью преобразовать обработанную ржавчину.

В соответствии с разработанным технологическим регламентом и ТУ 13-03-25-7-2010 выпущена опытная партия «Состава для получения защитных покрытий», которая использована для противокоррозионной защиты оборудования пищевых предприятий.

Использование модификаторов ржавчины является перспективным направлением совершенствования антикоррозионной защиты пищевого оборудования.

Анализируя результаты проведенных исследований можно сделать выводы, что разработанный МР не уступает по своим физико-механическим характеристикам серийным аналогам, кроме того при производстве этого состава решается экологическая проблема рационального использования производственных отходов и экономическая проблема использования дешевого украинского сырья.

#### **40. ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ РОЗЧИНЕННЯ СТАЛЕЙ І ПОКРИТТІВ У М'ЯСОПОДРІБНЮВАЛЬНИХ МАШИНАХ**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів  
і природокористування України*

М'ясний сік, який виділяється при подрібненні м'яса у вовчках і кутерах є складним електролітом, який має у своєму складі кухонну сіль, насичені і ненасичені жирні кислоти, продукти гідролітичного розпаду білків, нітриту натрію, азотистих речовин, глютамінової кислоти та ін.

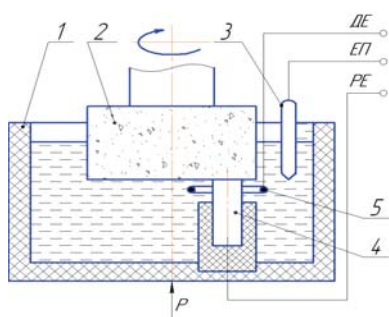
Перехід іонів конструкційних та інструментальних матеріалів у фарш може змінити органолептичні та інші його показники аж до непридатності для використання. Тому дослідження електрохімічної поведінки сталей і захисних покриттів у середовищі м'ясного соку має наукове і практичне значення.

Експерименти, які імітують процес тертя кутерних ножів із сталі 40Х13 і зміцнених вакуумними іонно-плазмовими покриттями, проводили на установці торцевого тертя, яка дозволяє реалізувати потенціостатичний метод дослідження

електрохімічних явищ під час тертя (рис.1) в середовищі м'ясного соку з фаршу «Лікарської» ковбаси.

Зношування нерухомого сталю зразка 4 проводили фторопластовим обертовим кругом 2, який імітував пружньо-в'язко-пластичне м'ясне середовище кутера. Зразок 4 діаметром  $6 \cdot 10^{-3}$  м, виготовлений із сталі 40X13 і з такої ж сталі, зміцненої вакуумними іонно-плазмовими покриттями на основі нітриду титану, нікелю, титану, хрому та ферохрому, за допомогою спеціального важільного пристрою притискався заданим зусиллям  $P = 0,35$  МПа до фторопластового круга 2 діаметром  $4 \cdot 10^{-2}$  м. М'ясний сік заливали у ванну 1, виготовлену з неорганічного скла. Дослідження проводили за допомогою електрохімічної комірки, що була складена за трьохелектродною схемою: РЕ — робочий електрод (зразок 4), ЕП — електрод порівняння 3 (стандартний хлорсрібний ЕВЛ-1М1) та ДЕ — допоміжний платиновий електрод 5. Електроди підключались до електронного потенціостата П5827М.

Визначали стаціонарні  $\varphi_{ст}$  електродні потенціали робочих поверхонь непокритих зразків із сталі 40X13 та зміцнених іонно-плазмовими покриттями у статичних умовах, а також під час тертя  $\varphi_{тр}$ . Струми саморозчинення досліджуваної інструментальної сталі і захисних покриттів  $i_{тр}$  отримували шляхом екстраполяції потенціодинамічних поляризаційних кривих. Основні результати досліджень зведені у табл.1.



**Рис. 1. Схема установки для корозійно-механічного зношування зразків з одночасним дослідженням електрохімічних процесів**

**Таблиця 1. Електрохімічні характеристики сталі 40X13 та іонно-плазмових покриттів у середовищі м'ясного соку**

Матеріал зразка	Потенціали і струм саморозчинення		
	$\varphi_{ст}$ , мВ	$\varphi_{тр}$ , мВ	$i_{тр}$ , А/м <sup>2</sup>
Сталь 40X13	- 720	- 871	0,223
Покриття TiN	- 545	- 445	0,139
Покриття Ni	- 440	- 410	0,084
Покриття Ti	- 485	- 440	0,036
Покриття FeCr	- 510	- 460	0,117

Судячи з напрямку зміни електродних потенціалів величини струмів саморозчинення (табл. 1), найкращим для захисту різальних інструментів м'ясоподрібнювальних машин виявилось титанове покриття, яке в 6 разів зменшує ступінь забрудненості м'ясних фаршів продуктами корозійно-механічного зносу сталей та підвищує споживчу якість фаршу.

## 41. МОДЕЛЮВАННЯ КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНОГО СПРАЦЮВАННЯ МЕТАЛІВ І ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ В ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ-ЕЛЕКТРОЛІТАХ

**О.Г. Дзюб**

*Національний університет харчових технологій*

**В.В. Мануїлов, асп.**

*Керченський державний морський технологічний університет*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. т.ехн. наук**

**Є.В. Чайка, асп.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Рідкі технологічні середовища харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв у переважній більшості є електролітами, які проявляють корозійну і поверхнево-активну дію на обладнання. У разі наявності технологічних середовищ у зонах тертя деталей інтенсифікується їх корозійно-механічне спрацювання і обладнання швидко виходить з ладу.

Технологічні середовища м'ясопереробних, рибопереробних, цукрових, спиртових, хлібопекарських, пивоварних, олійних, мікробіологічних та інших виробництв умовно можна поділити на дві групи: органічні і мінеральні. В одних і в других можливе проявлення електрохімічного механізму спрацювання, особливо за умов його інтенсифікації тертям.

Корозійно-механічна стійкість матеріалів, які використовуються для виготовлення машин і апаратів харчових виробництв, має велике значення для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог, які унеможливають забруднення харчових продуктів іонами металів, оскільки продукти спрацювання деталей можуть зробити готові вироби непридатними не лише для харчових, але також для кормових потреб.

Механізм корозійно-механічного зношування металевих матеріалів і захисних покриттів в технологічних середовищах — електролітах можна описати, застосувавши закономірності термодинаміки необоротних процесів.

Корозійно-механічне зношування супроводжується розсіюванням енергії, величина якої визначається енергією пластичної деформації, енергією зміни площі вільних поверхонь частинок зносу, а також енергією електрохімічних процесів у технологічних середовищах переробних виробництв.

Математично описати такі процеси можна за допомогою дисипативної функції, перетворення якої дозволяє отримати залежність приведеної швидкості спрацювання поверхні тертя від зміни її рівноважного електродного потенціалу, валентності конструкційного металу, постійної Фарадея і мольного об'єму продуктів зносу:

$$\bar{J} = APV - B \cdot \frac{\Delta\phi_0 \cdot nF}{V_M} + C \left( \frac{\Delta\phi_0 \cdot nF}{V_M} \right)^2,$$

де  $\bar{J}$  — приведена до одиниці об'єму швидкість спрацювання поверхонь тертя;  $P$  — навантаження поверхонь тертя;  $V$  — швидкість ковзання на контактні тіл;  $F$  —

постійна Фарадея;  $V_M$  — мольний об'єм продуктів зносу;  $A, B, C$  — постійні коефіцієнти, що обчислюються за методом найменших квадратів.

Запропонована модель дає можливість вибрати способи керування спрацюванням деталей обладнання в технологічних середовищах переробних і харчових виробництв за рахунок зміщення потенціалу пари тертя від зовнішнього джерела струму, вибору складу матеріалів і захисних покриттів для трибосистеми, застосування нетоксичних інгібіторів корозії, якщо це неможливо, виходячи з санітарно-гігієнічних вимог до ведення технологічного процесу переробки сировини.

Адекватність моделі була перевірена експериментально в технологічних середовищах рибообробної, м'ясопереробної, цукрової та пиво-безалкогольної промисловості і доведено, що вона з імовірністю 0,95 описує процес корозійно-механічного зношування матеріалів і захисних покриттів.

## **42. ЗНОСОСТІЙКІ ПЛАЗМОВО-ДИФУЗІЙНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СОЛЯНИХ НАСОСІВ**

**О.Д. Клюк**

*Національний університет харчових технологій*

**В.В. Мануїлов, асп.**

*Керченський державний морський технологічний  
університет*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

**Є.В. Чайка, асп.**

*Національний університет біоресурсів  
і природокористування України*

Агресивні технологічні середовища переробних виробництв АПК, впливаючи на деталі обладнання, зумовлюють їх інтенсивне корозійно-механічне зношування. Статистичний аналіз причин спрацювання деталей показав, що 85 % відмов машин і обладнання в харчових і переробних галузях відбувається через знос і корозію. Корозійно-механічна стійкість деталей обладнання також визначає стабільність його експлуатації. При руйнуванні деталей виробництво перебуває в напруженому стані, особливо якщо воно працює за безперервним циклом, що характерно для багатьох харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. Широкий діапазон швидкостей, температур, навантажень (зокрема знакозмінних), умов експлуатації акцентує увагу на постійному поліпшенні характеристик матеріалів, розширення їх ресурсної бази. Безперебійність роботи є важливим чинником для кожного переробного підприємства, бо інакше це призводить не тільки до збитків від простою, а й до псування харчових продуктів.

Особливо агресивними технологічними розчинами харчових виробництв є нейтральні розчини кухонної солі різної концентрації, розчини з низькими показниками рН, що мають кислу реакцію та розчини з поверхнево-активними речовинами.

Досліджувались зразки з вуглецевої сталі 45 з захисними порошковими покриттями системи Ni-Cr-B-Si (ПН85Ю15) і такі ж з наступним термодифузійним хромуванням.

Плазмові покриття наносились повітряною плазмою на установці «Київ-7». Термодифузійне хромування здійснювали в герметичних контейнерах в порошковій насиченій суміші з використанням власних запатентованих способів та НОУ-ХАУ.



Зносостійкість покриттів досліджували на машині тертя СМЦ-2 при терті за схемою «вал-укладка підшипника», а корозійну стійкість оцінювали за струмом корозії, визначеним шляхом екстраполяції потенціодинамічних кривих, знятих при терті зразків з покриттями в трьохвідсотковому розчині хлористого натрію в умовах торцевого тертя за схемою «втулка-втулка» за допомогою потенціостата П5827М.

Міцність зчеплення покриттів з основою, мікротвердість і пористість оцінювали за загальноприйнятими методиками.

Триботехнічні та електрохімічні дослідження показали наступне. Утворення карбідної фази у покриттях після термодифузійного хромування привело до зміщення поляризаційних кривих в області від'ємних потенціалів, що забезпечило зменшення струмів корозії.

Підвищення твердості комбінованих покриттів за рахунок утворення карбідів, зменшення їх пористості та інтенсивності корозійного розчинення привело до збільшення їх корозійно-механічної стійкості при терті в парі зі сталями і чавунами, відповідно, в 2,0 і 2,5 рази.

Проведені дослідження дозволили суттєво (в 2,5 рази і більше) збільшити довговічність швидкозношуваних валів і відцентрових коліс насосів, які перекачують соляні розчини на харчових підприємствах. Наприклад, було проведено зміцнення комбінованими плазмово-дифузійним корозієстійким покриттям валів насосів 4К-12, які перекачують ропу в холодильній системі 2-го міськмолзаводу м. Києва. Змащення трибопари «втулка-вал» в цих насосах здійснюється концентрованим соляним розчином, що обумовлює інтенсивне корозійно-механічне спрацювання. Використання запропонованого покриття підвищило термін експлуатації пари з 300 до 1200 годин.

### **43. ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ВІД КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНОГО ЗНОШУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

**Є.В.Штефан, д-р. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко д-р техн. наук,**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

**Є.В.Чайка асп.**

*Український НДІ цукрової промисловості*

Харчова і переробна промисловість України нараховує декілька десятків тисяч великих і малих підприємств. Окремі діючі підприємства і окремі цехи не відповідають сучасним вимогам і потребують модернізації. Матеріали, що традиційно застосовуються для виготовлення обладнання, в робочих середовищах харчової промисловості і переробних виробництв виявляються недостатньо корозійно — стійкими. На відміну від інших галузей робота обладнання харчових виробництв характеризується безпосереднім контактом поверхонь деталей з сировиною, напівпродуктами та продуктами, які можуть знаходитись у різному стані, здебільшого в рідкому. Наприклад, основними технологічними середовищами цукрового виробництва є соки: дифузійний, дефекований, сатурований, сульфітований а також сиропи, утфелі, меляси, кисла жомова вода і транспортерно-мийні води, які є агресивними по відношенню до більшості металевих деталей.

Значну агресивність виявляють також середовища оборотного водопостачання виробничих підприємств. Циркуляційні води за деяких умов стають корозійно-агресивним електролітом.

В основі корозійно — механічного зношування (КМЗ) металів лежить втомно-електрохімічна природа. Внаслідок імпульсного характеру процесів тертя, зміни активності вторинних структур на поверхні деяких деталей змінюється їх потенціал, що сприяє локалізації адсорбції поверхнево активних речовин і утворенню центрів втомного руйнування в цих місцях.

На основі положень фізико-хімічної механіки матеріалів розроблені науково обгрунтовані методи аналізу та дослідження процесів КМЗ металів.

Розроблені технології поверхневого зміцнення полімер-композиційними покриттями з наповнювачами з суміші тугоплавких з'єднань дозволили в 2 рази підвищити довговічність роботи робочих коліс відцентрових насосів і в 5 разів збільшити довговічність їх корпусів при перекачуванні харчових кислот. Ресурсоощадні технології застосування ХТО для захисту деталей дозволили в 10... 25 разів підвищити зносостійкість робочих коліс, валів і відцентрових насосів при перекачуванні водних розчинів хлориду натрію, кислих жомових вод, вапняного молока, сироватки, молока та інших рідин у харчових і переробних виробництвах.

У разі використання іонно-плазмового азотування довговічність робочих коліс насосів збільшилась в 1,4, захисних втулок валів в дефектованому соці в 4, в сатурованому і сульфатованому соках в 6...6,5 разів; у вапняному молоці в 6,2, а при експлуатації в нейтральних середовищах (конденсат випарних апаратів) в 4...7 разів. Довговічність причіпних пальців бурякоелеватора за умови використання цього покриття підвищується в 3 рази, ножів кутера в 5,2 рази, а ножів вовчків аж в 7 разів.

Промисловими випробуваннями доказана ефективність розроблених технологій ХТО. Їх можна застосовувати для хромування, борування, азотування і комплексного насичення поверхонь швидкозношуваних деталей харчових і переробних виробництв АПК.

Так, наші дослідження показали, що в результаті боралітування корозійна стійкість деталей з вуглецевих сталей 20 і 45 у розчинах кухонної солі збільшується в 9...11 разів, хромосиліціювання збільшує кавітаційну стійкість сірого чавуну в 4...6 разів, а хромоалітування збільшує стійкість деталей у водних розчинах NaCl, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH в 5...10 разів.

Контактування твердих тіл супроводжується безперервним підводом до трибосистеми механічної енергії, її розсіюванням та поглинанням. Чим вища величина енергії, що розсіюється, і менше рівень накопиченої енергії, яка іде на руйнацію, тим вище довговічність пари тертя.

#### **44. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ**

**О.М. Деменюк, канд. техн. наук**

**О.В. Грабовська, д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

Одним з найважливіших технологічних процесів виробництва цукристих крохмалепродуктів є гідроліз крохмалю, який на сьогодні здійснюють за допомогою амілолітичних ферментів. Особливістю гідролізу крохмалю з використанням ферментів від гідролізу за участі мінеральної кислоти є проведення цього процесу в два

етапи: розріджування крохмалю та його зцукрювання. Кожен з цих етапів має свою мету і проводиться за участі різних ферментів та при дотримванні різних технологічних умов. Оскільки, розріджування крохмалю — перший етап гідролізу, від якого залежить ефективність подальших технологічних процесів, метою нашої роботи було вивчення кінетичних закономірностей ферментативного розріджування крохмалю і розроблення математичної моделі цього процесу.

Було проведено узагальнений експеримент щодо визначення технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалю. У досліді проводили розріджування крохмальних суспензій з концентраціями 25, 30, 35, 40 % сухих речовин із застосуванням термостабільної  $\alpha$ -амілази, яку дозували у кількості від 1 до 5 одиниць амілазної активності на 1 г сухих речовин суспензії (од.ак./г СР). Процес розріджування контролювали визначенням глюкозного еквіваленту (ГЕ) за йодометричним методом Вільштеттера та Шудля. За отриманими даними було встановлено кінетичні залежності, які характеризують збільшення ГЕ протягом розріджування кукурудзяного і картопляного крохмалю за різних технологічних умов. Для кожної концентрації крохмальної суспензії при різному дозуванні ферменту за методом Сімпсона і трапецій в середовищі Mathcad Professional розраховано середню тривалість розріджування, відповідно до якої мовою Basic в середовищі Quick Basic проведено апроксимацію функції і визначено середній ГЕ та розраховано середню швидкість розріджування у кожному досліді.

З метою встановлення оптимальних технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалів було проведено оптимізацію отриманих експериментальних даних. За допомогою одного вихідного параметру неможливо охарактеризувати досліджуваний процес, тому для вирішення задачі оптимізації ферментативного розріджування крохмалю був обраний узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити обрані локальні критерії оптимальності: швидкість процесу розріджування,  $\text{хв}^{-1}$ ; фактор в'язкості; глюкозний еквівалент гідролізатів, %; дозування ферменту, од. ак./г СР крохмалю; концентрація крохмальної суспензії, % до маси суспензії.

Розв'язання задачі оптимізації передбачає розроблення математичної моделі, яка б адекватно виражала залежність вихідних параметрів процесу від вхідних факторів. При виборі рівнів факторів та інтервалів варіювання керувалися літературними даними та результатами попередніх лабораторних досліджень.

Вибір рівнянь, розрахунок та уточнення коефіцієнтів цих рівнянь здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional з використанням методу найменших квадратів. Шляхом порівняння розрахункових значень з експериментальними було розраховано середньоквадратичні та відносні похибки. В результаті були отримані рівняння локальних критеріїв оптимізації (в натуральних значеннях факторів) для кукурудзяного крохмалю (1, 2, 3):

– залежність швидкості розріджування від концентрації крохмальної суспензії, дозування ферменту та тривалості процесу:

$$VF(C, D, \tau) := [0.411 + (10.163 - 0.627 \cdot C + 9.775 \cdot 10^{-3} \cdot C^2) \cdot D] \cdot e^{[-0.033 + (-0.304 + 0.019C - 3 \cdot 10^{-4} C^2)D] \cdot \tau} \quad (1)$$

– залежність фактора в'язкості від концентрації крохмальної суспензії та дозування ферменту:

$$F(C, D) := (-60303 + 3566.1 \cdot C - 32.854 \cdot C^2) \cdot e^{(8.19302 - 0.8048 \cdot C + 0.02427 \cdot C^2 - 2.354 \cdot 10^{-4} C^3)D} \quad (2)$$

– залежність глюкозного еквівалента від дозування ферменту та тривалості процесу розріджування:

$$FGE(D, \tau) := -2.908 + (7.788 + 2.908) \cdot e^{-e^{-D}} + 4.6 \cdot \ln(\tau) \quad (3)$$

Аналогічні рівняння були отримані для процесу розріджування картопляного крохмалю.

Відносна похибка отриманих рівнянь знаходиться в межах 5 % від середнього значення кожного з факторів.

Таким чином, використовуючи отримані рівняння, за допомогою узагальненого критерію оптимізації визначено значення оптимальних технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування крохмалю.

## **45. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА РУЛОННОГО ТИПА**

**С.В. Ковалев, канд. техн. наук**

**О.А. Ковалева, канд. техн. наук**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», sseedd@mail.ru*

**Ю.Г. Змиевский, канд. техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

Анализируя литературные и патентные данные по конструктивному оформлению мембранных процессов разделения, сделан вывод, что более простыми и универсальными являются аппараты с мембранными элементами рулонного типа. Поэтому была разработана новая конструкция электробаромембранного аппарата представленного на рис. 1.

Данный аппарат (рис. 1) работает следующим образом. Разделяемая жидкость под давлением, превышающем осмотическое давление растворенных в ней веществ, через торцевую поверхность поступает в межмембранное пространство между цилиндрическим корпусом 1, мембраной 3 и перфорированной раствороотводящей трубкой 2. После заполнения аппарата жидкостью, на клеммы устройства для подвода электрического тока 4 подается постоянное напряжение, вызывающее определенную плотность тока в растворе. Под действием электрического поля, в зависимости от схемы подключения анод или катод, катионы или анионы транспортируются через прикатодную или прианодную мембрану 3 к катоду 5, являющейся дренажной сеткой из графитовой ткани и выводятся сквозь щели пластины 6, расположенные на перфорированной раствороотводящей трубке 2. Анионы или катионы транспортируются по всему межмембранному пространству в центральном ядре потока сетки турбулизатора 7, выполненной из электропроводящего полимерного композита, являющейся анодом или катодом, на все вершины которой в точках касания с поверхностью мембран нанесен диэлектрический элемент 8.

В результате электрохимических реакций в прикатодном и прианодном пространствах образовавшиеся продукты вымываются прикатодным пермеатом, продавливаемым под действием перепада давления через мембраны и прианодным ретенатом в зависимости от схемы подключения соответственно. Таким образом, из

розділяемого розчину, протікаючого по всьому міжмембранному каналу в виді аніонів і катионів, відводяться розчинені речовини з прикатодним пермеатом і прианодним ретентатом.

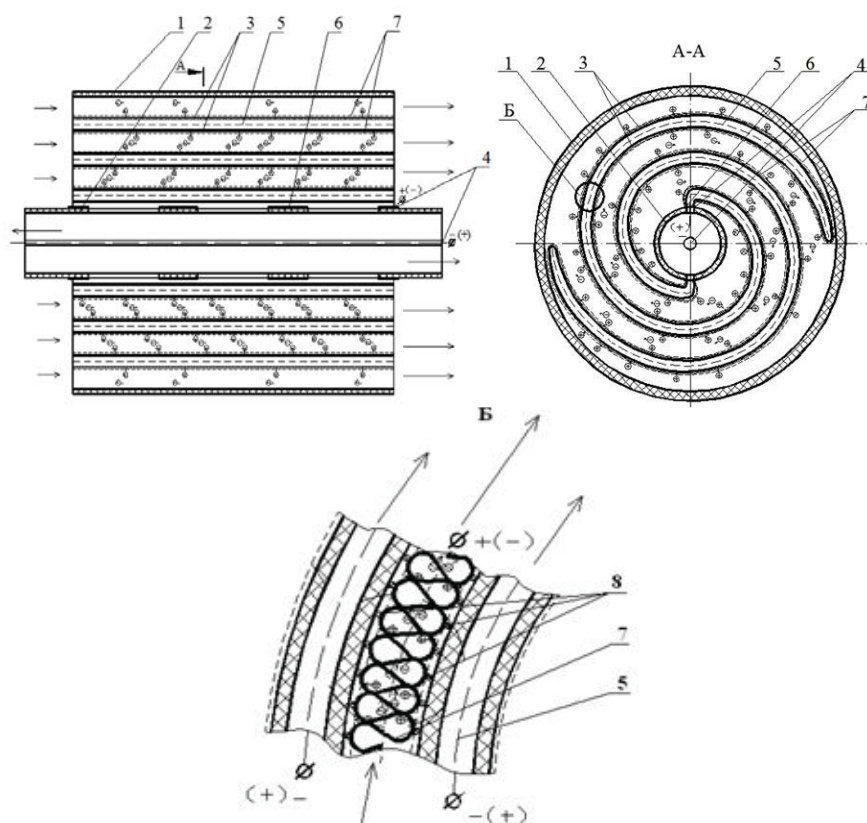


Рис. 1 Електробаромембранний апарат рулонного типу

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### 46. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ БУРОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ І ПРОМИСЛОВИХ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ

Л.С. Гапонич, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

М.М. Юрченко

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

Зростання цін на вуглеводневі палива загостило проблему зменшення використання природного газу та мазуту в теплоенергетиці України. Основним споживачем газу в Україні є комунальна та промислова теплоенергетика, де у 2011 р.

було спожито природного газу 26,8 млрд.м<sup>3</sup>, в той час коли на всіх ТЕС — 0,5 млрд. м<sup>3</sup>. Сьогодні в Україні працює більше 65 тис. комунальних і промислових котлів, і лише третина з них спалює тверде паливо, решта використовують здебільшого природний газ.

Витіснення з паливної бази ТЕС природного газу викликало дефіцит вугілля в еквіваленті 6 млн. т у.п. на рік. Подальше збільшення обсягів вугілля для постачання в енергетику стримується зношенням шахтного фонду. Максимально досяжна виробнича потужність наявного шахтного фонду на сьогодні — 87,3 млн т вугілля на рік, а загальний видобуток вугілля в 2011 р. досяг 81,8 млн т. В найближчій перспективі збільшення твердопаливної бази енергетики може бути досягнуто введенням в експлуатацію виробничих потужностей загальним обсягом 7,8 – 8,8 млн т (приблизно 5 млн т у.п.) за рахунок завершення будівництва шахт, що були закладені до 2001 р. та залученням позабалансових палив, в першу чергу бурого вугілля. Його загальні розвідані запаси в Україні — 8,7 млрд т, балансові запаси — 2,4 млрд т, у тому числі придатні для відкритих робіт більше 0,5 млрд т. Потенціал щорічного видобутку бурого вугілля в Україні на існуючих і перспективних підприємствах знаходиться на рівні 19,2 млн т (приблизно 5 – 6 млн т у.п.).

Існує позитивний досвід використання бурого вугілля в світовій енергетиці: частина електроенергії, що отримується з бурого вугілля, досягає 30 – 35 % в Румунії, Іспанії, Угорщині і перевищує 50 % в Греції та Німеччині. В Німеччині з кінця 20 сторіччя на бурому вугіллі працюють 2 блоки потужністю 800 МВт и 930 МВт. З 2010 р. в Німеччині на ТЕС в Нойраті працюють 2 сучасних енергоблоки потужністю 2x1100 МВт з витратою бурого вугілля до 3200 т/год. В Польщі з 2004 р. за технологією циркулюючого киплячого шару на бурому вугіллі працює ТЕС «Електровня Турів»: потужність — 3x235 МВт, 3x262 МВт.

Але в Україні буре вугілля сьогодні практично не використовується, існуючі ТЕС і котельні не пристосовані для його спалювання. Проблеми енергетичного використання бурого вугілля можна вирішити впровадженням нових високоефективних технологій. Буре вугілля доцільно спалювати в енергетичних котлоагрегатах різної потужності з різними модифікаціями киплячого шару (КШ). Для розробки цих технологій, окрім відомих результатів кінетичних досліджень горіння бурого вугілля, потрібні результати досліджень його піролізу в діапазоні відповідних режимних параметрів. Було виконано дослідження закономірностей піролізу бурого вугілля в діапазоні характерних для технологій КШ режимних параметрів. Проведені дослідження докладно описують поведінку частинок бурого вугілля при швидкісному піролізі в різних середовищах. Сукупно з кінетичними даними, отримані результати є достатніми для використання як вихідні дані для інженерних розрахунків потрібної тривалості перебування частинок бурого вугілля в реакторах КШ.

В Україні основний парк парових та водогрійних котлів малої потужності зосереджений в діапазоні 1,9 – 15,6 МВт і представлений в основному котлами ДКВР тепловою потужністю 4,0 – 6,5 МВт, значна частина яких працює на газі та мазуті. Одним із способів модернізації котлоагрегатів та продовження терміну їх експлуатації є встановлення перед ними передтопків — спеціальних пристроїв, що приєднуються до існуючих котлів або котлів, що будуються. Вони встановлюються з метою більш ефективного спалювання палива. В ІВЕ НАН України розроблено вихровий передтопок для спалювання бурого вугілля. Передтопок призначений для використання з котлоагрегатами типу ДКВР-6,5-13 для повного або часткового заміщення газу бурим вугіллям або торфом. Передтопок приєднується до котла через фронтальну стінку, що вільна від екранних труб. Розрахункове паливо — дніпровське

буре вугілля:  $W_i^r=25\%$ ;  $A^r=18,8\%$ ;  $Q_i^r=3500$ ккал/кг. Передтопок було виготовлено та проведено його попередні випробування. Після розпалу передтопок стабільно працював на розрахунковому паливі та на сирому бурому вугіллі з розміром частинок 0,001...7,0 мм та вологістю до 40 %.

Результати випробувань передтопка показали: можливість організації стабільного займання вугільних частинок у вихорі від випромінювання попередньо розігрітої футерівки; стабільне горіння вихрового потоку коксових частинок в основній частині камери передтопка з утворенням стійкого факелу на її виході; температура вихрового потоку менша, ніж точка розм'якшення золи, але достатня для забезпечення займання вторинного вугілля.

## 47. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ

**И.В. Котельникова**

**С.И. Лазарев, д-р техн. наук**

**В.Л. Головашин, канд. техн. наук**

**А.Е. Позднякова**

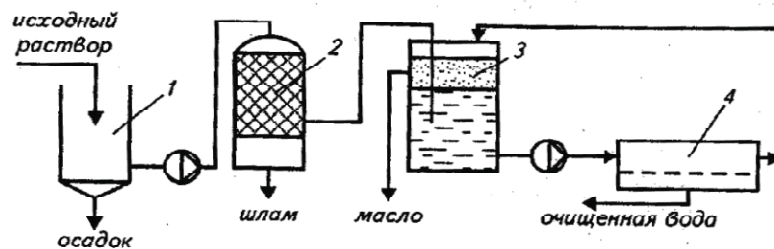
*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

**В.Г. Мирончук, д-р техн. наук**

**Ю.Г. Змиевский, канд. техн. наук**

*Национальный университет пищевых технологий*

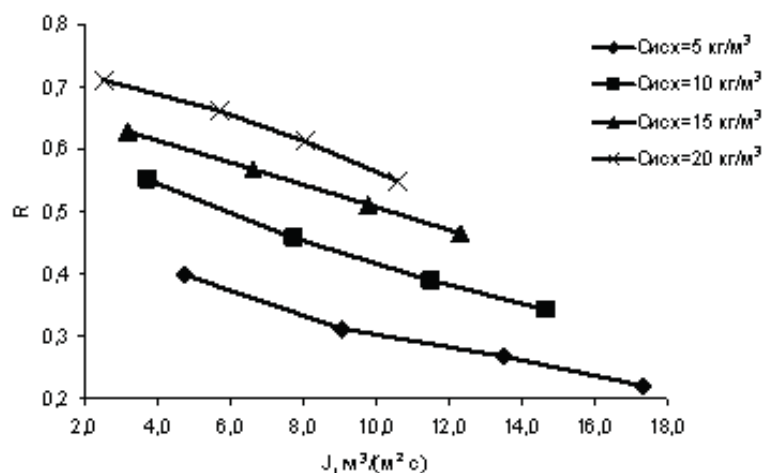
Эффективная очистка маслосодержащих сточных вод является актуальной в современных условиях. Средняя концентрация масел в сточных водах 14,1 мг/л, а ПДК этих веществ в водоемах и водостоках рыбо-хозяйственного назначения установлена на уровне 0,05 мг/л. Для очистки таких вод используют технологические схемы с применением мембранных процессов. Например, с помощью ультрафильтрации можно решить данную проблему. По сравнению с традиционными методами разделения жидких растворов, ультрафильтрационное разделение обладает рядом значительных преимуществ — компактностью аппаратуры, малой металлоемкостью, отсутствием вредных реагентов, малым энергопотреблением и простотой конструктивного оформления.



**Рис. 1.** Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих маслянистые компоненты: 1-отстойник; 2-механический фильтр; 3-сборник-разделитель; 4-мембранный аппарат.

Как свидетельствует многолетняя практика, надежная качественная очистка сточных вод, содержащих маслянистые вещества, возможна исключительно при реализации многоступенчатых технологических схем (рис. 1) извлечения маслопродуктов и других загрязняющих ингредиентов. Попытки использования более простых схем для получения очищенных вод требуемого качества дают только кратковременный эффект и не пригодны при длительной эксплуатации очистных сооружений на основе мембранных процессов.

Для проверки эффективности данной технологической схемы проводились экспериментальные исследования по разделению водно-маслянной эмульсии, содержащей триполифосфат натрия, на ультрафильтрационной мембране УФМ-100.



**Рис. 2.** Зависимость коэффициента задержания по триполифосфату натрия от удельного потока растворителя для мембраны УФМ-100.

Из приведенных на рисунке зависимостей наблюдается, что увеличение удельного потока приводит к снижению значений коэффициента задержания. Это обусловлено тем, что при повышении давления растворенные вещества проскакивают через мембрану вместе с растворителем, поскольку ультрафильтрационные мембраны обладают значительной производительностью, и при оттоке растворителя через мембрану начинает значительно проявляться явление гелеобразования, при котором возрастает также диффузионный перенос вещества через мембрану. При обработке экспериментальных данных использовали формулу (1) для расчета коэффициента задержания:

$$R = 1 - \frac{C_{\text{пер.}}}{C_{\text{исх.}}} \quad (1)$$

где  $C_{\text{пер}}$  — концентрация растворенного вещества в пермеате,  $C_{\text{исх}}$  — концентрация растворенного вещества исходном растворе.



## **48. МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ У ВАКУУМ-АПАРАТАХ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ**

**Є.М. Бабко, канд. техн. наук**

**Ю.І. Вересоцький, канд. техн. наук**

**В.В. Олійник, магістрант**

*Національний університет харчових технологій*

Одним із найважливіших чинників, що суттєво впливає на режим роботи вакуум-апарата, є швидкість циркуляції утфеля. Оскільки гідродинамічна ситуація в періодично діючих вакуум-апаратах безперервно змінюється на протязі циклу уварювання, то швидкість циркуляції також помітно коливається і поступово зменшується в кінці уварювання утфелю до мінімуму. Інтенсифікувати цей процес можна методом вдування пари в кип'ятильні труби. Підвищення швидкості циркуляції утфеля при вдуванні пари відбувається внаслідок збільшення середнього паровмісту в кип'ятильних трубах. Крім того, вдувати великі кількості пари є економічно недоцільно.

В залежності від зміни значень теплового потоку, швидкості циркуляції визначені оптимальні режими роботи утфельних вакуум-апаратів, змодельовані гідродинамічні потоки. Виконано аналіз роботи вакуум-апаратів, обладнаних різноманітними пристроями для інтенсифікації процесів теплообміну і гідродинаміки в них.

Нашими лабораторними дослідженнями з визначення впливу введеної ззовні водяної пари на процес випарювання показано, що вже на першій стадії уварювання цукрового утфелю (до заведення кристалів) введення ззовні водяної пари інтенсифікує процес уварювання цукрового сиропу. Наведені фактори призводять до зменшення часу уварювання: цукрового сиропу, починаючи від початкового моменту уварювання до моменту заведення кристалів, в середньому, на 20...25 % по відношенню до часу уварювання сиропу при аналогічних умовах без введення пари; уварювання утфелю — в середньому на 15...20 % по відношенню до повного часу уварювання при аналогічних умовах без введення ззовні парової фази.

Для зменшення конгломерацій кристалів цукру велике значення має стадія заведення кристалів. В цей період рекомендується підтримувати максимально можливу циркуляцію, завдяки чому розподіл у всьому об'ємі вакуум-апарата введеної ззовні затравки відбувається більш рівномірно. Це підтверджується нашими лабораторними та промисловими дослідженнями.

Введення ззовні водяної пари також призводить до зменшення часу заведення кристалів а також часу досягнення критичної концентрації кристалів в утфелі ( $K_p = 7...16 \%$ ), а перемішування внаслідок введення ззовні водяної пари збільшує швидкість утворення центрів кристалізації. Наслідком цього є поліпшення гранулометричного складу цукру, тобто кристали будуть більш рівномірними, а кількість «муки» зменшиться.

Запропонований спосіб інтенсифікації уварювання утфеля шляхом вдування пари в апарат, полягає в наступному: введення пари здійснюється струминами з такою швидкістю, яка дозволяє диспергувати пар, змішуючи їх з утфелем; витрата пари, що вдувається, підтримується в оптимальних значеннях для кожної стадії уварення; в розподільчому колекторі підтримується значно більший тиск пари, що вдувається, ніж у вакуум-апараті; розподільчий пристрій виконується таким чином, щоб не створювати додаткового гідравлічного опору циркулюючому утфелю і застійних зон; напрямок руху струмини пари, що вдувається, створюється таким, щоб їхня інжекційна дія створювала якомога більший додатковий рушійний напір.

Моделювання та дослідження гідродинамічних особливостей руху утфелю під впливом введення ззовні парової фази в залежності від її кількості проводили за допомогою програмного комплексу FlowVision.

Базуючись на отриманих дослідних даних та визначених оптимальних режимах протікання процесу була розроблена конструкція пристрою з розподільчою камерою і розподільчим колектором. Він передбачає, що сумарна площа перерізу усіх отворів для вдування була значно меншою площі перерізу каналів, по яким пара підводиться до них, тобто, щоб гідравлічний опір отворів для вдування був більшим від опору тракту підведення пари. При цьому досягається більш рівномірний розподіл пари, що вдувається, між кип'ятильними трубками, а також більш рівномірна циркуляція утфеля в апараті.

#### **49. ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ З МЕТОЮ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

**Ю.І. Вересоцький, канд. техн. наук**

**Є.М. Бабко, канд. техн. наук**

**С.М. Кононов, магістрант**

*Національний університет харчових технологій*

Проблема переробки та утилізації молочної сироватки є однією з найактуальніших у харчовій промисловості. Молочна сироватка містить у своєму складі до 50 % сухих речовин молока, що складає 36 % його енергетичної цінності, тому особливої актуальності набули питання використання її в харчових цілях при безвідходній переробці молока.

Одним з найефективніших способів зменшення втрат сироватки та максимального використання всіх її компонентів є організація її переробки в концентрати, що довго зберігаються — сухі та згущені.

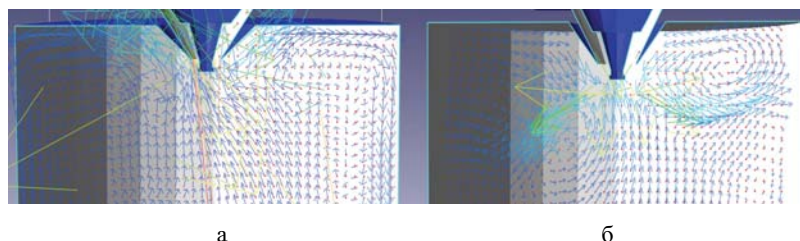
Найбільшого поширення при зневодненні рідких продуктів набув спосіб їх сушіння в розпиленому стані, який характеризується високою інтенсивністю.

Відсутність відомостей про аеродинамічну взаємодію потоків у сушильних камерах з відцентровим розпиленням визначило необхідність з'ясування, насамперед, фізичної картини їхнього руху. Недоліком існуючих методик є те, що неможливо визначити величину рециркуляції повітря в об'ємі сушильної камери, який перевищує величину первинних потоків в декілька разів і вирішальним чином впливає на рух сушильного агента та дисперсної фази. При розрахунках реальних апаратів необхідно знати характер перемішування потоків, які визначають концентраційне поле апарата.

На параметри факелу розпилу суттєвий вплив має величина заглиблення конусу газорозподільного пристрою та його діаметр (рис 1.1, а). Так при малих значеннях діаметра конусу струмінь східного з нього повітря час від часу прориває факел розпилу, в результаті чого він починає коливатися у вертикальній площині і переходить у нестабільний режим (рис.1.1, б), що призводить до контакту недосушених частинок сироватки з верхньою частиною камери і накопичення їх на поверхні. Також діаметр нижньої частини конусу газорозподільного пристрою повинен бути таким, щоб швидкість надходження теплоносія була достатньою для

врівноваження висхідних рециркуляційних потоків. Тому, чим менше величина заглиблення конуса в сушильну камеру, тим вище підіймається факел розпилення і, врешті решт, переходить у пристінний режим. Винос розпилювального диску від краю конуса газорозподільного пристрою повинен бути таким, щоб струмінь факелу розпилення не торкався до краю конуса і на нього не відбувалося налипання вологих частинок продукту.

Також було проведено моделювання і ряд досліджень зміни швидкостей та напрямків руху потоків теплоносія усередині камери сушіння. Встановлено, що рух дисперсної фази суттєво не впливає на розподіл потоків внаслідок її малої концентрації.



**Рис.1.1. Режими руху потоків в навколофакельних зонах в перетині сушильної камери:** а) усталений режим, при глибині встановлення конуса 560 мм; б) проміжний режим, при глибин встановлення конуса 660 мм.

Досліджено аеродинамічні властивості камери сушіння з верхньою подачею теплоносія і відцентровим розпиленням продукту та удосконалено систему подачі повітря. Змінено конструкцію газорозподільного пристрою і визначено вплив радіальної подачі теплоносія на розподіл потоків в камері сушіння.

Обрано нову технологічну схему роботи сушарки, в результаті якої стало можливим збільшити її продуктивність.

## **50. ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРОВИНИ НА ЗМІНУ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН**

**К.Ю. Пахомова, асп.**

**Ю.О. Дашковський, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Л.О. Стоянова, канд. техн. наук**

*Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій*

Відомо, що з рослинної сировини можна отримати всі необхідні біокомпоненти для нормального функціонування організму, оздоровлення та профілактики захворювань людини. Одним з таких важливих біологічно активних нутрієнтів сировини є пектин за рахунок своїх радіопротекторних, детоксичних, гемостатичних та вологоутримуючих властивостей. Для промисловості важливі желюючі властивості пектину. В рослинній сировині пектини представлені розчинною формою (активна форма пектину, яка зумовлює його корисні властивості, та нерозчинною (протопектин). При довгостроковому нагріванні в кислому середовищі (вище 90 °С) проходить гідроліз з подальшою деструктуризацією пектину, що погано відображається на його желюючих властивостях.

Однією з основних цілей при розробці технології фруктів гомогенізованих було визначення оптимальних параметрів гідролізу протопектину при гідродинамічній обробці сировини. Для дослідження впливу процесів гідродинамічної обробки сировини на зміну якісного складу поліуронидної частини пектинових речовин використовували пілотну та напівпромислову гідродинамічну (кавітаційну) установки періодичної дії, типу ТЕК-СМ, спроектовані та виготовлені Осіпенко С.Б. (НВПІ «Текмаш»). Відмінність установок полягає в тому, що резервуар пілотної установки вміщує 5 кг сировини, тиск в гідродинамічному модулі — 2,6 Бар, а напівпромислова установка вміщує 30 кг сировини, тиск відповідно — 3 Бар. Принцип роботи таких установок полягає в тому, що попередньо розчавлена фруктова сировина подається в резервуар за допомогою всмоктуючого насосу. В потоці маса прискорюється та потрапляє в гідродинамічний модуль для кавітаційного або турбулентного впливу. Далі маса знову подається в резервуар і цикл повторюється. В процесі роботи установки продукт нагрівається (за рахунок явищ гідромеханіки: тертя, турбуленції та кавітації) та подрібнюється. Особливістю даного процесу є перероблення всіх частин сировини, крім неїстівних, що дозволяє максимально зберегти її корисні властивості, за рахунок чого кількість відходів зводиться до мінімуму.

В ході експериментальних досліджень перероблялись ягоди чорниці згідно з вимогами ТУ У 15.3-24110704-003:2011 «Фрукти гомогенізовані», відповідно до яких температуру продукту поступово підвищували до 88°C та витримували 8 хв. Тривалість обробки 52 хв.

На пілотній установці переробляли ягоди чорниці з початковим вмістом пектину 0,25 %, з яких водорозчинного та протопектину — 0,16 та 0,09 % відповідно. Аналіз готового продукту показав, що вміст водорозчинного пектину в ньому підвищився до 0,20 %, протопектину зменшився до 0,03 %. В перерахунку на відносні відсотки — прогідролізувало 23 % протопектину.

На напівпромисловій установці перероблялись ягоди чорниці з початковим вмістом пектину 0,13 %, з яких водорозчинного та протопектину — 0,05 та 0,08 % відповідно. В готовому продукті вміст водорозчинного пектину — 0,099 %, протопектину — 0,021 % відповідно — прогідролізувало 44,5 % протопектину.

Для визначення впливу гідродинамічної (кавітаційної) обробки без впливу тепла на гідроліз протопектину провели ряд дослідів на пілотній установці ТЕК-СМ-5. Температуру продукту утримували не вище 37,4°C. Тривалість обробки 52 хв. Сировиною для переробки були ягоди чорниці з вмістом пектинових речовин 0,39 %, з них водорозчинного пектину та протопектину — 0,199 та 0,191 % відповідно. В результаті обробки отримали продукт, в якому доля водорозчинного пектину та протопектину складала 0,25 та 0,14 % відповідно — прогідролізувало 13 % протопектину.

Результати проведених досліджень свідчать про доцільність використання гідродинамічних (кавітаційних) установок для виготовлення продуктів довгострокового терміну зберігання («Фруктів гомогенізованих») з покращеним біологічним складом за умови створення підвищених тисків в кавітаторі та підтримання достатньо високої температури продукту, що обробляється.

## 51. ВПЛИВ ВИДУ ГІДРОЛІЗАТОРА НА ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНОВМІСНИХ ПАСТ

**Ю.І. Бойко, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**В.М. Бородіна, асп.**

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Правильно вибраний гідролізатор для проведення гідролізу рослинної сировини при виготовленні пектиновмісної пасти забезпечує її високу якість, однорідність та споживчі властивості.

В пектиновому виробництві для переходу протопектину в розчинний стан використовуються органічні та неорганічні кислоти, ферменти та луги.

Найефективнішими гідролізаторами з огляду літератури на сьогоднішній день вважаються лимонна, соляна, азотна, ортофосфорна, щавелева, винна, сірчана та молочна кислоти.

Правильний вибір умов процесу (температури, рН) та правильний розрахунок кількості гідролізаторів є запорукою виходу якісної пектиновмісної пасти. Наприклад, гідроліз протопектину, проведений лимонною кислотою за температури 72 – 85 °С та рН 2,5 – 3,4, дає продукт з високою желеутворювальною здатністю. При температурі нижчій 72 °С та рН вищому 3,4, перетворення протопектину проходить в'яло, знижується вміст розчиненого пектину в готовій пасті. За температури вищій 85 °С проходить деструкція пектинових речовин, що негативно впливає на якість продукту. При рН нижчому 2,5 проводити гідроліз недоцільно внаслідок високої кислотності готового продукту.

Вихід пектину на 100 г рослинної сировини поданий в табл.1.

*Таблиця 1. Вихід пектину із 100 г яблучних вичавок*

Кислота	Кількість кислоти на 100 г вичавок	рН	Температура, °С	Вихід пектину, %
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	8,45	1,8	70	5,6
HCl	3,10	1,8	70	1,1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,06	1,8	70	3,4
CH <sub>3</sub> COOH	157,4	1,8	70	0,9

Найбільш ефективною серед вибраних кислот виявилась фосфорна кислота, яка забезпечує великий вихід пектиновмісної пасти (5,6 % від маси вичавок).

Соляна та уксусна кислоти дають низький вихід пектиновмісної пасти (1,1 і 0,9 % відповідно). Застосування соляної кислоти також обмежує область застосування пектиновмісної пасти.

Сірчана кислота утворює нерозчинну сіль кальцію, але при нейтралізації надлишку кислоти гідроксидом натрію утворюється сульфат натрію, який після концентрування розчину випадає в осад разом з пектином, що знижує якість пектину.

Останнім часом набуває популярності використання в якості гідролізуючих агентів при виробництві пектиновмісних паст електроактивованої води та трилону Б. Електроактивовану воду отримують в електродіалізній мембранній установці шляхом обробки пом'якшеної питної води аніонітовими і біполярними мембранами. Застосування цього гідролізатору, або трилону Б дозволяє забезпечити можливість виготовлення пектинової пасту без додаткового очищення та з високою желеутворювальною здатністю.

## **52. АНАЛІЗ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ КЛЕРОВКИ ОСТАННЬОГО ПРОДУКТУ НА РОБОТУ ТРИКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ СХЕМИ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ**

**В.Г. Мирончук, д-р техн. наук**

**О.А. Єщенко, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

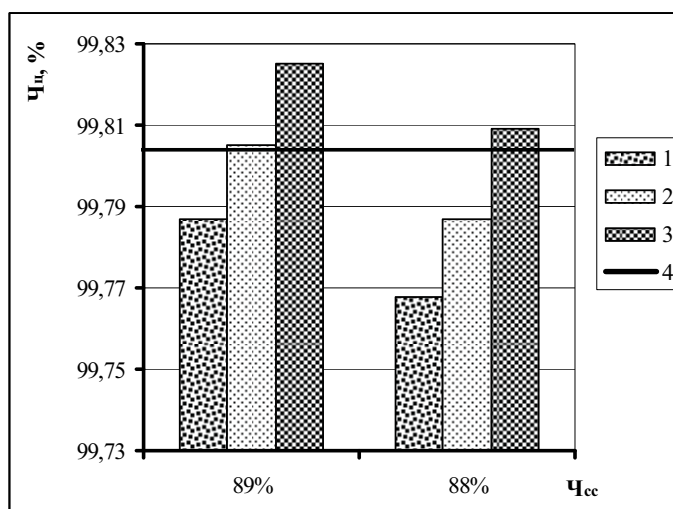
За низької чистоти цукру останньої кристалізації рециркуляція його клеровки веде до погіршення якісних показників роботи продуктового відділення. Такого положення можливо уникнути використовуючи повернення клеровки цукру останньої кристалізації на уварювання утфелю проміжної кристалізації.

Обчислювальні експерименти, проведені за допомогою комп'ютерної програми «Crystall», яка реалізує імітаційну модель промислової кристалізації сахарози для схеми з роздільним клеруванням жовтих цукрів, показали, що наше припущення щодо підвищення якості товарного цукру підтвердилося. Чистота його зростає в середньому на 0,075 % при одночасному зменшенні виходу товарного цукру на 0,387 %.

Одним із варіантів трипродуктової схеми з афінацією цукру останнього продукту є схема, запропонована О.Р. Сапроновим, В.І. Тужилкіним, С.В. Григоровим, коли одержаний афінаційний утфель не центрифугується, а на його основі уварюється утфель проміжного продукту. При роботі продуктового відділення за цією схемою, в порівнянні з типовою схемою, зменшується загальна кількість рециркулюючих продуктів, зокрема сахарози, що природно призводить до зниження виходу товарного цукру (в середньому на 0,520 кг на 100 кг буряку), а також до збільшення енергетичних затрат. Однак при цьому зростає чистота клеровки (в середньому на 2,11 %), а отже і чистота товарного цукру в середньому на 0,016 %.

За умов високої чистоти початкового сиропу-нето ( $\geq 93$  %) типові трикристалізаційні схеми дозволяють отримати готовий цукор, що відповідає існуючому стандарту. Якщо ж сироп-нето має низьку чистоту (89 %), то при типовій схемі з афінацією цукру останнього продукту, цукор першого продукту має чистоту нижче стандартної. В цьому випадку використання афінаційного утфелю як кристалічної основи проміжного продукту або ж роздільне клерування цукрів проміжної і останньої кристалізації може бути доцільним, з огляду збереження стандартної якості (рис. 1).

Отже, за умов низької якості вихідних продуктів для забезпечення виробництва товарного цукру стандартної якості можна рекомендувати наступні схеми: афінаційний утфель останньої кристалізації використовується як кристалічна основа для уварювання утфелю проміжної кристалізації та клеровка цукру останньої кристалізації направляється на уварювання утфелю проміжної кристалізації. Такі схеми дозволяють підвищити чистоту товарного цукру, відповідно, на 0,016 % та 0,075 % при одночасному зменшенні виходу цукру, відповідно, на 0,52 % та 0,387 %.



**Рис.1. Порівняння чистоти товарного цукру при уварюванні стандарт-сиропу чистотою  $\text{Ч}_{\text{сс}}=89\%$  та  $\text{Ч}_{\text{сс}}=88\%$  за різними схемами:**  
 1 — типова; 2 — з використанням афінаційного утфелю як кристалічної основи проміжного продукту; 3 — з роздільним клеруванням цукрів; 4 — стандартна чистота цукру

### **53. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІЗОГІДРИЧНОГО ПРОЦЕСУ УВАРЮВАННЯ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ УТФЕЛІВ**

**В.Г. Мирончук, д-р техн. наук**

**О.А. Єщенко, канд. техн. наук**

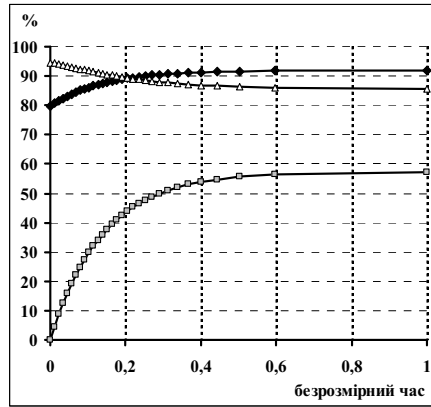
**А.М. Коцюбанський**

*Національний університет харчових технологій*

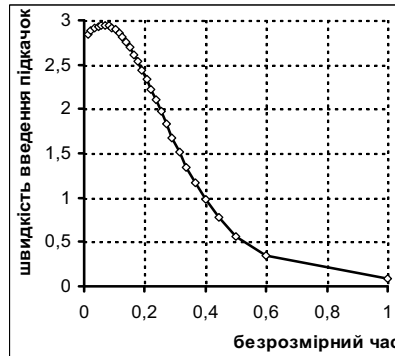
Однією з задач цукрового виробництва є одержання високоякісного цукру в процесі кристалізації у вакуум-апаратах.

Нами на основі матеріальних балансів побудовано імітаційну модель процесу уварювання утфелів з періодичним та неперервним введенням живильного розчину та відповідну їй комп'ютерну програму, яка дозволяє за концентрацією сухих речовин і чистотою початкового набору та живильного розчину розрахувати та спрогнозувати якісні та кількісні показники утфелю та міжкристалевого розчину, масу цукру, що викристалізувався, масу початкового набору, кількість підкачок та їх масу.

Процес уварювання утфелю у вакуум-апаратах традиційно розділений на три періоди. При проведенні обчислювальних експериментів найбільша увага приділялась періоду нарощування утворених кристалів без появи нових, що забезпечується підтримкою певного коефіцієнту пересичення шляхом періодичного чи безперервного вводу живильного розчину (підкачок). Вся вода, що міститься у підкачках, в цей період випаровується, сахароза кристалізується, а нецукри переходять до міжкристалевого розчину. Таким чином, маса води в утфелі залишається постійною, і процес можна розглядати як ізогідричний.



**Рис. 1. Залежності деяких технологічних показників:**  
 —■— — вміст кристалів, —●— — СР утфелю, —△— — чистота меляси



**Рис. 2. Швидкість подання цукрового розчину.**

Обчислювальні експерименти, проведені для різних схем, в достатній мірі корелюються з результатами інших авторів, що свідчить про адекватність розробленої нами імітаційної моделі. Всі аналітичні залежності технологічних показників належать до групи експоненційних моделей (рис. 1), що відображає взаємозв'язок цих величин в матеріальному балансі процесу. Зокрема вміст кристалів в утфелі, сухі речовини утфелю, чистота міжкристального розчину описуються рівняннями:

$$K_p(\tau) = a_{Kp} \left(1 - e^{-c_{Kp}\tau}\right), \quad C_{Py}(\tau) = a_{C_{Py}} \left(b_{C_{Py}} - e^{-c_{C_{Py}}\tau}\right), \quad \chi_m(\tau) = a_{\chi_m} / \left(1 + b_{\chi_m} e^{-c_{\chi_m}\tau}\right),$$

де  $a_{Kp}$ ,  $c_{Kp}$ ,  $a_{C_{Py}}$ ,  $b_{C_{Py}}$ ,  $c_{C_{Py}}$ ,  $a_{\chi_m}$ ,  $b_{\chi_m}$ ,  $c_{\chi_m}$  — розрахункові коефіцієнти.

Швидкість подання живильного розчину до вакуум-апарату прискорена на початку процесу та уповільнена в кінці (рис. 2) з достатньою точністю описується раціональним рівнянням

$$V_n = \frac{a_V + b_V \tau}{1 + c_V \tau + d_V \tau^2}$$



**54. ЗНАХОДЖЕННЯ РОЗВ'ЯЗКУ  
НЕСТАЦІОНАРНОЇ ЗАДАЧІ  
ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ  
В ДВОВИМІРНОМУ ВИПАДКУ  
ДЛЯ ПРЯМОКУТНОЇ ОБЛАСТІ  
З НЕОДНОРІДНИМИ ГРАНИЧНИМИ  
УМОВАМИ ДРУГОГО РОДУ  
ТА НЕОДНОРІДНОЮ ПОЧАТКОВОЮ  
УМОВОЮ**

**Т.М. Погорілий, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

З метою визначення ваги впливу процесу рекристалізації за коливальним механізмом (базуючись на комірчастій моделі колективного росту та розчинення частинок дисперсної фази (сахарози) на процес кристалізації сахарози), визначальним етапом є необхідність знаходження розв'язку нестационарної задачі теплопровідності в двохвимірному випадку для прямокутної області

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

де  $u(x,y,t)$ , °C — функція розподілу температури в прямокутній області  $D = \{(x,y) | x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2\}$ , в залежності від координат  $x, y$ , м та часу  $t$ , с;  $a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$ , м/с<sup>2</sup> — коефіцієнт теплопровідності;  $\lambda$ , Вт/(м·К) — коефіцієнт теплопровідності;  $c$ , кДж/(кг·К) — теплоємність;  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> — густина речовини, з неоднорідними граничними умовами другого роду

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=x_1} = \tilde{\mu}_1(t), \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=x_2} = \tilde{\mu}_2(t), \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=y_1} = \tilde{\mu}_3(t), \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=y_2} = \tilde{\mu}_4(t), (t \geq 0), \quad (2)$$

де  $\tilde{\mu}_i(t) = -\frac{\mu_i(t)}{\lambda}$ ,  $i = \overline{1,4}$  — функції, що виражаються через задані функції теплових потоків  $\mu_i(t)$ ,  $i = \overline{1,4}$ , Вт/м<sup>2</sup>, на відповідних границях прямокутної області  $D$ , та при наступній неоднорідній початковій умові:

$$u(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi(x, y), \quad (x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2), \quad (3)$$

де  $\varphi(x,y)$  — неперервна обмежена функція.

Для знаходження розв'язку даної задачі використаємо метод розділення змінних Фур'є. Застосувати метод Фур'є розділення змінних безпосередньо для розв'язання поставленої нестационарної задачі теплопровідності (1) – (3) в даному випадку неможливо в силу неоднорідних (тобто таких, що не дорівнюють тотожно

нулю) граничних умов (3). Тому зведемо задачу до такого вигляду, коли вже буде можливо застосувати безпосередньо метод Фур'є. Таким чином, розв'язок (1) – (3) будемо знаходити у вигляді суми двох функцій  $v(x,y,t)$  та  $U(x,y,t)$ :  $u(x,y,t) = v(x,y,t) + U(x,y,t)$ , де функцію  $U(x,y,t)$ , в свою чергу, вибрали такою, щоб задовольнити граничні умови вихідного рівняння (2), тобто:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=x_1} = \tilde{\mu}_1(t), \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=x_2} = \tilde{\mu}_2(t), \left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{y=y_1} = \tilde{\mu}_3(t), \left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{y=y_2} = \tilde{\mu}_4(t), (t \geq 0), \quad (2^*)$$

Таким чином, в силу граничних умов (2), та початкової умови (3), а також вибору функції  $U(x,y,t)$ , що задовольняє граничним умовам (2<sup>\*</sup>), шукана функція  $v(x,y,t)$  повинна задовольняти наступним граничним умовам:

$$\left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=x_1} = \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=x_1} - \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=x_1} = 0, \left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=x_2} = 0, \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=y_1} = 0, \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=y_2} = 0, \quad (4)$$

тобто, однорідним граничним умовам, та наступній початковій умові:

$$v(x,y,t)|_{t=0} = u(x,y,t)|_{t=0} - U(x,y,t)|_{t=0} = \psi(x,y) \quad (5)$$

Таким чином, приходимо до наступної задачі теплопровідності для функції  $v(x,y,t)$ : знайти розв'язок задачі

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + a \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial U}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + f(x,y,t), \quad (6)$$

при граничних умовах (4) та початковій умові (5), що представляється як розв'язок двох окремих задач, що були розглянуті вище.

## **55. ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ ТА ЯКІСТЬ СУЧАСНОГО ОВОЧЕРІЗАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ**

**І.М. Заплетніков, д-р техн. наук**

**А.В. Шеїна**

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

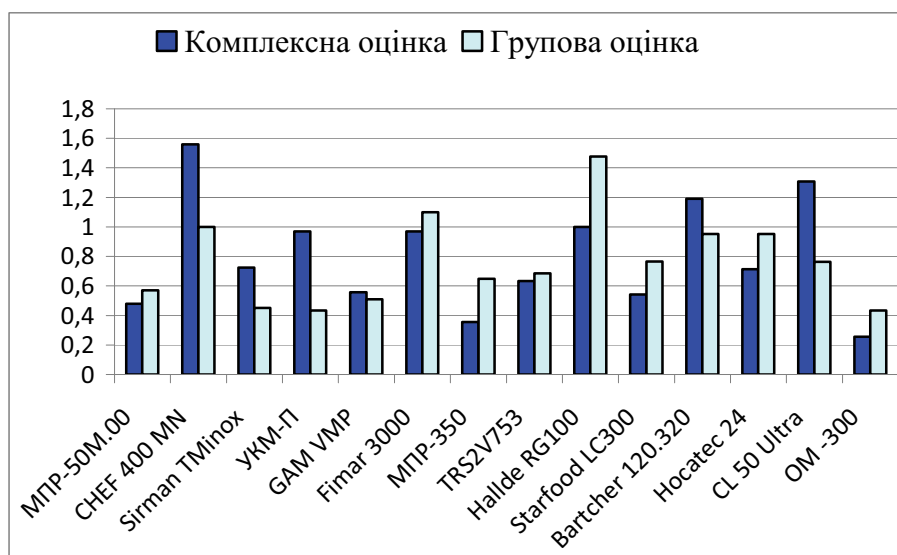
Проблема підвищення якості машинобудівної продукції набула в сучасній економіці особливого значення. Тільки підприємства, котрі випускають продукцію певної якості, здатні в сучасних конкурентних умовах задовольнити споживчий попит. Високий рівень якості продукції, що розробляється, або випускається — це основа її конкурентоспроможності. Дані економічних досліджень свідчать про те, що збільшення прибутку за рахунок підвищення якості продукції, яка випускається, значно вище, ніж за рахунок збільшення обсягу її випуску.

Нами проводилася оцінка технічного рівня і якості овочерізального устаткування, представленого на українському ринку виробниками стран СНД (Росія,

Білорусь, Узбекистан), Європи (Італія, Франція, Голландія, Швеція, Німеччина) і Азії (Китай, Тайвань). Було обрано 34 моделі овочерізного устаткування різної продуктивності, інформація про техніко-експлуатаційні показники якого виявилася якнайповнішою, доступною споживачеві і достатньою для проведення дослідження.

Для оцінки технічного рівня і якості механічного устаткування комплексний метод оцінювання, що полягає у вираженні оцінки рівня якості продукції одним числом, є найбільш прийнятним. Групова оцінка технічних властивостей досліджуваного устаткування визначалася шляхом зведення разом вагових, габаритних та енергетичних показників за допомогою коефіцієнтів важності. Комплексна оцінка визначалася з урахуванням ієрархічної структури властивостей устаткування. Результати оцінювання приведені на рисунку 1.

Проведене дослідження дозволило виявити лідерів у виробництві овочерізного устаткування. Комплексний показник якості за основними експлуатаційними показниками виявився значно вищим у шведських (Hallde), італійських (CELME), і німецьких (Bartcher, Robot Coupe) виробників, тоді як рівень якості обладнання виробників країн СНД практично у два рази нижчий. Слід зазначити високу технологічність іноземного устаткування. Для деяких моделей овочерізок при встановленій базовій комплектації пропонується додаткове оснащення до 38 видів ножів, що дозволяє додатково здійснювати різання соковитих овочів та фруктів, цитрусових, зелені, картоплі «фрі», фігурну нарізку.



**Рис. 1. Групова і комплексна оцінки якості сучасного овочерізного устаткування продуктивністю 200-350 кг/год.**

Для деяких моделей (AWBS 150 від Alexanderwerk, Diversa Cut Sprint від URSCHEL Laboratories, RG100 від Hallde та ін.) групова оцінка якості по енергетичним, ваговим та габаритним показникам перевищує комплексну, проте низька функціональність машини сприяє зниженню загальної оцінки. Однак, в умовах сучасного ринку, котрий встановлює підвищені вимоги до якості кулінарної продукції, не можна недооцінювати функціональну оснащеність устаткування, оскільки цей показник значною мірою визначає його конкурентоспроможність.

Аналіз технічного рівня і якості сучасного овочерізального устаткування дозволив встановити стан галузі в цілому, виявити слабкі позиції сучасних виробників і визначити шляхи подальшого вдосконалення при проектуванні нових моделей.

## **56. ДО ВИПАДКОВОЇ ПРИРОДИ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ РІДИН**

**А.В. Копиленко, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**О. М. Тимонін**

**С.В. Сидоренко**

*НТУУ «КПІ»*

**В.Н. Морару**

**Д.В. Комиш**

*Інститут газу НАНУ*

Процес кипіння рідин широко застосовується в різних галузях промисловості: хімічній, нафтохімічній, теплоенергетичній харчовій та ін. За останні 50 років кипіння рідин, як один із самих високоінтенсивних процесів відводу тепла, знаходить все більше застосування в новій техніці, насамперед в атомній, ракетній, електронній і лазерній. Та обставина, що в даний час практично немає єдиної аналітичної теорії процесу кипіння рідин, пов'язана з відсутністю кількісних закономірностей між властивостями рідин, особливостями поверхонь, що гріють, режимними параметрами з одного боку і внутрішніми характеристиками кипіння рідин з іншої сторони. До останніх відносяться діаметри і частота відриву парових бульбашок, щільність центрів пароутворення, температура пристінного перегрітого шару і ін.. Одним із вірогідних шляхів зодолання труднощів, що виникають при узагальненні експериментальних даних при кипінні рідин, це підхід до процесу кипіння як випадкового. Такий підхід базується на тому експериментальному факті, що всі вищепераховані внутрішні характеристики процесу кипіння є випадковими величинами. А це означає, що вони повинні характеризуватися їх середньостатистичними значеннями та кривими розподілу. Більшість дослідників представляли вимірювані величини як середнє арифметичне, не маючи на те достатніх підстав. А такою підставою повинна бути впевненість у тім, що розподіл вимірюваної величини є нормальним, а кількість вимірів достатня для одержання достовірних даних за усередненою величиною.

Тут доречно відзначити, що дослідники, які застосовували статистичну обробку експериментального матеріалу, далеко не одностайні щодо виду кривих розподілу відповідних характеристик. Досить часто зазначалось, що розподіл є нормальним або близьким до нормального, але відомі роботи, де виявлено « $\gamma$  — розподіл», розподіл Пуассона та ін. відповідних внутрішніх характеристик процесу кипіння. А так як питомий тепловий потік є функцією цих внутрішніх характеристик, то він у загальному випадку теж повинен бути випадковою величиною, і до нього, як до статистичної величини необхідно застосовувати статистичні методи обробки, зокрема метод інтервальної оцінки точності значень питомого теплового потоку при кипінні рідин.

В останнє десятиріччя в експериментальних дослідженнях процесу кипіння знайшли широке застосування аналогові перетворювачі сигналів з передачею інформації в ПК в реальному часі. Це дозволяє отримувати надзвичайно великі об'єми експериментальних даних. Якщо використовується паровий нагрівач, в сере-

дині якого конденсується пара, випадковими величинами будуть питомий тепловий потік і температура нагрівача, що видно з графіка (рис. 1а). Якщо використовується електронагрівач у вигляді дроту, то випадковими величинами може бути температура дроту (або коефіцієнт тепловіддачі), що видно з графіка (рис.1б). Об'єм експериментальних даних залежить від часу експерименту, і можна з необхідною точністю знайти середньостатистичні значення параметрів, що використовуються для знаходження усереднених даних процесу.

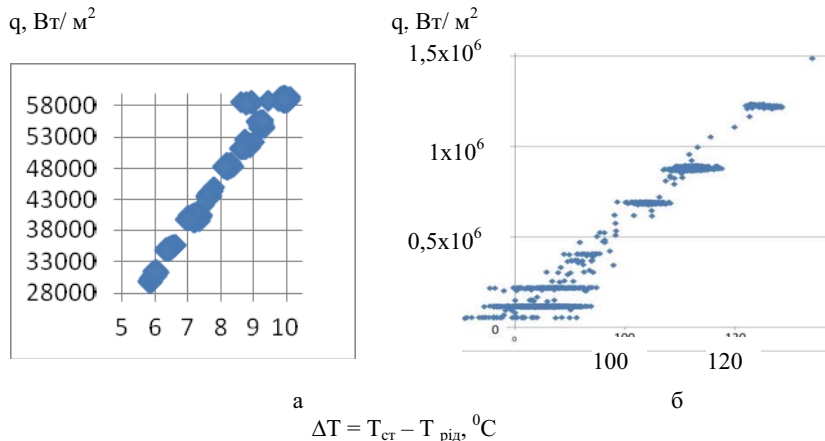


Рис.1 Залежність питомого теплового потоку від перепаду температур при кипінні рідин: при паровому(а) і електричному нагріванні (б) відповідно.

## 57. СПРОЩЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ ПЛІВКОВІЙ КОНДЕНСАЦІЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ

О.Ф. Буляндра, д-р техн. наук

Д.Є. Сінат-Радченко, канд. техн. наук

Л.С. Гапонич, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

В курсі «Процеси і апарати» використовуються як аналітичні співвідношення, так і узагальнені експериментальні дослідження конденсації пари. Для розрахунків тепловіддачі при плівковій конденсації нерухомої водяної пари на вертикальних поверхнях і на поверхнях горизонтальних труб використовуються рівняння:

для ламінарного руху плівки конденсату ( $Re_\delta < 400$ ,  $Z < 2300$ ) — число  $Re_\delta = CZ^{0,25}$ ,

для змішаної течії плівки конденсату ( $Re_\delta > 400$ ,  $Z > 2300$ ) —

$$Re_\delta = \left[ 89 + 0,024 \left( \frac{Pr_s}{Pr_c} \right)^{0,25} Pr_s^{0,5} (Z - 2300) \right]^{\frac{4}{3}},$$

де  $Re_\delta = \frac{\bar{\alpha} \Delta t l}{\rho \nu}$  або  $Re_\delta = \bar{\alpha} \Delta t l B$ ,  $\bar{\alpha}$  — середній по поверхні коефіцієнт тепловіддачі,

Вт/(м<sup>2</sup>·°C),  $\Delta t$  — різниця температур між температурою насичення пари  $t_s$  та стінки  $t_c$ , °C;  $Pr_s$ ,  $Pr_c$  — числа Прандтля для температури насичення пари  $t_s$  та стінки  $t_c$ , відповідно;  $l$  — визначальний лінійний розмір, для вертикальних поверхонь  $l=h$ , для

горизонтальних труб  $l=\pi R$ ,  $h$  — висота вертикальної поверхні, м;  $R$  — радіус горизонтальної труби, м;  $Z = \Delta t \left( \frac{g}{v^2} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{\lambda}{\rho v}$  або  $Z = \Delta t A$ ,  $\lambda$ ,  $\rho$ ,  $v$  — теплопровідність, Вт/(м·°C), густина, кг/м<sup>3</sup>, кінематична в'язкість, м<sup>2</sup>/с, конденсату визначаються за  $t_s$ ;  $r$  — питома теплота пароутворення, Дж/кг;  $g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $A$ ,  $B$  — комплекси теплофізичних параметрів конденсату, що визначаються за  $t_s$ ;  $B = 1/(\rho v)$ , м/Вт;

$$A = \left( \frac{g}{v^2} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{\lambda}{\rho v}, (\text{м} \cdot \text{°C})^{-1}.$$

Для вертикальних поверхонь  $C=0,943$ , для горизонтальних труб  $C=0,728$ . При розрахунках тепловіддачі при ламінарному русі плівки конденсату необхідно врахувати поправки на хвильовий рух ( $Re_\delta^{0,04}$ ) конденсату та змінність теплофізичних властивостей конденсату по товщині плівки з температурою.

Значення комплексів  $A$  і  $B$  для води в діапазоні температур від 20 до 300 °C наведено у таблиці. Суттєво спростити розрахунки коефіцієнта тепловіддачі при конденсації водяної пари може використання температурних залежностей комплексів  $A$  і  $B$ . Для цього нами пропонуються прості але достатньо точні залежності:

$$A = \exp(a \ln^2 t_s + b \ln t_s + c),$$

$$B \cdot 10^3 = (d/t_s^2 + e/t_s + f)^{-1}.$$

При конденсації водяної пари під тиском пари нижче атмосферного ( $t_s = 20 \dots 100$  °C) коефіцієнти в залежностях наступні:  $a = 0,30468$ ,  $b = -0,88518$ ,  $c = 1,5583$ ,  $d = -649,51$ ,  $e = 84,564$ ,  $f = -0,136$ . Граничні відносні похибки  $\delta A = 1,1$  %,  $\delta B \cdot 10^3 = 1,2$  %.

За тисків вище атмосферного ( $t_s = 100 \dots 300$  °C) коефіцієнти наступні:  $a = 0,11315$ ,  $b = 2,93166$ ,  $c = -7,1655$ ,  $d = -1146,91$ ,  $e = 91,224$ ,  $f = -0,1608$ . Граничні відносні похибки  $\delta A = 2,5$  %,  $\delta B \cdot 10^3 = 1,8$  %.

У характерному для харчових технологій інтервалі температур насиченої водяної пари  $t_s = 60 \dots 160$  °C:  $a = 0,09796$ ,  $b = 0,8917$ ,  $c = -2,252$ ,  $d = -433,84$ ,  $e = 81,2$ ,  $f = -0,1272$ . Граничні відносні похибки  $\delta A = 1,0$  %,  $\delta B \cdot 10^3 = 0,7$  %.

Використання отриманих залежностей рекомендується при розрахунках випарних апаратів та конденсаторів.

## **58. ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА**

**О.А. Литвиненко, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

**М.М. Муштрук, асп.**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Традиційні промислові схеми приготування біодизельного палива передбачають попереднє механічне очищення сировини, нейтралізацію наявних в останній

кислот, що ускладнює технологічний процес та збільшує його тривалість. Різноманітні технологічні вдосконалення способу отримання, метилових ефірів жирних кислот дають позитивні результати.

Для вилучення шкідливих домішок при виробництві дизельного біопалива здійснюється рафінація олії з використанням сірчаної кислоти, водяних розчинів лугу. Очищену олію та зв'язані шкідливі домішки піддають етерифікації і відділяють хімічно зв'язані домішки. Завдяки механічному перемішуванню реакція етерифікації здійснюється більш інтенсивно. Забруднення ефірів переважно залишками продуктів реакції видаляють при вимиванні та подальшому осушуванні ефірів.

Отже, інтенсивність перемішування суміші компонентів є визначальним фактором, який забезпечує ефективність виробничого процесу. Застосування ударно-хвильових ефектів, що супроводжують гідродинамічну кавітацію, дозволяє позитивно впливати на оброблювану суміш і забезпечувати високу якість кінцевого продукту.

При збудженні кавітації в потоці генерується вакуумна кавітаційна каверна, яка в подальшому розпадається і утворює локалізоване бульбашкове кавітаційне поле по всьому перерізу технологічного потоку. При колапсі кожної бульбашки створюються локальні тиски до 1000 МПа, а температура, що оточує бульбашку, підвищується на 500...800 °С. Такі високі тиски при великій питомій концентрації бульбашок сприяють тому, що питома енергетична дія впливу на оброблюване середовище становить близько  $10^4...10^5$  кВт/м<sup>3</sup>. Внаслідок цього створюються умови для перебігу гідромеханічних, фізичних та хімічних процесів, які зазвичай ускладнені або неможливі. Кавітаційна дія сприяє зміні молекулярної конфігурації ефірів рослинних олій та утворенню нових органічних сполук, які практично повністю відповідають властивостям та експлуатаційним характеристикам традиційних палив. Гідродинамічне кавітаційне оброблення дозволяє одержувати якісні паливні композиції, зокрема, на основі суміші традиційного дизельного палива та ріпакової олії з вмістом останньої 10...30 %.

Для вивчення можливості використання гідродинамічної кавітації для підвищення ефективності процесу етерифікації авторами проведено експериментальні дослідження в умовах міні — заводу з виробництва біопалива. Для отримання ефірів жирних кислот ріпакової олії здійснювали її рафінацію сірчаною кислотою та розчином лугу, відділяли олію від суміші, відганяли воду. При етерифікації оброблювана олія піддавалась локалізованому гідродинамічному впливу з кратністю не менше двох для гарантованого залучення в реакцію масообміну всіх компонентів суміші. Осушування ефірів здійснювали шляхом відцентрового сепарування під вакуумом при тиску до 9кПа.

Якість виготовленого біопалива відповідає вимогам європейського стандарту EN14214. Крім того, гідродинамічне кавітаційне оброблення дозволило інтенсифікувати процес, скоротити тривалість етерифікації та зменшити витрати хімічних реагентів.

## **59. ЕФЕКТИВНЕ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ЛУЩЕННЯМ**

**О.О. Губеня, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**О.А. Бондаренко**

**В.В. Степченко, студ.**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Очевидно, що першим із методів розділення зернових сумішей, освоєних людством, був метод поділу зернових сумішей в повітряному потоці. При пере-

міщенні у повітряному потоці частинка обертається. Це відбувається через нестабільність розташування частинки відносно потоку та коефіцієнта тертя, турбулентність потоку тощо.

Ефективність поділу суміші в повітряному потоці значною мірою залежить від міделевих перерізів частинок суміші. Тому, якщо забезпечити стабілізацію розташування частинок у повітряному потоці, якість сепарації збільшиться. Стабілізацію розташування частинками в повітряному потоці можна забезпечити за допомогою електростатичних сил, або з використанням гіроскопічного ефекту.

Гіроскопічний ефект проявляється при швидкому обертанні частинок, тому для стабілізації розташування частинок суміші у повітряному потоці доцільне надання частинкам суміші примусового обертання.

Існуючі методи розрахунку траєкторій частинок зернових сумішей, як правило, не враховують їх обертання, що призводить до спотворення результатів. Для віброударних сепараторів, очікувані значення швидкостей і кутів відбивання, обчислені без урахування обертання, можуть сильно відрізнятись від отриманих на практиці.

Одержання високоякісних круп'яних виробів неможливе без виділення із зернової суміші домішок і насіння бур'янів. Зокрема, при луценні гречки фізико-механічні властивості основної культури та домішок змінюються у бік зближення (форма, коефіцієнти тертя та ін.), що збільшує об'єми втрат крупи та енерговитрати на сепарацію зерна після луцення.

Проблема сепарування зерна гречки стає все більш нагальною у малих фермерських і орендних господарствах, тому що обладнання для очищення зерна випускається в обмеженому асортименті і не завжди ефективно у використанні.

Перспективним є спосіб сепарування важкороздільних зернових сумішей з застосуванням ефекту Магнуса, який вперше запропонований О.В. Богомолвим.

На рухомі з обертанням частинки зернових сумішей, крім сил лобового опору і тяжіння діє підймальна сила, яка може бути розрахована за формулою Жуковського:

$$f_M = \rho_{\text{п}} \cdot V_z \cdot \Gamma \cdot L_{\text{ч}}$$

де  $\rho_{\text{п}}$  — густина повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;  $V_z$  — швидкість частинки відносно повітря,  $\text{м/с}$ ;  $\Gamma$  — циркуляція швидкості по контуру, що охоплює частинку разом з прикордонним шаром,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $L_{\text{ч}}$  — довжина частинки у поперечному напрямку, перпендикулярному швидкості руху,  $\text{м}$ .

Товщина пограничного шару може бути оцінена за формулою:

$$\delta_n = l/\sqrt{\text{Re}}$$

де  $l$  — характерний розмір тіла (довжина або діаметр),  $\text{м}$ ;  $\text{Re}$  — число Рейнольдса.

Застосовуючи примусове обертання зерен гречки і домішок за допомогою валків гіраційного сепаратора в лабораторних умовах, було проведено очищення насіння гречки при 10 % засміченості вихідної суміші насінням дикої редьки. Найближчий до сепаратора прийомник насіння мав порядковий номер 1, а найдалший — 3 (табл.).



### Показники очищення гречки з використанням граційного сепаратора

Найменування насіння	Номер прийомника		
	1	2	3
Насіння гречки, %	69	26	5
Насіння дикої редьки, %	0,6	6	93,4

З таблиці видно що з некондиційної гречки можна на 93,4 % виділити сторонні домішки, а насіння основної культури розділити на фракції, що дозволяє удосконалити лушення при виробництві крупів.

## 60. СПОСОБИ ВИЛУЧЕННЯ ПЕКТИНІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

**І.В. Житнецький, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.М. Бородіна, асп.**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Погіршення екологічних умов в багатьох країнах СНД, зокрема в Україні, потребує проведення профілактичних заходів, направлених на необхідність розширення виробництва пектину як природного дезоксиданта.

Пектини — біополімери, що входять до складу клітинних стінок, між клітинних тканин, цитоплазми рослинних клітин, складаючи до 52 % клітинної маси. Пектин — один із найпоширеніших полісахаридів, що має багато корисних властивостей. Він нормалізує кількість холестерину, підвищує стійкість організму до алергії, допомагає у відновленні слизової оболонки дихальних і травних шляхів після подразнення та запальних процесів.

Основні властивості пектиновмісних речовин, які необхідно враховувати при виробництві пектинів є наступні: розчинність, в'язкість, желеутворююча здатність, комплексоутворююча здатність, коагуляція, взаємодія з кислотами, дія на пектини ферментів та електролітів, оптичні властивості пектинів, желеутворююча здатність та ін.

Аналіз стану та тенденції розвитку технологій отримання пектину показав, що ключову роль в ній займає процес вилучення пектину з рослинної сировини. Оскільки він є визначальним для кінцевого результату та, зокрема, для функціональних особливостей цільового компоненту. Значний інтерес сучасних досліджень спрямований на розробку фізико-механічних способів та обладнання для гідролізу-екстрагування пектинових речовин.

Не менш важливе значення для вилучення пектинів з рослинної сировини є встановлення оптимальних умов ведення процесу: (ГМ) — співвідношення сухих речовин до рідкої фази, рН середовища, температури, час. Ці умови можуть бути різними для різної сировини, її фізико-хімічного стану та якості.

Комплексоутворення та желеуворення — найважливіші властивості пектинів. Комплексоутворююча здатність- важлива властивість пектинів, зоснована на взаємодії молекул пектину з іонами важких і радіоактивних металів. Пектин здатний виводити

з організму людини важкі метали, радіонукліди і токсини. Желеутворення- це процес, при якому пектиновмісний розчин, що включає певні з'єднання, при охолодженні утворює густе тіло, що має власну форму. Пектини мають властивість утворювати желе різної міцності. На практиці оптимальною умовою для отримання міцного желе є така: 60%-ий вміст цукру, 0,5 – 1%-ва концентрація пектину, оптимальний рН на рівні 2,6...3,1.

Проведений аналіз наукових досліджень з визначення фізико — хімічних властивостей пектинових речовин дає підстави зробити висновок про недостатність досліджень цих властивостей для різних видів рослинної сировини. В літературних джерелах практично відсутні дані щодо моделей і механізмів вилучення пектину. А тому нами такі моделі були розроблені на прикладі сировини з гарбуза.

## **61. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНОВМІСНИХ ПАСТ**

**Чепелюк О.О., канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.М. Бородіна, асп., А.А. Мудрик студ.**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Сучасні пектинові виробництва централізовані, що віддаляє їх від сировинних джерел, впливає на якість і собівартість продукції. Сам процес виробництва чистих пектинів, паст, джемів тощо є досить трудомістким. Він включає багато стадій, в залежності від виду, якості і способів підготовки сировини і її переробки, починаючи від заготівельних і закінчуючи фасувальними операціями та поставкою готової продукції на реалізацію.

Головною відмінністю схем для отримання пектиновмісних продуктів (рис.1) є застосування певних для кожної окремої сировини екстрагентів та регулювання технологічних параметрів процесу гідролізу-екстрагування пектиновмісних речовин.

Існуюче технологічне обладнання для вилучення пектиновмісних продуктів має ряд таких недоліків: енергоємність, габаритність, великі витрати води та електроенергії, незручність в обслуговуванні та ін.

Нами розроблений і апробований спосіб вилучення пектинів з рослинної сировини, який включає промивання сировини, подрібнення, проведення гідролізу з одночасним упарюванням сировини та фасування готової продукції.

Розроблена технологічна лінія для виробництва пектиновмісних паст працює наступним чином. Сировина поступає на установку миття 1. Далі по транспортеру в тарі 2 поступає на стіл для різання великогабаритної сировини (наприклад, гарбузів). Нарізана сировина направляється в лотках 4 на подрібнювач 5. Після подрібнення в лотках 6 сировина поступає у вакуумний гідролізатор — упарювач 7, а потім розфасовується в тару 8 і по транспортеру 9 направляється на маркування та на склад готової продукції.

Концентрація паст (видалення вологи) відбувається у вакуумі за температури 40 – 60°C, що дозволяє зберегти в кінцевому продукті всі вітаміни і корисні елементи і забезпечити термін його зберігання не менше 1 року.

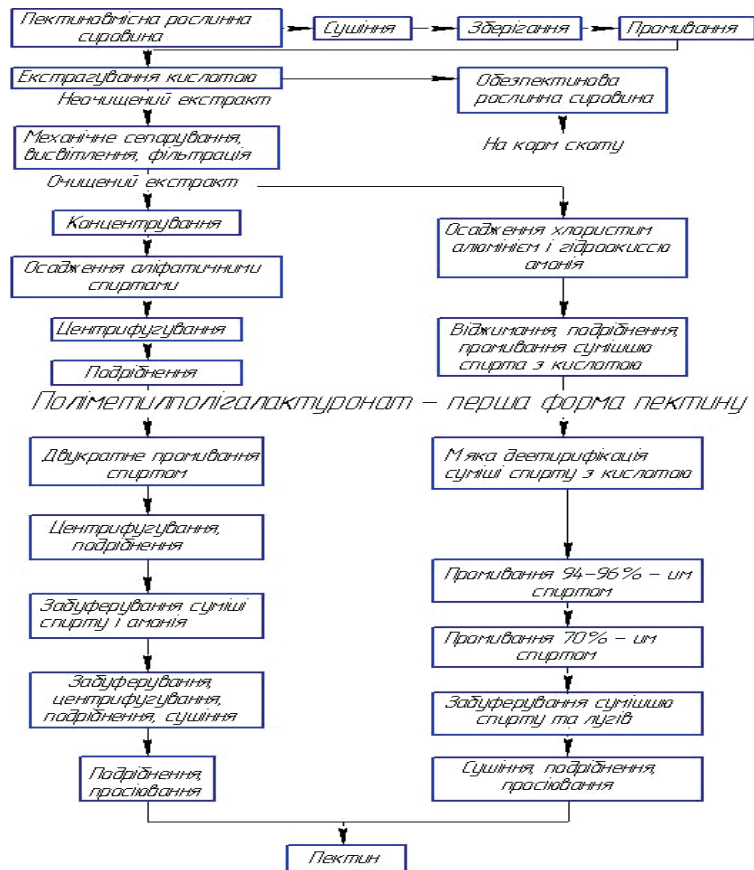


Рис.1. Принципова схема отримання пектину з різної пектиновмісної сировини

Розроблене технологічне обладнання забезпечує інтенсифікацію вилучення готового продукту з рослинної сировини, дозволяє економити електроенергію, зменшує термін проведення процесу, просте в експлуатації.

## 62. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ГІДРОЛІЗУ СИРОВИНИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИЛУЧЕННЯ ПЕКТИНІВ

Чепелюк О.О., канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук

В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук

Д.В. Баюрко, студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Процес гідролізу рослинної сировини є одним з основних для перетворення протопектину у пектин з метою його наступного вилучення в чистому виді чи у виді пектинопродуктів.

Гідроліз — реакція іонного обміну між різними речовинами і водою. Гідроліз рослинної сировини проводять неорганічними кислотами, лугами або ферментами. Для кожного окремого випадку вибирають гідролізуючий агент і умови гідролізу: концентрацію реагентів, термін, температуру, гідромодуль процесу.

Способи проведення гідролізу-екстрагування пектину з рослинної сировини досить різноманітні (рис. 1).

Неодмінною умовою якісного має бути обмеження температури до 90°C, щоб не відбулося деструкції пектину. Для максимального вилучення пектину з сировини треба забезпечити такий хід процесу, щоб максимальна молекулярна маса утвореного пектину дозволяла йому дифундувати з рослинних міжклітинних тканин та стінок.

Основними чинниками, які впливають на швидкість процесу гідролізу є швидкість набухання рослинної тканини і проникнення кислоти в клітину, концентрація кислоти в екстрагенті, температура процесу і його протяжність. Характер взаємодії цих чинників досить складний.

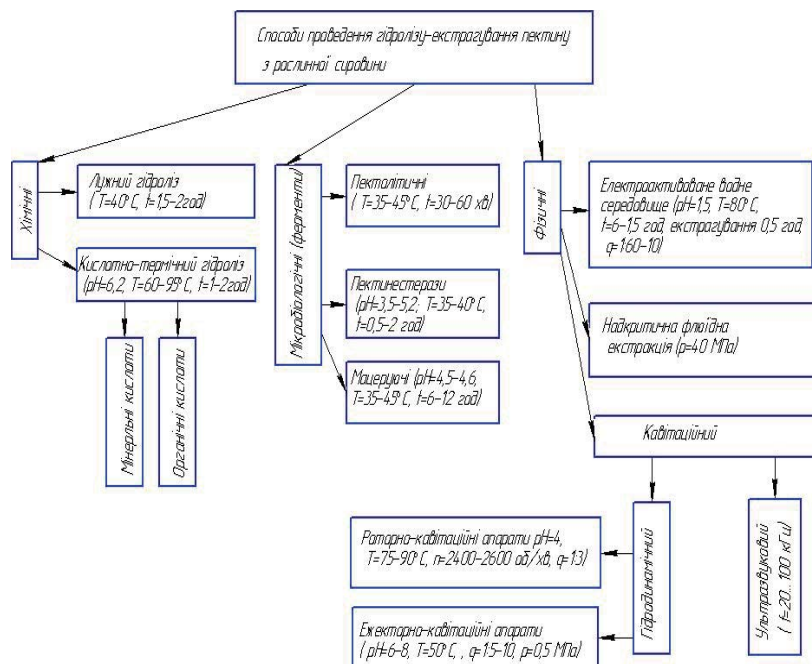


Рис.1. Класифікація способів гідролізу рослинної сировини

Один і той же чинник на різних стадіях процесу може впливати неоднозначно. Підвищення температури сприяє інтенсифікації набухання сировини і проникнення кислоти в рослинну клітину для розчеплення протопектину, але також сприяє деградації і деполімеризації пектинової молекули і, таким чином, значно погіршує якість готового продукту. Підвищення концентрації соляної кислоти (якщо вона бере участь у гідролізі) призводить до збільшення концентрації пектинових речовин.

Перебільшення концентрації кислоти призводить до слабкої желе утворювальної здатності пектину, або навіть до деградації молекул пектинових речовин. Нами досліджено, що при низькій концентрації кислоти желеутворююча здатність пектину висока, а рівень гідролізу протопектинової фракції досить низький.

### **63. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА**

**О.А.Литвиненко, канд. техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.Г. Сухенко, д-р техн. наук**

**В.Ю. Сухенко, канд. техн. наук**

**М.М. Муштрук, асп.**

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

Сучасні технології найбільш часто ґрунтуються на реалізації гетерогенних процесів, що протікають між двома або кількома неоднорідними середовищами в системах рідина — рідина та рідина — тверде тіло. Це процеси масообміну, процеси диспергування, поділу рідин і суспензій, кристалізації, запобігання накипформування на поверхнях теплообмінних апаратів і трубопроводів, полімеризації і деполімеризації тощо, а також різні хімічні і електрохімічні реакції. Швидкість протікання більшості гетерогенних процесів в звичайних умовах дуже мала і визначається величиною поверхні зіткнення реагуючих компонентів.

Негативне фізичне явище — кавітація, яка виникає при певних умовах переміщення, перемішування і оброблення рідких середовищ, обумовлює погіршення умов експлуатації і навіть руйнування технологічного обладнання. Водночас ефекти, які супроводжують кавітацію, впливають на оброблювальні середовища, змінюючи їх властивості. Через це увагу дослідників привертає можливість цілеспрямованого впливу кавітації дії на перебіг технологічних процесів, зокрема на швидкість хімічних реакцій в рідких середовищах.

В НУБіП України на кафедрі процесів і обладнання переробки продукції АПК в 2010-2011 роках проводилися дослідження з вивчення впливу гідродинамічної кавітації на інтенсивність проходження реакції і вихід готових продуктів у виробництвах дизельного біопалива з природних жирів. Одержані результати були досить обнадійливими.

Особливістю реалізації таких технологій є розроблення і дослідження пристроїв, в яких створюється кавітаційний режим перемішування реагентів. Тому для здійснення технологічного процесу перетворення жирів у паливо треба було підібрати конструкцію пристрою, в якому оброблення середовища найбільш ефективно. Ця робота була виконана в Національному університеті харчових технологій.

Нами проведені досліди з виробництва дизельного біопалива з різних природних жирів з використанням метанолу, етанолу і лужного каталізатора за умов механічного перемішування компонентів (традиційний спосіб), акустичної кавітації і гідродинамічної кавітації. У всіх випадках визначали повноту перетворення жирів у біопаливо та продовженість процесу. Наприклад, етилові ефіри соєвої олії отримали при температурі 45 °С з додаванням метанолу і 1 % КОН, перемішуючи з частотою 15с<sup>-1</sup>. Почергово збуджувати ультразвуковий та гідродинамічний кавітаційний режим.

Досліди показали, що ультразвукова кавітація забезпечує менший термін реакції, але гідродинамічна кавітація гарантує менше споживання енергії для переетифікації 1 кг природного жиру (900 і 660 кДж/кг). В умовах механічного змішування компонентів витрати енергії склали 1800 кДж/кг. Таким чином, застосування гідродинамічної кавітації при виробництві дизельного біопалива з рослинних олій і тваринних жирів у промислових масштабах економічно вигідне.

Обладнання, що використовується для збудження у рідинах гідродинамічної кавітації просте за конструкцією, не дороге і легко обслуговується. Крім того цей спосіб кавітаційного змішування компонентів може бути ефективним у велико-тоннажних виробництвах дизельного біопалива.

#### **64. ОСОБЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ САХАРОЗИ В ПЕРЕМІШУВАЧАХ-КРИСТАЛІЗАТОРАХ**

**В.Г. Мирончук, д-р техн. наук**

**М.М. Картава, асп.**

*Національний університет харчових технологій*

Досвід роботи цукрових підприємств показує, що станції кристалізації, що оснащені комбінацією вертикальних і горизонтальних кристалізаторів мають суттєві особливості і потребують додаткових вимог щодо технологічного регламенту ведення процесу кристалізації в них.

Наші промислові дослідження такої станції кристалізації утфелю останнього продукту виявили ряд вагомих факторів, удосконалення яких забезпечує суттєву інтенсифікацію процесу і покращення технологічних характеристик кінцевого продукту. Особливість роботи такої схеми полягає в тому, що після вертикального кристалізатора утфель надходить в батарею горизонтальних кристалізаторів де розкачується водою в першому кристалізаторі. За таких умов роботи ефект кристалізації охолодженням складає 4,5 – 4,7 одиниць, що явно недостатньо в порівнянні з оптимальними умовами ведення процесу, коли ефект кристалізації становить близько 7,0 – 8,0 одиниць.

З метою знаходження раціонального режиму ведення процесу для вищезгаданої схеми, нами проведено ряд досліджень на установці (рис. 1). Методикою досліджень передбачено темп охолодження утфелю від 73 °С до 41 °С в межах 1,0 °С/годину при швидкості обертання перемішувача 0,117 с<sup>-1</sup> до 40 °С, після чого здійснювали нагрівання утфелю до 46 °С і продовжували охолоджувати до 40 °С зі швидкістю 0,86 °С/годину. Корисна різниця температури в процесі охолодження складала 10 – 12 °С, що відповідає встановленому нами та прийнятому показнику за типовим режимом.

Результати досліджень свідчать, що в разі застосування проміжного нагріву утфелю замість розкачки утфелю водою чи цукровими розчинами ефект кристалізації становить 8,25 % в порівнянні з розкачуванням водою, де він складає 3,6 %, та розкачуванням цукровим розчином — 4,2 %.

Крім того, спостерігається суттєве покращення гранулометричного складу кристалів при застосуванні проміжного нагрівання утфелю в бік значного зростання долі кристалів фракції 0,63—1,0 мм і >1,0 мм. При цьому важливу роль в покращенні гранулометричного складу цукру відіграє рекристалізація, тобто розчинення дрібних кристалів цукру та перенесення відповідної кількості сахарози з розчину на поверхню існуючих кристалів.

Іншим важливим наслідком використання проміжного нагріву утфелю є те, що виключення розкачування утфелю водою чи цукровими розчинами зменшує вихід меляси в наслідок того, що мелясоутворюючий коефіцієнт води становить 2,3 – 2,7.



**Рис.1. Экспериментальная установка для дослідження процесу кристалізації сахарози охолодженням**

Отже, використання проміжного нагрівання утфелю останнього продукту взамін розкачок його водою чи цукровими розчинами унеможливує вторинне кристалоутворення, створює сприятливі умови для інтенсивної рекристалізації та підвищує ефект кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах.

## **65. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА В БЫТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ**

**И.М. Кирик, канд. техн. наук**

**С.И. Василевская**

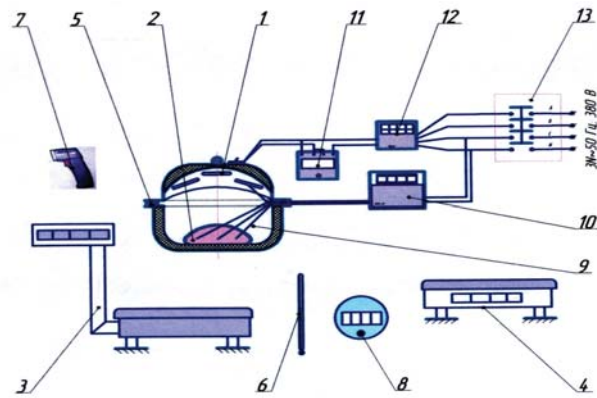
*Могилевский государственный университет продовольствия*

Одним из основных факторов, обуславливающих успешность применения инфракрасных (ИК) лучей для термообработки, является способность их проникать в обрабатываемые изделия на некоторую глубину, воздействовать на молекулярную структуру, в связи с чем быстро возрастает температура не только на поверхности, но и на некоторой глубине.

Для проведения экспериментальных исследований по изучению данного процесса создана экспериментальная установка.

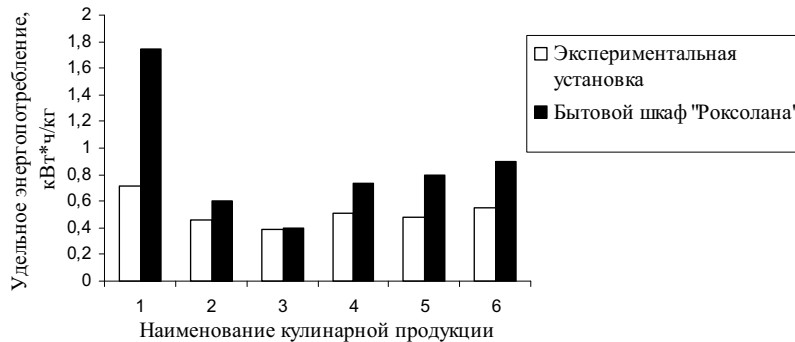
Разработанный и исследуемый опытный образец бытового ИК-аппарата представляет собой кухонную кастрюлю из нержавеющей стали емкостью 3 дм<sup>3</sup>, в крышку которой встроены галогеновые кварцевые излучатели, отражающий теплоизолирующий экран и защитный экран из термостойкого стекла. С помощью таких излучателей можно создавать очень высокие плотности энергии — до 60 кВт/м<sup>2</sup>.

Результаты проведенных исследований позволили определить группы кулинарной продукции, тепловая обработка которых возможна в ИК-аппаратах, и показали эффективность применения новой конструкции аппарата по сравнению с серийно выпускаемыми (рис. 2).



**Рис. 1. Схема экспериментальной установки:**

1 — аппарат ИК-нагрева; 2 — продукт; 3 — весы ВТН<sub>Т</sub>-15; 4 — весы электронные SC 4010; 5 — вставка; 6 — термометр; 7 — пирометр Centr—350; 8 — счетчик-секундомер; 9 — термоэлектрические преобразователи; 10 — измеритель-регулятор «Сосна-004»; 11 — ваттметр Д5004; 12 — счетчик трехфазный ЦЭ6803ВШ; 13 — пускатель магнитный ПМЕ



**Рис. 2. Диаграмма сравнения удельной энергоёмкости экспериментального аппарата и бытового шкафа ИК-нагрева «Роксолана»:**

1 — картофель жареный; 2 — котлета картофельная запеченная; 3 — котлета из говядины; 4 — карп жареный; 5 — бутерброд; 6 — курица жареная (бедро)

Получено уравнение, описывающее процесс нагрева изделий из мясного фарша в исследуемом тепловом аппарате ИК-нагрева:

$$\theta = 2,74 \cdot e^{-10,59 \cdot Fo} \quad (1)$$

где  $\theta$  — безразмерная температура, определяемая как

$$\theta = \frac{100 - t}{100 - t_0}, \quad (2)$$

где  $t_0$  — начальная температура мясного фарша, °С;  $t$  — температура мясного фарша в момент времени  $\tau$ , °С;  $Fo$  — число Фурье;



Данное уравнение получено для изделий из мясного фарша в форме шара массой 50...95 г при  $Fo \geq 0,1$ . Это уравнение рекомендуется для инженерных расчетов при определении температуры в центре изделий по истечении определенного времени или при определении необходимого времени до достижения заданной температуры в центре обрабатываемых изделий.

## **66. ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЙ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОХВИЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

**О.Г. Бурдо, д-р техн. наук**

**С.М. Буйвол, асп.**

*Одеська національна академія харчових технологій*

Екстрагування за допомогою мікрохвильової технології (МХТ) один з найкращих методів вилучення цільових компонентів, які основані на селективному нагріванні залишкової вологи в рослинній сировині.

Такий локалізований нагрів проходить досить швидко і завершується порушенням фізичної структури вихідного матеріалу, що призводить до прямого переміщення цільових компонентів в розчинник. Такий процес дозволяє вилучити більше розчинених речовин, підбираючи при цьому необхідний розчинник.

Методика експериментального дослідження заключалась в наступному. Цілі та подрібненні зерна поміщали в екстрактор і піддавали впливу електромагнітним полем протягом 20 – 24 хвилин при різній потужності мікрохвильового поля.

В процесі обробки температура реакційної маси підвищувалась до температури кипіння. Режим кипіння забезпечувався зворотнім холодильником. Для активації молекул використовують мікрохвильове поле, яке приводить до руху частинок. Турбулізація потоку і дія електромагнітного поля приводить до зміни коефіцієнту масоперенесення і швидкості процесу.

Механізм прискорення процесу при НВЧ нагріву пов'язаний з швидким формуванням поля температур. В процесах з традиційним способом нагріву тепловий потік направлений від поверхні до центру частинок. Тривалість прогріву, в залежності від розміру частинок, достатньо велика. В цей же період дифузійне масоперенесення з глибини частинки до її поверхні сповільнюється термодифузією.

При дії НВЧ нагріву тривалість рівномірного прогріву рідини в частинках мала в порівнянні з загальною тривалістю процесу. Тому можна вважати, що при температурі рідини в твердій частинці, близької до температури кипіння, проходить частковий перехід від молекулярного перенесення до конвективного.

Головними факторами, що визначають інтенсивність масовіддачі, є: розмір частинок ( $d$ ), густина потоку ( $\rho$ ), в'язкість потоку ( $\mu$ ), коефіцієнт дифузії ( $D$ ), потужність мікрохвильового інтенсифікатора ( $N$ ), витрати продукту ( $G_{пр}$ ) та розчинника ( $G_{роз}$ ), теплота пароутворення ( $r$ ), різниця концентрацій ( $\Delta C$ ), гравітаційна постійна ( $g$ ).

На основі методу аналізу розмірностей отримали степеневу функцію залежності коефіцієнта масовіддачі:

$$\frac{M}{c} = (M)^a \cdot \left(\frac{KG}{M^3}\right)^b \cdot \left(\frac{KG}{M \cdot c}\right)^c \cdot \left(\frac{M^2}{c}\right)^e \cdot \left(\frac{M^2}{c^2}\right)^f \cdot \left(\frac{KG \cdot M^2}{c^3}\right)^g \cdot \left(\frac{KG}{M^3}\right)^h \cdot \left(\frac{M}{c^2}\right)^i \cdot \left(\frac{KG}{c}\right)^j \cdot \left(\frac{KG}{c}\right)^k$$

Комбінації параметрів дають традиційні числа подібності Шервуда ( $Sh$ ), Шмідта ( $Sc$ ), параметричний комплекс ( $\Gamma$ ), який враховує значення гідромодуля і спеціальне число енергетичної дії МХТ. Число  $Bu$  характеризує дію бародифузії за рахунок мікрохвильового поля, визначається різницею тисків в зоні каналу, величина якої пропорційна потужності поля  $N$ . Для врахування впливу мікрохвильового поля пропонується новий безрозмірний комплекс, який отримано в результаті наступної комбінації:

$$\left(\frac{\mu^2}{d^2 \cdot r \cdot \rho^2}\right)^{-f} \cdot \left(\frac{N \cdot d \cdot \rho^2}{\mu^3}\right)^g \cdot \left(\frac{G_{\text{роз}}}{d \cdot \mu}\right)^{-1} = \frac{N}{G_{\text{роз}} \cdot r} = Bu$$

Модель процесу екстрагування при мікрохвильовому енергопідводі виражається залежністю числа Шервуда ( $Sh$ ) від чисел Шмідта ( $Sc$ ), енергетичної дії ( $Bu$ ) і безрозмірного параметричного комплексу ( $\Gamma$ ).

$$Sh = A \cdot Sc^n \cdot \Gamma^m \cdot Bu^k$$

Число енергетичної дії показує співвідношення між енергією випромінювання і енергією, яка необхідна для перетворення в пар всього розчину, який проходить через екстрактор. Чим більше число  $Bu$ , тим більше утворення парової фази, інтенсивніше насичення екстрагенту з глибини капілярів, більша турбулізація приграничного шару.

#### **Висновки.**

Отже, поряд із класичними технологіями інтенсифікування процесу екстрагування, використання МХТ представляється реальним і перспективним.

Вибір екологічно безпечного екстрагенту і режимних параметрів забезпечує отримання олій високої якості із рослинної сировини. За рахунок впливу електромагнітного поля можна отримати більший процентний вихід олії з більш цінними компонентами, скоротити тривалість технологічного процесу, а також знизити затрати енергії.

## **67. РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ХАРЧОВИХ НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

**О.Г. Бурдо, д-р техн. наук**

*Одеська національна академія харчових технологій*

Проблемами харчових нанотехнологій (ХНТ) в світі комплексно не займаються. Між тим, використання ХНТ в харчових виробництвах дозволить створити принципово нові продукти та кулінарні вироби, що не мають аналогів.

В ОНАХТ започатковано новий науковий напрямок розвитку ХНТ — управління процесами перенесення на рівні наномаштабних об'єктів харчової сировини для модифікації окремих комплексів та надання їм нових властивостей. Такими об'єктами є мікроорганізми (розмір від 7нм), нанопори та нанокапіляри рослинної сировини (розмір від 5нм), оболонки клітин (7...30нм), полісахариди (1...10нм), молекули води ( $\approx 0,15$ нм). Саме ці об'єкти мають ключові значення в харчових технологіях. Тому, процеси з біотехнологій, стерилізації, екстрагування, сушіння, соковіддачі та інші можна організовувати за наномаштабним рівнем.

Досвід, що отримано в ОНАХТ, доказує перспективність нових засобів комбінованих енергетичних впливів при обробці сировини. Йдеться про застосування генераторів хвильової електромагнітної енергії, які ініціюють потужні бародифузійні потоки в задачах масоперенесення. Розроблено теоретичні основи хвильових бародифузійних технологій (ХБТ), які пояснюють механізми виникнення умов значного зниження дифузійного опору, специфіку кінетики таких комбінованих процесів перенесення цільових компонентів. Модель кінетики ХБТ отримано методами теорії подібності з використанням нового числа енергетичного впливу ( $Bu = N (r w d^2 \rho)^{-1}$ ), що враховує дію електромагнітного поля. Фізичний сенс цього числа в тому, що встановлюється співвідношення між енергією випромінювання ( $N$ ) та енергій, яка необхідна для перетворення в пару всій рідині продукту. В рівнянні ( $r$  — теплота фазового перетворення,  $\rho$  — щільність води). Така модель адаптована для процесів сушіння, екстрагування та інактивації мікроорганізмів. Так, для процесу екстрагування при виробництві коньякових спиртів отримано узагальнену залежність числа Шервуда ( $Sh$ ) від чисел Рейнольдса ( $Re$ ), Шмідта ( $Sc$ ) та числа ( $Bu$ ) при  $Re < 2300$ :  $Sh = 36,58 (Re)^{0,33} (Sc)^{0,33} (Bu)^{1,54}$ .

Сьогодні вже є факти, пояснити які можна тільки з позицій нанонаук. До таких фактів, що отримано на кафедрі процесів, апаратів та енергетичного менеджменту ОНАХТ, відносяться: зміна та трансформація структури смакових та ароматичних комплексів продукту, інактивація мікроорганізмів при низьких температурах, та інше. Причина цих фактів загальна — дія ХБТ. Інформація о результатах досліджень та перспективи їх розвитку наведена у табл. 1.

Таблиця 1. Напрямки нанотехнологічних проектів

Проект	Параметр	Значення
		Традиційне/досягнуте/очікуване
Низькотемпературний наностерилізатор	Енергоемність, МДж/кг продукту Температура, °C ККД, %	0,2/0,02/2*10 <sup>-5</sup> 80...100/30/10...20 0,004/0,04/20...40
екстрактор	Ступінь інтенсифікування, разів	1/100/10000
зерносушарка	Енергоемність, Дж/кг вологи	4...6/1,9/0,1...0,2

Створено зразок екстрактора для коньякових та кавових виробництв, стрічкова сушарка з електромагнітними генераторами енергії, низькотемпературний стерилізатор. Використання ХБТ дозволило отримати чисту воду з вмістом солей до 4 мг/кг

## **68. КІНЕТИКА ТЕПЛО- ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ**

**С.Г. Терзієв**

**Н.В. Ружицька**

**А.А. Борщ**

*Одеська національна академія харчових технологій*

В технологіях виробництва харчових концентратів ключовими процесами є сушіння та екстрагування. Це складні тепло-масообмінні процеси, енергетика та кінетика яких суттєво залежать від організації енергопідводу.

В останній час широке розповсюдження отримало інфрачервоне нагрівання харчових продуктів. В цілому тверді матеріали поглинають ІЧ-випромінювання лише у тонкому поверхневому шарі. Поглинання ІЧ-енергії водою переважає на всіх довжинах хвиль, що дозволяє використовувати широкий діапазон ІЧ-випромінювачів.

Для дослідження кінетики процесу сушіння сировини за допомогою ІЧ-випромінювання використовували наступний експериментальний стенд. В ІЧ камері розташовано два інфрачервоних випромінювача, платформа, рослинна сировина (продукт), термopapa, що показує температуру продукту, термopapa, що показує температуру повітря у камері, вентилятор відведення вологи з камери, мокрий та сухий термометри. Платформа з продуктом зважується на електронних вагах, які передають інформацію на комп'ютер. Потужність ІЧ випромінювачів змінюється вручну регулятором. За показання та обробку сигналів з датчиків температури відповідає пристрій контролю температури восьми канальний ОВЕН УКТ38-Щ4.ТП. За допомогою перетворювача інтерфейсів «токова петля»/RS-232 ОВЕН АС-2, через який і проходить сигнал температур з ОВЕН УКТ38-Щ4.ТП на комп'ютер. На комп'ютер приходять одночасно два сигнали по інтерфейсу RS-232. Сигнал з ОВЕНА обробляється за допомогою SCADA-системи OWEN PROCESS MANAGER (OPM). Це дозволяє будувати термограми, як у режимі онлайн, так і після завершення процесу. Проте для обробки сигналу по інтерфейсу RS-232 з вагів довелося, за допомогою програми delphi 7 написати програму, яка дозволила не тільки зчитувати сигнал з вагів, але і будувати графіки лінії сушіння і швидкості сушіння в режимі онлайн.

Із впровадженням автоматичного збору інформації, можна легко стежити за процесом сушіння, а також регулювати його.

В дослідженнях процесу сушіння шламу кави визначали залежності поточної вологості продукту і температури від питомого завантаження (g) шламу і питомої потужності підведеної енергії.

Зі зростанням потужності підведеної ІЧ-енергії збільшується швидкість підвищення температури до відносно високого значення (102 °C) що вказує на те, що частина підведеної енергії йде не тільки на випарювання вологи, а й на нагрівання продукту. Видалення вологи починається протягом перших 10 хвилин. При цьому зі збільшенням потужності ІЧ-випромінювання і зменшенням товщини шару шламу (питомого завантаження), швидкість сушіння збільшується. Інтенсивне видалення вологи при достатньо низьких температурах (40 – 0 °C) пояснюється безпосередньо дією ІЧ-випромінювання на продукт і поглинання енергії водою.

Вивчався також вплив швидкості повітря у сушильній камері на кінетику сушіння шламу. При низьких швидкостях руху повітря в камері, період спадаючої

швидкості сушіння практично не виражений, що пояснюється радіаційним підведенням енергії.

Висушений шлам готовий до процесу вилучення олії кави. В залежності від характеру розчинника вдалося отримати два різновиди олії кави: чисту і ароматизовану, яка містить ароматичні та барвні речовини.

Інтенсифікація процесу масопереносу з твердої фази шламу здійснювалась підведенням мікрохвильової енергії поля частотою 2450 кГц за потужностей 85 — 127 Вт. Застосовувались режими імпульсної та безперервної дії поля, а також температури від 40 °С до кипіння розчинника.

Виявлено, що застосування електромагнітного поля дозволяє скоротити тривалість процесу в десятки разів, при цьому процес протікає при досить низьких температурах, що сприяє збереженню в кінцевому продукті цінних компонентів.

## **69. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТУ *АТТЕНУЗІМ***

**І.В. Мельник, канд. техн. наук**

**С.Ю. Федоренко, магістрант**

*Одеська національна академія харчових технологій*

Основні процеси в технології пивоваріння — солодування, затирання та бродіння — є ферментативними процесами. Головна сировина для виробництва пива містить екстрактовмістні компоненти (крохмаль, білки та ін.) та ферменти (амілази, протеази та ін.). Однак, солод є дорогою сировиною, тому звичайно, що як тільки ферменти, які отримані шляхом ферментації, стали комерційно доступні у 1960 році, виробники пива і ферментів почали розробляти ідеї по заміні дорожнього солоду несолодженою сировиною та екзогенними ферментами. Вже тоді звичайною практикою вважалося використання 25 % несолоджених зернопродуктів, перетворення компонентів яких здійснювалося ферментами солоду.

Нині виникає ідея замінити ще більшу кількість солоду несолодженою сировиною, наприклад, ячменем з додаванням екзогенних ферментів.

Дані розробки привели до появи різних варіантів використання промислових ферментів в пивоварінні, що дозволяє отримати економічні та технологічні переваги, такі як:

- удосконалення управління процесами пивоваріння;
- прискорення технологічних процесів, що призводить до збільшення виробничої потужності;
- можливість виробляти нові та різноманітні сорти пива;
- використання більш дешевої та нетрадиційної сировини.

Об'єктом дослідження був ферментний препарат *Аттенузім* — суміш амілоглюкозидази і грибною α-амілази, який збільшує ступінь зброджування до 105 %, покращує біологічну і колоїдну стійкість пива, знищує крохмальні і декстринові помутніння в готовому пиві. Оптимальна температура для використання — 63 – °С.

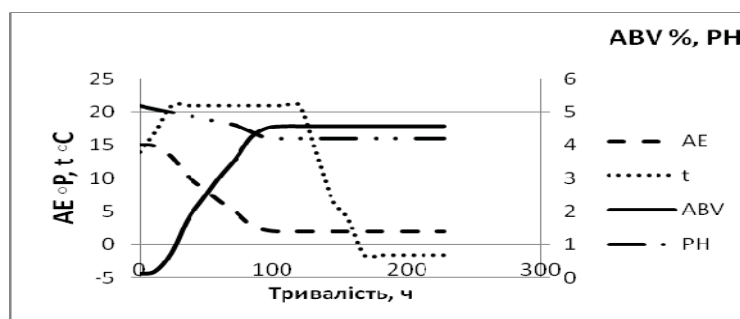
Дослідження з використанням ферменту *Аттенузім* на стадії затирання проводилися на Миколаївському відділенні АВ «Інбев Україна» для пива «Янтар світле». Згідно з рецептурою, для пива «Янтар світле» використовується солод пивоварний ячмінний світлий (70 – 100 %), допускається додавання заміників солоду — несолодженої сировини (ячмінь) до 30 %. Для приготування затору використовували 76 % ячмінного солоду та 24 % ячменю.

Отримані результати кінцевого ступеня зброджування сусла при використанні *Аттенузім* з різним дозуванням на стадії процесу затирання (розрахунок на вихід 530 гл сусла) приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Залежність кінцевого ступеню зброджування пивного сусла від дозування ферменту Аттенузім

№	Дозування ферменту, кг	Кінцевий ступінь зброджування сусла, %	Відброд, %
1	1	80,6	2,9
2	1,5	82,6	2,6
3	2	84	2,4
4	2,5	86	2,1
5	3	87,3	1,9

Діаграма зброджування пивного сусла з використанням ферменту Аттенузім приведена на рис. 1.



AE — видимий екстракт; ABV — алкоголь, об'ємна частка

Рис. 1. Діаграма зброджування пивного сусла

Фермент *Аттенузім* забезпечує практично повне оцукрювання крохмалю до глюкози. В результаті збільшується вміст легкозброджуємих цукрів, що призводить до збільшення ступеня зброджування пивного сусла.

## 70. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА СУШЕНИХ ПРОДУКТІВ

Ю.Ф. Снежкін, д-р техн. наук

Р.О. Шапар, канд. техн. наук

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

Переробка рослинних матеріалів на сушену продукцію відноситься до складних енергоємних технологічних процесів з підвищеними вимогами до якості кінцевого продукту та його безпеки. Зміна хімічного складу та біологічних властивостей рослинних матеріалів під час сушіння залежать від тривалості, темпе-

ратурного рівня та інтенсивності термічної обробки, фактором, що їх лімітує, є максимально допустима температура зневодненого матеріалу.

Класифікуючи рослинні матеріали за певними характерними домінуючими ознаками, ми виділили декілька основних груп матеріалів (рис.1), хімічний склад і природні властивості яких обумовлюють різні умови і режими сушіння та технології в цілому.

При обґрунтуванні технології виробництва до процесу зневоднення, як найбільш енергоємної стадії, поряд з забезпеченням максимально повної збереженості вихідних складових сировини, ставляться такі вимоги, як інтенсифікація процесу, мінімізація енерговитрат та створення ефективного сушильного обладнання.

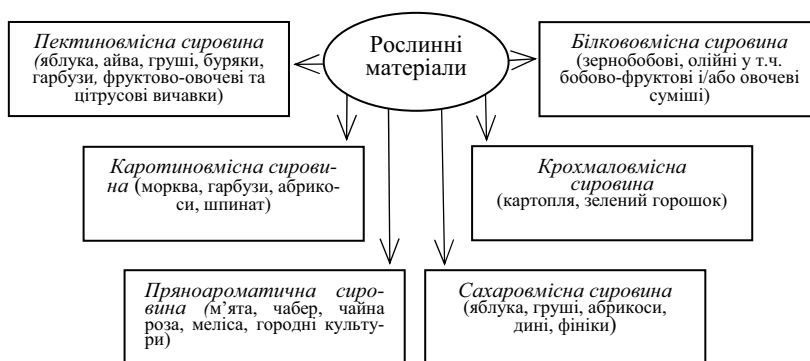


Рис. 1. Класифікація рослинних матеріалів

На підставі узагальнення результатів експериментальних досліджень процесу зневоднення матеріалів згідно до приведеної класифікації та відповідно із закономірностями тепломасообміну при сушінні, доведено, що суттєва інтенсифікація процесу досягається здебільшого за рахунок сушіння рослинних матеріалів в режимах багатостадійного зневоднення, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту, скорочення тривалості сушіння до 20 %, економічність процесу.

Особливо жорсткі вимоги висуваються до процесу зневоднення пряноароматичної у т.ч. і лікарської сировини (меліси, чаберу, анісу садово-

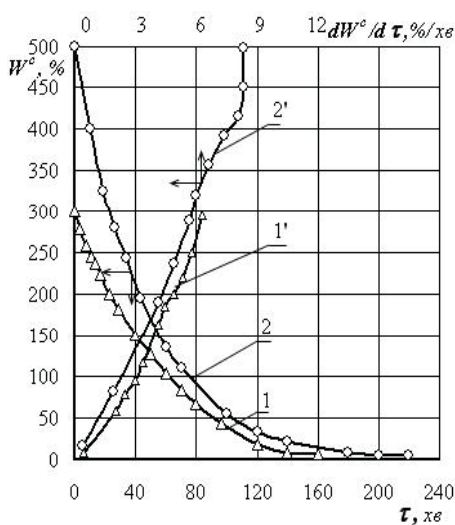


Рис. 2. Криві кінетики вологообміну:  $V=1 \text{ м/с}$ ;  $t=50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $d = 10 \text{ г/кг с.п.}$ ;  $h = 20 \text{ мм}^2$ ; 1,1 – чабер; 2,2 – м'ята перцева.

го, ромашки, м'яти, пелюстків рози чайної, листів кріпу, білих коренеплодів у т.ч. коренів тощо), характерною відзнакою яких є наявність термолабільних ароматичних сполук і ефірної олії.

Експериментально встановлено, що зневоднення вказаних матеріалів необхідно здійснювати в режимі низькотемпературного одноступеневого зневоднювання з температурою середовища 45...55 °С (рис. 2) або в режимі двоступеневого сушіння, коли на першій стадії температура середовища дорівнює 60..55 °С, на другій — 45...40 °С. Зазначені теплові режими запобігають втратам летких речовин та сприяють розщепленню глюкозидів і підвищенню виходу ефірної олії на подальших етапах технологічного процесу. Перевищення температури сушильного агенту призводить до зниження вмісту ефірної олії, аромату і є неприпустимим.

Для сушіння в режимах двоступеневого зневоднення можна використовувати тунельні конвективні сушильні установки, єдиною вимогою є чітка підтримка розроблених режимів сушіння.

Поряд з тунельними сушильними установками, що працюють на традиційних видах палива, запропоновано ряд низькотемпературних сушильних установок розроблених Інститутом: камерного типу з використанням відновлюваних джерел енергії, конденсаційні сушильні установки з використанням парокompресійного теплового насосу, сорбційні сушильні установки з використанням вторинних та відновлюваних джерел енергії. Витрати енергії при використанні такого сушильного обладнання до 1,5 разів нижчі в порівнянні з існуючим вітчизняними камерними сушильними установками.

Отже, на підставі результатів експериментальних досліджень кінетики сушіння рекомендовані енергоефективні режими з урахуванням допустимої температури і природних властивостей рослинних матеріалів, які дозволяють максимально зберегти вихідні складові і значну кількість біологічно активних і харчових властивостей сировини.

## **71. ПЛАНЕТАРНИЙ РЕДУКТОР З ПАРАЛЕЛОГРАМНИМ ПРИВОДОМ**

**Р.В. Амбарцумянц, д-р техн. наук**

**С.С. Орлова, канд. техн. наук**

*Одеська національна академія харчових виробництв*

**Вступ.** В машинобудуванні, субмаринах, літальних апаратах і т. і. широке поширення знайшли планетарні передачі, що мають ряд суттєвих переваг у порівнянні із зубчастими передачами з нерухливими осями обертання. Однак, при більших передавальних відношеннях ці механізми мають різні коефіцієнти корисної дії, що при передачі більших потужностей може призвести до заклинювання.

Планетарний редуктор з паралелограмним приводом містить центральне колесо, сателіт, водило, які дозволяють отримати великі передаточні відношення, однак мають ряд суттєвих недоліків — динамічна незрівноваженість, низька надійність, зносоздатність, довговічність, що характеризується конструкцією, а саме:

- при великій різниці діаметрів центрального колеса і сателіта практично неможливо розробляти конструкцію з'єднання сателіт — ексцентрикний вал.
- геометричні розміри у випадку виконання конструкції ексцентрикних валів збільшуються, тим самим збільшується металоємність редуктора.
- витрати на тертя в з'єднанні ексцентрик — сателіт значні за рахунок великих розмірів ексцентриків.



**Мета роботи.** Щоб уникнути перелічені недоліки поставлено задачу розробити конструкцію планетарного редуктора, в якому за рахунок зміни конструктивних елементів досягається підвищення функціональних можливостей, зменшення металоємності та витрат на тертя планетарного редуктора з паралелограмним приводом.

**Виклад основного матеріалу наукової роботи.** Поставлена задача вирішена в конструкції планетарного механізму з паралелограмним приводом, який складається із корпусу, кришки, кільця, центрального циліндричного зубчастого колеса, двох сателітів, приводного валу з зубчастими колесами, водила, виконаного у вигляді двох валів для привода сателітів тим, що вали для привода сателітів виконані колінчатими, а сателіти зачіпляються з веденим колесом, виконані збірними у вигляді цільних циліндричних зубчатих вінців, жорстко закріплених на обох сателітах. Ободи сателітів виконані з двох симетричних половинок з лінією розрізу, що проходить через вісь отворів під колінчатими валами і закріплені між собою двома гвинтами. Таке конструктивне виконання сателітів забезпечує збірку планетарного редуктора.

Планетарний редуктор з паралелограмним приводом складається із корпусу, на який нерухомо посаджена кришка. Привідний вал, встановлене в корпусі і кільці через підшипник кочення. Кільце встановлено в середині центрального зубчастого колеса співвісно з ним на голчастому підшипнику. Колінчаті вали встановлені у корпусі і кільці на підшипниках кочення. Сателіти сполучені з цільним зубчатим венцем і двох симетричних частин ободу, які з'єднані між собою гвинтами. Вінець утворює нерухоме з'єднання з ободом за допомогою циліндричних штифтів. Сателіти зачіплюються з центральним циліндричним зубчастим колесом в діаметрально протилежних напрямках і утворюють рухоме з'єднання з колінчатими валами. На кінцях колінчатих валів жорстко закріплені зубчасті колеса, які зачіплюються з зубчастим колесом, жорстко закріпленим на приводному валу редуктора.

Планетарний редуктор з паралелограмним приводом працює наступним чином. Рух від електродвигуна, або другого джерела (не показано на кресленні) передається приводному валу. Від приводного вала через зубчасті передачі з однаковими передаточними відношеннями обертання передається колінчатим валам. Оскільки довжина колінчатих валів має однаковий радіус обертання, то сателіти виконують коло-поступальний рух у діаметрально протилежних напрямках з фазовим зміщенням між ними  $180^\circ$ . Саме сателіти безупинно знаходяться в зачепленні з центральним циліндричним зубчастим колесом і приводять в обертання останні з великим передаточним відношенням.

**Висновок.** Запропонована конструкція планетарного редуктора з паралелограмним приводом забезпечує динамічну зрівноваженість, відсутність радіальних зусиль на вхідному валу, порівняльно малу металоємність, зменшує витрати на тертя і тим самим підвищує надійність та довговічність роботи.

## **72. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЗА ЗЕРНОМ У СКЛАДАХ ПІДЛОГОВОГО ЗБЕРІГАННЯ**

**Г.М. Станкевич, д-р техн. наук**

**Л.К. Овсянникова, канд. техн. наук**

**О.В. Зарубін, магістр**

*Одеська національна академія харчових технологій*

**Вступ.** Основною причиною, що знижує якісні показники зерна при його зберіганні у різних типах зерносховищ, є процес самозігрівання зернової маси.

Своєчасно, на початковій стадії не виявлений процес самозігрівання зерна призводить не тільки до істотного підвищення температури зерна (понад 35 °С) в зоні осередку самозігрівання, але і до істотного зниження його показників якості.

У тому випадку, якщо осередок самозігрівання не знайдений, може відбутися займання зернової маси, яке, зрештою, також може привести до руйнування конструкції складу.

Контроль температури зерна — найбільш ефективний і доступний практичний спосіб відстеження результатів біохімічних процесів, що протікають у зерновому насипу під час зберігання зерна в зерноскладах.

Згідно з «Інструкцією по зберіганню зерна...» в зерновому насипі складу із плоскою підлогою рекомендується мати 216 зон контролю. Ці рекомендації передбачають вимірювання температури за допомогою термоштанги, яку встановлюють в центрі умовного квадрата (секції) розміром 10х10 м (у плані) і у трьох її рівнях, із наступною зміною її положення в межах секції на відстані 2 м від точки попереднього вимірювання температури. Такі вимоги носять суб'єктивний характер і, як правило, не виконуються. У зв'язку з цим виникає необхідність застосування дистанційного контролю температури за допомогою термодатчиків з науковим обґрунтуванням їхньої кількості та розташування в зерновому насипі складу.

**Мета роботи** — обґрунтування кількості та схем розташування датчиків контролю температури в зерновому насипу складу.

**Виклад основного матеріалу наукової роботи.** В основу обґрунтування кількості та схем розташування датчиків контролю температури в зерновому насипу складу покладені: закономірність пошарового формування зернового насипу при завантаженні; самосортування зерна при завантаженні; встановлена в процесі дослідження закономірність розвитку самозігрівання в зерновому шарі у формі пласта та оптимальна величина радіусу чутливості датчиків.

У процесі завантаження зерноскладу за допомогою скидаючого візка насип формується від торцевої стінки складу пошарово у вигляді двох насипів конусної форми, які перетинаються один з другим в середній частині складу в поперечному перерізі.

Пластовий осередок самозігрівання завтовшки 2R може виникнути у будь-якому шарі зернового насипу за рахунок різниці в шарах вологості й температури. Самозігрівання додатково посилюється явищем самосортування в нижніх частинах твірних конусів, і в місцях перетину твірних конусів і насипу.

Отже, датчики контролю температури необхідно встановлювати в точках перетину твірних конусів засипки зерна по ширині й довжині складу та в кожному шарі конусів зернового насипу: по довжині складу в площині центрального перерізу цих конусів, а по ширині — зміщеними до основ цих конусів, причому по висоті зернового насипу й від стін складу датчики необхідно встановлювати з урахуванням величини радіусу чутливості та товщини осередку пласта самозігрівання.

Таким чином, розміщення датчиків в зерновому насипу конусів по довжині складу — у вертикальній площині центрального перерізу конусів — забезпечує контроль за всіма без виключення партіями різноякісного зерна, що засипається в склад, а по ширині складу — зміщеними до основ цих конусів — дозволяє врахувати самозігрівання зерна та вплив перепадів температур зовнішнього повітря.

Встановлення додаткових датчиків у точках перетину твірних конусів засипки по ширині та довжині складу, в яких вірогідність самозігрівання за рахунок самосортування найбільша, дозволить своєчасно виявити розвиток несприятливих процесів і вжити своєчасні заходи забезпечення збереження зерна.

Нижні датчики встановлюються на відстані  $a = r + 0,5R$ , де  $r$  — величина радіусу чутливості — відстань від середньої площини пластового осередку завтовшки  $2R$  до місця установки датчика.

Відстань датчика від поздовжньої стіни визначається з виразу  $b = r + 0,5R/\sin \alpha$ , де  $\alpha$  — кут природного укосу зернового насипу.

**Висновок.** Визначення температури зернового насипу дозволить мати уяву про його стан у процесі зберігання, можливість приймати відповідні заходи для уникнення погіршення якості або псування зерна, а також дозволить мінімізувати операційні витрати на зберігання.

### **73. ВПЛИВ ЗУСИЛЛЯ, ЩО ПРИКЛАДАЄТЬСЯ ДО ТОВКАЧА ОВОЧЕРІЗКИ НА ЇЇ ШУМОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**І. М. Заплетніков, д-р техн. наук**

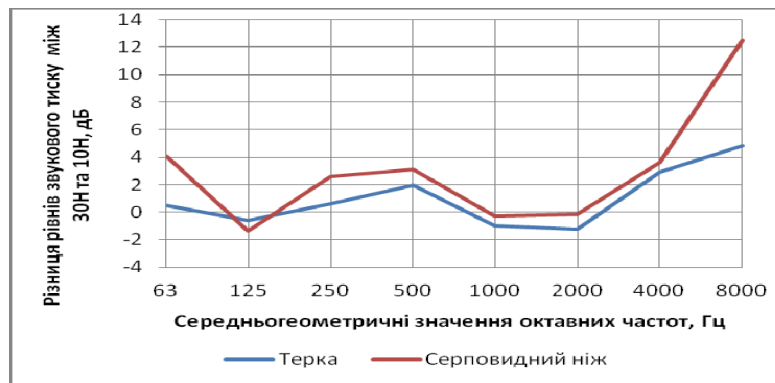
**О. Г. Дахов**

*Донецький національний університет економіки  
та торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

На підприємствах ресторанних господарств широко розповсюджені овочерізки. Однією з найпоширеніших моделей є овочерізка Robotqre CL30 А виробництва Франції. Застосування цих машин на Україні потребує відповідності їх віброакустичних характеристик (ВАХ) вимогам Держстандарту України. Попередніми дослідженнями на кафедрі обладнання було встановлено, що віброакустичні характеристики цієї машини не відповідають санітарним нормам, що робить неможливим її використання у цехах підприємств.

На кафедрі обладнання харчових виробництв було створено стенд для комплексного дослідження параметрів овочерізки. На віброакустичні характеристики впливають такі експлуатаційні параметри, як тип продукту, тип робочого органу та зусилля, із яким продукт притискається товкачем до робочого органу. На виробництві при заданому типі продукту та способі нарізання впливати можна лише на зусилля притискання робочого органу, тому представляє інтерес дослідити вплив зусилля, із яким притискається робочий орган на шумову характеристику (ШХ) овочерізки. Для цього було проведено експериментальне дослідження. ШХ машини визначалася технічним методом за ГОСТом 12.1.026-80 «Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью» за допомогою атестованого шумоміра 00023 Robotron. класу точності 0. Запис рівня звукового тиску проводиться через АЦП на персональний комп'ютер у вигляді осцилограми в реальному масштабі часу.

Для зручності оператора зусилля на штовхач не повинно перевищувати 30 Н, тому при проведенні експерименту було обрано зусилля 10 та 30 Н. Зусилля прикладалося за допомогою гир, що кріпилися на штовхачі. Експеримент проводився на двох робочих органах (РО) — терці та серповидному ножі. В якості продукту обраний буряк. При проведенні та обробці експерименту отримані значення рівнів звукового тиску та звукової потужності у середньгеометричних октавних смугах частот 63-8000 Гц та за шкалою А. В якості критерію оцінки впливу зусилля на ШХ була прийнята різниця між рівнем шуму при зусиллі 30 Н та 10 Н. За шкалою А різниця становила 1,9 дБА та 3,82 дБА для терки та серповидного ножа відповідно.



**Рис. 1. Різниця між рівнями звукового тиску при зусиллі на штовхачі 30 Н та зусиллі 10 Н.**

При аналізі отриманих даних видно, що для обох робочих органів спостерігається схожа картина. Підвищення зусилля на штовхачі більш впливає на ШХ машини при використанні в якості робочого органу серповидного ножа. Найбільше підвищення шуму виникає на високій частоті 8000 Гц на 5 та 12 дБ для терки та дискового ножа відповідно. На частотах 125, 1000, 2000 Гц підвищення зусилля практично не впливає на шумову характеристику машини. На частотах 63, 250, 500 та 2000 Гц для серповидного ножа рівень шуму збільшується на 3,5 – 4 дБ, а для терки — на 0,5 – 1,5 дБ окрім частоти 2000 Гц, де різниця складає 4 дБ.

Прикладання більшого навантаження до штовхача спричиняє погіршення ШХ машини в тому числі за корегованим рівнем по шкалі А. Це дійсно в більшій ступені для серповидного ножа та в меншій ступені для терки. Зростання рівня корегованого рівня звукової потужності за шкалою А найбільш обумовлено зростанням рівня звукового тиску на високих частотах 4000-8000 Гц.

Перспективою подальших досліджень є проведення комплексного багатофакторного експерименту із дослідженням віброакустичних та експлуатаційних характеристик в залежності від типу продукту, типу робочого органу та зусиллі на штовхач.

#### **74. ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ТІСТА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ**

**О.А. Півоваров, д-р техн. наук**

**Г.П. Тищенко, канд. техн. наук**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

**С.Ю. Миколенко, асп.**

**К.В. Власенко, магістр**

*Дніпропетровський державний аграрний університет*

Особливу роль в процесі дозрівання тіста відіграють мікробіологічні процеси. Внаслідок діяльності мікрофлори тіста відбувається накопичення ряду кислот, які є

головним чинником формування смаку і аромату хлібопекарської продукції. Кислотонакопичення є важливим фактором, оскільки у кислому середовищі відбувається розчинення та набухання клейковинних білків борошна, що в подальшому забезпечує об'ємний вихід продукту.

Підвищення загальної кислотності та концентрації іонів водню є невід'ємними характеристиками дозрівання тіста. Титрована кислотність — основний технологічний показник, який відображає ступінь готовності напівфабрикату. Особливістю розчинів, отриманих внаслідок обробки магістральної води контактною нерівноважною плазмою, є лужна реакція їх середовища. Тому важливим є встановлення характеру протікання процесу кислотонакопичення в тісті на основі плазмохімічних активованих водних розчинів (ПАВР).

Результати проведених досліджень показали, що у разі використання ПАВР початкові значення загальної кислотності для тіста з пшеничного борошна різних сортів є трохи нижчими по відношенню до контрольних зразків, що, очевидно, зумовлено характерними для ПАВР значеннями рН. Однак вже в перші години бродіння тіста відбувається більш активне накопичення сполук кислотного ряду в тісті на основі водних розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми. Дослідні зразки тіста швидше досягають значень, які відповідають готовності напівфабрикату, виготовленого з певного сорту борошна, що є запорукою скорочення тривалості загального циклу виробництва хлібопекарської продукції. Слід вважати, що підвищення кількості кислотореагуючих сполук в тісті на основі ПАВР пов'язано з активізацією життєдіяльності мікрофлори тістової маси.

Важливе значення для протікання біохімічних, колоїдних та мікробіологічних процесів в тісті має концентрація в ньому іонів водню, яку відображає показник рН. Значення активної кислотності одразу після замішування тіста аналогічні до даних, отриманих для загальної кислотності на відповідному етапі процесу. Після бродіння тіста протягом однієї години кількість іонів водню в тісті на основі ПАВР починає зростати і перевищувати аналогічні показники для тіста, приготованого за традиційною технологією. Така динаміка надає можливість скоротити тривалість бродіння тіста на 1 – 1,5 год. Слід відзначити, що загальна кислотність під впливом ПАВР має більш виражену динаміку змін порівняно з рН тіста. Такі результати досліджень узгоджуються з даними щодо газоутворення в тісті, приготованому з використанням розчинів, підданих дії КНП. Очевидно, що для дослідних зразків у рідкій фазі напівфабрикату відбувається розчинення більшої кількості діоксиду вуглецю з наступним утворенням вугільної кислоти, яка має слабкий ступінь дисоціації.

Дозрівання тіста включає протікання окислювально-відновних реакцій, що залежить від кількості та концентрації безпосередніх учасників таких процесів та їх природи. Окислювально-відновний потенціал характеризує інтенсивність окисно-відновних перетворень в контрольованому середовищі і визначає роботу ферментативного комплексу системи. Під час дозрівання тіста внаслідок таких реакцій утворюється велика кількість елементарних електрохімічних комірок, генеруючих потенціал певної величини, який сумарно відображає глибину дії ферментного комплексу на тістовий напівфабрикат під час дозрівання. Під впливом контактної нерівноважної плазми відбувається зміна окислювально-відновного потенціалу водних розчинів. Тому характер протікання біохімічних перетворень в тісті за рахунок залучення ПАВР може мати ряд особливостей, оскільки зміни окислювально-відновного потенціалу опосередковано характеризують життєдіяльність дріжджових клітин. Встановлено, що для дослідних зразків характерна наявність більшої кількості сполук відновного характеру. Протягом всього процесу дозрівання тіста

редокс-потенціал дослідних зразків мав значення на 7 – 13 % нижчі у порівнянні з контролем, що вказує на швидке накопичення відновлених сполук і прискорення дозрівання тіста на основі розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми. Таким чином, застосування ПАВР для замішування тістової маси замість магістральної води без додаткової обробки створює передумови для скорочення до 30 % тривалості дозрівання тіста.

## **75. ВПЛИВ РОЗЧИНІВ, ПІДДАНИХ ДІЇ КОНТАКТНОЇ НЕРІВНОВАЖНОЇ ПЛАЗМИ, НА АКТИВНІСТЬ АЛЬФА-АМІЛАЗИ БОРОШНА**

**О.А. Півоваров, д-р техн. наук**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

**С.Ю. Миколенко, асп.**

**Л.Ю. Мирошніченко, магістр**

*Дніпропетровський державний аграрний університет*

Біохімічні процеси, хід яких розпочинається з внесенням води при замішуванні тіста, обумовлюються активністю ферментативного комплексу борошна. Цукри, що використовуються дріжджами під час бродіння тіста, утворюється внаслідок гідролізу крохмалю амілолітичними ферментами. Стабільність та активність ферментів борошна залежать від умов середовища, в якому вони діють, зокрема його активної кислотності. Плазмохімічно активовані водні розчини (ПАВР) мають відмінні від звичайної води концентрації іонів водню, дрібнокластерну структуру та містять пероксидні і надперекисні сполуки. Зокрема, в результаті обробки магістральної води контактної нерівноважною плазмою рН середовища переходить в лужну реакцію і становить 10,0 – 10,4, а при застосуванні дистильованої води за аналогічних параметрів активаційного процесу концентрація іонів водню зростає і рН має значення 3,1 – 3,9.

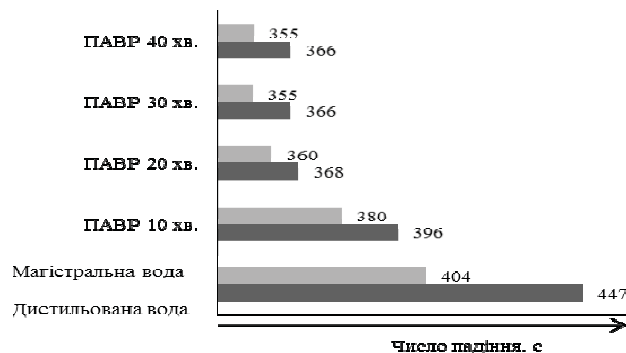
Нормативними документами, які регламентують якість пшеничного борошна, передбачено визначення показника числа падіння. Число падіння характеризує активність  $\alpha$ -амілази борошна за ступенем розрідження клейстеризованої в киплячій бані водно-борошняної суспензії.

Результати дослідження впливу ПАВР на показник числа падіння пшеничного борошна відображає рис. 1.

Проведені експериментальні дослідження показали, що використання дистильованої води, попередньо підданої дії контактної нерівноважної плазми, суттєво впливає на активність  $\alpha$ -амілази пшеничного борошна, знизивши показник числа падіння до 18 % у порівнянні з контролем. У разі використання ПАВР, отриманих шляхом обробки магістральної питної води, спостерігається зменшення значень показника до 12 %. Оцінка ймовірності отриманих даних експериментальних досліджень показала, що в обох випадках розчини, піддані дії контактної нерівноважної плазми протягом 20 – 40 хв., чинять однаковий вплив на активність  $\alpha$ -амілази борошна.

Проведені дослідження вказують, що, з одного боку, підвищення активності  $\alpha$ -амілази внаслідок використання ПАВР пов'язано з лужною реакцією їх середовища. З іншого боку, такі ефекти, очевидно, обумовлені структурними особливостями таких розчинів та наявністю в них високореакційних сполук. Порівняння результатів досліджень впливу розчинів, отриманих шляхом обробки дистильованої та магіст-

ральної води контактною нерівноважною плазмою, на активність  $\alpha$ -амілази борошна демонструє превалювання впливу особливої дрібнокластерної структури води та вмісту високореакційних сполук над характеристикою активності водневих іонів в плазмохімічно активованих водних розчинах. Очевидно, що зростання кількості мономолекул у рідкій фазі сприяє утворенню додаткових водневих зв'язків, що підвищує щільність і жорсткість молекули ферменту, для якої характерний високий ступінь впорядкованості структури.



**Рис. 1. Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на показник числа падіння пшеничного борошна**

Останнім часом за рахунок несприятливих кліматичних умов активність ферментативного комплексу пшеничного борошна часто є зниженою, що призводить до погіршення якісних характеристик хлібопекарських виробів. Застосування плазмохімічно активованих водних розчинів дозволить скорегувати характеристики сировини і сприятиме формуванню оптимальних умов для ферментативних процесів в тісті.

## **76. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ ПАРЕНХІМНИХ ТКАНИН ЯБЛУКА**

**Н.В. Дмитренко**

**В.А. Михайлик, канд. техн. наук**

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

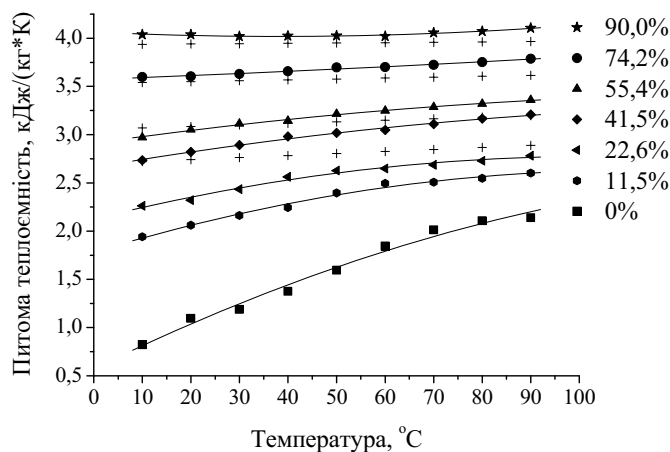
Теплові розрахунки сушіння рослинної сировини та оцінка його ефективності повинні ґрунтуватись на достовірних даних щодо поточних значень теплофізичних характеристик об'єктів зневоднення, зокрема питомої теплоємності. Досить добре дослідженими є теплоємності тканин свіжих плодів при нормальних умовах їх зберігання. Існуючі численні літературні данні щодо результатів експериментального визначення питомої теплоємності паренхімних тканин яблука не завжди задовольняють потреби при розрахунках у зв'язку зі звуженістю діапазонів досліджених температури та вологості. Необхідні для теплових розрахунків значення питомої теплоємності, якщо відсутні експериментальні дані, рекомендують розраховувати, використовуючи адитивність теплоємності. При цьому найбільш проблематичним є визначення теплоємності саме сухих речовини продукту, для чого необхідно точно знати його хімічний склад.

Керуючись потребами теплових розрахунків процесів одержання харчових порошоків ми провели дослідження теплоємності паренхімних тканин яблука сорту «Делікатес» в розширених діапазонах відносної вологості  $W$  і температури  $t$  ( $0 < W < 90\%$ ;  $10 < t < 90\text{ }^\circ\text{C}$ ) та порівняли їх з наявними довідниковими даними, отриманими для  $30 < W < 90\%$  і  $20 < t < 90\text{ }^\circ\text{C}$ .

Визначення теплоємності проводили за допомогою диференціального скануючого мікрокалориметра ДСМ-2М методом порівняння зі стандартним еталоном теплоємності — корундом. В роботі використовували тонкі ( $\sim 1\dots 2$  мм) зрізи паренхімних тканин яблука, нативні та підсушені, які герметично закривали у тонкі алюмінієві контейнери.

Отримані експериментальні залежності питомої теплоємності паренхімних тканин яблука показали, що теплоємність яблука складним чином залежить від зміни вологості та температури (рис.). Як виявили дослідження питомої теплоємності вологих тканин яблука не можна розраховувати по правилу адитивності, тому що вода і сухі речовини взаємодіють між собою.

Значення, що розраховані за формулою, наведеною у довіднику, задовільно співпали з отриманими нами лише при вологості яблука більшій ніж  $70\%$  — можливо тому, що з початку ця формула була призначена для розрахунку теплоємності яблучного соку.



+ — відповідні довідникові данні.

**Рис. 1. Залежність питомої теплоємності паренхімних тканин яблука від вологості і температури.**

В результаті математичної обробки експериментальних даних нами була отримана загальна аналітична залежність питомої теплоємності паренхімних тканин яблука сорту «Делікатес» від температури ( $10\dots 90\text{ }^\circ\text{C}$ ) і відносної вологості ( $11,5\dots 90\%$ ):

$$c_p(t, W) = 1,6053 + 2,626 \cdot 10^{-2} W + 9,27 \cdot 10^{-3} t - 9,2 \cdot 10^{-5} Wt,$$

яка цілком придатна для використання в теплових розрахунках процесу сушіння.



## **77. ЗАСТОСУВАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД**

**О.В. Люта, канд. техн. наук**

**Я.М. Гумницький, д-р техн. наук**

**Л.О. Венгер, канд. техн. наук**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Інтенсивний розвиток сільськогосподарського виробництва і на його основі харчових продуктів вимагає широкого застосування мінеральних добрив, засобів захисту рослин, пестицидів тощо. Таким чином відбувається щорічне кілька разове внесення мінеральних та органічних добрив для підвищення врожайності культур та покращення якості ґрунту. Проте крім позитивного ефекту збільшення врожайності, мінеральні добрива завдають великої шкоди ґрунтам та підземним водам шляхом швидкого їх розчинення і проникнення вертикальним профілем ґрунту до ґрунтових вод. Серед усіх видів добрив особливо цінними є азотні та калійні, які є добре розчинними у воді, що створює реальну загрозу їх вимивання у підземні водоносні горизонти.

Згідно з літературними даними, більше 40 % внесених мінеральних азотних добрив проникають нижче орного шару ґрунту і стають забрудниками ґрунту та ґрунтових вод. За рахунок того, що застосування азотних добрив відбувається по всій території України, збільшується кількість нітратів зафіксованих у відібраних пробах води із річок та криниць. Вода, яка містить нітрати у кількості, що перевищує граничнодопустиму концентрацію, є непридатною до споживання. Те саме стосується і продуктів харчування. Якщо добрива вносяться у надмірній кількості, із врахуванням можливих втрат, то перенасичення ґрунтового розчину в період внесення добрив сприяє швидкому насиченню продуктів харчування нітратами, а це вже створює загрозу отруєння для людей. На наступний рік залишається тільки 5 % від всього об'єму внесених гранульованих азотних та калійних добрив, що спричиняється постійним проникненням компонентів добрив вглиб ґрунту як конвективним, так і молекулярно-дифузійним шляхом.

Одним із можливих шляхів вирішення даної проблеми є застосування добрив пролонгованої дії, тобто капсульованих. Капсулювання добрив дає змогу отримати добрива із наперед заданими властивостями. Базуючись на особливостях регіону, типу ґрунту, клімату, властивостей сільськогосподарських культур можна розробляти капсульовані добрива із необхідною швидкістю вивільнення цільового компоненту із капсули.

На сьогоднішній день капсулювання дуже широко використовується у медицині, мікробіологічній промисловості тощо для отримання речовин із точним дозуванням у наперед заданих умовах вивільнення. Що стосується капсулювання добрив, то сучасні інноваційні технології дають змогу скорегувати дозування та швидкість вивільнення добрив із капсул для забезпечення рівномірного поступового постачання добрив до кореневої системи сільськогосподарських культур.

Регулювати швидкість вивільнення із капсул можна як за допомогою товщини оболонки, так і за допомогою внесення до складу полімерної оболонки легко-розчинної кристалічної речовини, яка після попадання у ґрунтове вологе середовище розчиняється з утворенням пор у оболонці капсули. Крім того повільне дозоване вивільнення добрива із капсули дозволяє звести до одного необхідність внесення добрив та забезпечить повноцінне живлення сільськогосподарських культур протя-

гом всього періоду вегетації. Це дозволяє одночасно виключити перенасичення ґрунтового розчину мінеральними добривами та мінімізувати надходження нітратів у продукти харчування.

Нами розроблені математичні моделі для опису молекулярно-дифузійного перенесення мінеральних добрив. Ці моделі враховують як чисто дифузійне проникнення, що відповідає осінньо-зимовому періоду, так і для весняно-літнього періоду, коли відбувається вегетація рослин.

Таким чином застосування капсульованих добрив дозволить зменшити екологічне навантаження від масового застосування мінеральних добрив у сільському господарстві, а також знизити собівартість готової продукції.

## **78. ГІДРОДИНМІКА ТА КІНЕТКА ПІД ЧАС СУШІННЯ КАВОВОГО ШЛАМУ**

**І.О. Гузьова, канд. техн. наук**

**В.М. Атаманюк, д-р техн. наук**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Під час виробництва розчинної кави підсмажені кавові зерна подрібнюють з наступним екстрагуванням розчинних речовин. При цьому основна кількість (70 – 75 %) є відходи — кавовий шлам. Переробка відходів виробництва розчинної кави (кавового шламу) потребує значних затрат, тому їх утилізують шляхом вивозу на звалища, чим забруднюється довкілля. Однак, можливі різноманітні шляхи використання його як цінної вторинної сировини в багатьох галузях промисловості, а саме в парфумерній, медичній, харчовій.

Як відомо, із вологого матеріалу процес вилучення органічних речовин важко реалізувати. Тому для подальшої переробки кавового шламу, його необхідно сушити до вологості меншої за 8 %.

З метою зменшення собівартості отриманих з кавового шламу цільових продуктів важливим є вибір методу сушіння, який би дав змогу зменшити енергетичні затрати на процес висушування та виключити забруднення довкілля.

Нами запропонований фільтраційний метод сушіння кавового шламу, суть якого полягає у профільтруванні теплового агенту в напрямку вологий матеріал — перфорована перегородка. Тому метою даної роботи є вивчення гідродинаміки та кінетики сушіння кавового шламу. У зв'язку з тим, що фільтраційне сушіння носить зональний характер і в шарі одночасно знаходяться сухий і вологий матеріал, першим етапом дослідження фільтраційного сушіння є вивчення гідродинаміки стаціонарного шару сухого і вологого матеріалу. Для узагальнення експериментальних даних з гідродинаміки стаціонарного шару сухого кавового шламу користувались методом теорії подібності для випадків зовнішньої та внутрішньої задачі гідродинаміки.

Залежно від інтерпретування дослідних даних через зовнішню або внутрішню задачі число  $Re$  та геометричний симплекс матимуть різні значення. Визначальним лінійним розміром для випадку зовнішньої задачі приймали усереднений діаметр частинок  $d_c$ , а внутрішньої — діаметр каналів  $d_e$ , через які фільтрується тепловий агент.

Для знаходження функціональної залежності між числом Ейлера, Рейнольдса і геометричним симплексом використовували графоаналітичний метод. Узагальнення експериментальних даних дало змогу отримати такі розрахункові залежності:

$$- \text{ для зовнішньої задачі: } Eu = 50 \cdot \frac{H}{d_c} \cdot Re_c^{-0,18} \cdot \left( \frac{d_c}{D_a} \right)^{0,67} ;$$

$$- \text{ для внутрішньої задачі: } Eu = 10 \cdot \frac{H_c}{d_c} \cdot Re_c^{-0,2} \cdot \left( \frac{d_q}{D_a} \right)^{0,67};$$

Вказані залежності справедливі в межах  $2 \cdot 10^{-3} \leq d_q/D_a \leq 9 \cdot 10^{-2}$ ,  $0 < Re_c \leq 1600$ ,  $0 < Re_c \leq 2000$ .

Для узагальнення кінетики процесу фільтраційного сушіння кавового шלאму представлено експериментально-аналітичні методи дослідження тепло- і масообміну. Коефіцієнти тепловіддачі від теплового агента до сухого дисперсного матеріалу за різних швидкостей фільтрування визначали за законом конвективного теплообміну Ньютона. Коефіцієнт тепловіддачі до вологого матеріалу, що відповідає сушінню у I періоді, визначили з кінетичного рівняння сушіння. Узагальнення проводили на основі функціональної залежності між критеріями подібності, представивши експериментальні дані у вигляді  $Nu/Pr^{0,33} = f(Re_c)$

Розрахункова залежність для визначення коефіцієнта тепловіддачі від теплового агента до частинок кавового шלאму матиме вигляд:

$$- \text{ для сухого } Nu = Re_c^{0,9} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left( \frac{d_q}{D_a} \right)^{0,67},$$

$$- \text{ для вологого } Nu = 0,14 \cdot Re_c^{0,9} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left( \frac{d_q}{D_a} \right)^{0,67}$$

Нами встановлена аналогія між зовнішнім теплообміном шару вологого матеріалу і масообміном у стаціонарному шарі під час фільтраційного сушіння кавового шלאму:

$$\beta = \frac{\alpha}{c \cdot \rho} \cdot Le^{2/3},$$

Це дає змогу визначити коефіцієнт масовіддачі  $\beta$  через відомий коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$ .

Узагальнення результатів експериментальних і теоретичних досліджень гідродинаміки і тепломасообміну під час фільтраційного сушіння кавового шלאму дало змогу запропонувати конструкцію сушильної установки захищеною патентом України.

## **79. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ВИХРЕВОГО СУШИЛЬНОГО АППАРАТА**

**А.В. Акулич, д-р техн. наук**

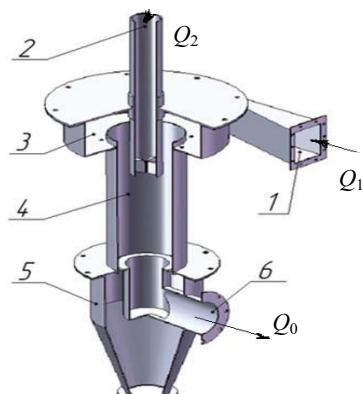
**В.М. Лустенков, канд. техн. наук**

**О.А. Хомичук, А.А. Акулич**

*Могилевский государственный университет продовольствия*

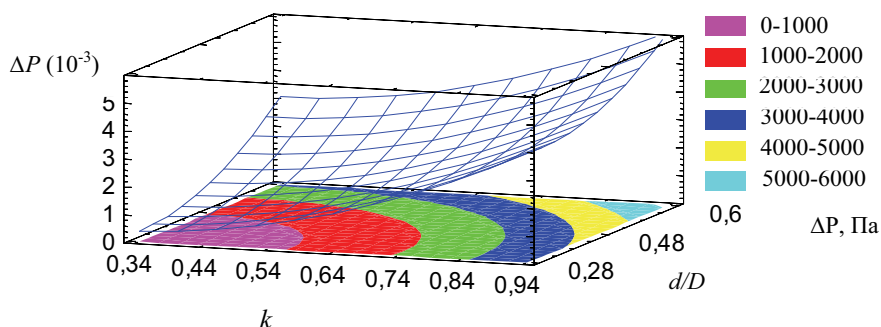
От способа сушки, типа сушильного оборудования и совершенства его конструкции зависят технико-экономические показатели процесса и качество готового продукта. Эффективность процесса определяется гидродинамической обстановкой в зоне сушки (сушильной камере), повышение активности которой возможно в условиях взаимодействия закрученных потоков. К оборудованию, в котором реализуется данный принцип, относятся комбинированные сушильные аппараты вихревого типа.

В работе представлены результаты исследования гидравлического сопротивления прямогокомбинированного вихревого сушильного аппарата на основе закрученных потоков для сушки пищевых дисперсных материалов (рисунок 1). Отличительной особенностью данного аппарата является совмещение процесса сушки в плоской вихревой камере с последующим улавливанием высушенного материала в условиях взаимодействия двух закрученных потоков, движущихся в одном направлении.



**Рис. 1. Общий вид комбинированного вихревого сушильного аппарата**

1 — патрубок периферийного потока подачи газозвеси; 2 — патрубок центрального потока подачи чистого воздуха с завихрителем; 3 — плоская вихревая камера; 4 — цилиндрическая камера центробежного отделения; 5 — бункер уловленного материала; патрубок выхода очищенного воздуха



**Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления комбинированного вихревого сушильного аппарата от  $k$ ,  $d/D$  при  $h/H = 2,24$  и  $Q_0 = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$**

Аппарат работает следующим образом. В патрубок периферийного потока 1 тангенциально подается газозвесь (воздух + частицы влажного материала), которая вращается в плоской вихревой камере 3 в виде кольцевого слоя. Высушиваемый материал удерживается центробежными силами во вращающемся кольцевом слое. При этом происходит сушка, а по мере ввода определенного количества влажного материала, уже высушенный перемещается к внутренней части кольцевого слоя и поступает в цилиндрическую камеру центробежного отделения 4. В ней за счет энергии центрального потока чистого воздуха, подаваемого через патрубок центрального потока 2 частицы под действием центробежных сил прижимаются к стенкам камеры 4 и поступают в бункер уловленного материала 5, а очищенный воздух выводится из аппарата через патрубок выхода очищенного воздуха 6.

Исследована зависимость гидравлического сопротивления  $\Delta P$  (Па), от кратности расхода  $k$ , отношения высоты установки патрубка центрального потока к высоте вихревой камеры  $h/H$  и отношения диаметра патрубка центрального потока к диаметру камеры центробежного отделения  $d/D$  при постоянных значениях общего объемного расхода газа  $Q_0 = Q_1 + Q_2$  (рисунок 2).

Определено, что увеличение кратности расхода и общего расхода газа приводят к росту гидравлического сопротивления в аппарате. Так при  $k = 0,35$ ,  $Q_0 = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$  гидравлическое сопротивление минимально и составляет  $\Delta P = 520$  Па. При увеличении расхода газа до  $Q_0 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$   $\Delta P$  достигает 1300 Па. Увеличение  $k$  до 0,8 при  $Q_0 = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$  приводит к росту  $\Delta P$  до 2480 Па, а при  $Q_0 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$  –  $\Delta P = 3000$  Па. Установлено, что с увеличением  $d/D$  также наблюдается рост  $\Delta P$ . Так при  $d/D = 0,28$  и  $k = 0,8$  –  $\Delta P = 2000$  Па, а при  $d/D = 0,53$  –  $\Delta P = 3500$  Па.

Полученные результаты положены в основу методики инженерного расчета аппаратов данного типа.

## 80. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ОБЖАРОЧНОМ АППАРАТЕ РОТАЦИОННОГО ТИПА С ВЫТЕСНИТЕЛЕМ

А.В. Буглак

А.В. Акулич, д-р техн. наук

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»

Обжарочные аппараты ротационного типа широко используются в кондитерской промышленности, для тепловой обработки таких продуктов как арахис, миндаль, фундук и др. Основным рабочим органом является вращающийся барабан. Он выполняет функцию передачи тепловой энергии от стенки к продукту, и в нем при вращении протекает процесс перемешивания. Избыточная загрузка аппарата обрабатываемым материалом приводит к снижению эффективности теплообмена. При этом в процессе перемешивания ухудшается структура потока, что снижает интенсивность теплообмена, образуются застойные зоны.

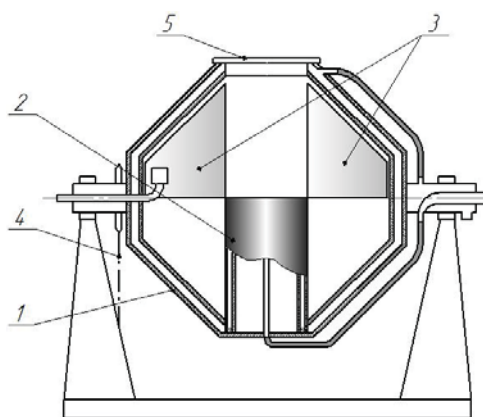
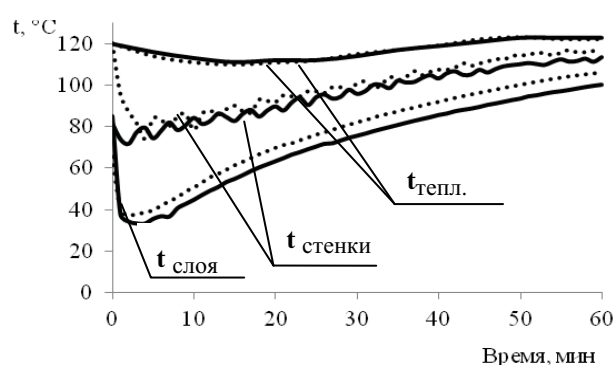


Рис. 1. Схема обжарочного аппарата ротационного типа с вытеснителем

В работе разработан обжарочный аппарат ротационного типа с вытеснителем (рисунок 1). Он состоит из барабана 1, вытеснителя 2, лопастей 3, привода 4, устройства загрузки и выгрузки 5. Барабан аппарата снабжен рубашкой и выполнен в виде двух усеченных конусов, сочлененных большими основаниями с цилиндром. Новизной конструкции является наличие вытеснителя цилиндрического типа с лопастями, который позволяет использовать свободное пространство барабана. Вытеснитель также снабжен рубашкой. Промежуточным теплоносителем является высокотемпературный теплоноситель (например, машинное масло), которое нагревается трубчатыми электронагревателями. Исследован температурный режим в рабочей камере аппарата с обогреваемой и не обогреваемой поверхностью вытеснителя. Для этого в аппарате установлены термопары на входе и выходе теплоносителя, на внутренней поверхности барабана и наружной — вытеснителя, а также в слое обрабатываемого продукта.

Как видно из зависимостей (рисунок 2) слой материала в аппарате с обогреваемым вытеснителем прогревается быстрее. Так время прогрева материала до  $100^{\circ}\text{C}$  в аппарате с обогреваемым вытеснителем в 1,2 раза меньше, чем с не обогреваемым. Это достигается за счет увеличения поверхности обогрева, а также за счет изменения структуры потока перемешиваемого материала, что увеличивает коэффициент теплоотдачи от поверхности барабана и вытеснителя к продукту.



••• — с обогреваемым вытеснителем; --- — с не обогреваемым вытеснителем

**Рис. 2. Изменение температурного режима теплоносителя, стенки и слоя продукта во времени при 50%-ой загрузке барабана**

Предложенная конструкция аппарата позволяет сократить время тепловой обработки и снизить затраты энергии.

## **81. СПОСОБ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ЯГОД С ПРОКАЛЫВАНИЕМ**

**А.В. Акулич, д-р техн. наук**

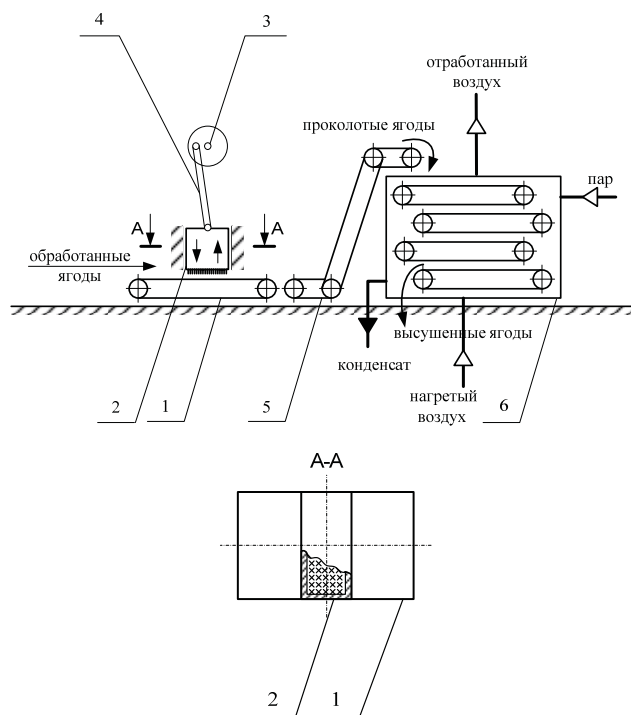
**Л.А. Гостиинщикова**

*УО «Могилевский государственный университет  
продовольствия»*

В настоящее время для сушки различных ягод чаще всего применяется ленточные конвейерные сушилки, в которых ягоды продуваются нагретым воздухом. Однако данные сушильные установки обладают рядом недостатков, одним из кото-

рых является низкая интенсивность внешнего и внутреннего влагообмена при сушке. Это обусловлено большим внутридиффузионным сопротивлением оболочки (кожуры) ягод (часто ягоды имеют также восковое покрытие). Особенность сушки ягод заключается в том, что при интенсивном внешнем теплоподводе растет внутреннее давление и это приводит к разрыву поверхностных слоев и в конечном итоге к браку.

Способ сушки ягод в предлагаемом устройстве (рисунок 1), позволяющий устранить этот недостаток, осуществляют следующим образом. Ягоды после предварительной подготовки подают на горизонтальный сетчатый конвейер 1 и располагают в один слой.



**Рис. 1. Способ сушки ягод и устройство для его осуществления**

Над сетчатым конвейером расположена каретка с иглами 2, которая совершает возвратно-поступательные движения в направлении, перпендикулярном его поверхности. Вертикальное перемещение каретки осуществляется от электропривода 3, подключенного к ней через кривошипно-шатунный механизм 4. Ягоды движутся по конвейеру 1, проходят под кареткой с иглками 2, диаметр которых 0,1 – 0,5 мм. При этом они подвергаются прокалыванию по наружной поверхности на глубину 0,1 – 0,4 эквивалентного диаметра. Глубина прокалывания ягод определяется амплитудой колебаний каретки с иглками 2 и диаметром ягод. При одной и той же амплитуде колебаний глубина прокалывания ягод различна и зависит от их диаметра. Так, для крупных ягод глубина прокалывания не более 0,4 диаметра ягоды, а для мелких — не менее 0,1 диаметра ягоды. Количество отверстий (проколов) определяется частотой колебания каретки с иглками 2. Проколотые по наружной поверхности ягоды подают транспортером 5 на верхнюю ленту в ленточную сушилку 6. В сушилке ягоды могут располагаться в один или несколько слоев. Ягоды после-

довательно проходять все ленты в сушилке, пересыпаясь с одной на другую сверху вниз, высушиваясь до конечной влажности за счет продувки слоя нагретым воздухом. Воздух подается снизу вверх в поперечном направлении к лентам.

Предлагаемый способ реализован в лабораторных условиях для таких ягод, как красная и черная смородина, крыжовник. По результатам проведенных исследований построены кривые сушки и скорости сушки. Установлено, что применение нового способа позволяет сократить время сушки красной смородины в 1,4 раза, черной смородины — в 1,45 раза, крыжовника — в 1,27 раз. Скорость сушки проколотых ягод предлагаемым способом возрастает на 17 – 57 %, по сравнению с традиционным способом, а предлагаемые способ и устройство позволяют интенсифицировать процесс сушки за счет создания искусственных каналов для транспорта водяных паров с внутренних слоев ягоды. На разработанный способ сушки ягод и устройство для его осуществления получен патент РФ.

## **82. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ВІД ФОСФАТІВ**

**Я.М. Гумницький, д-р техн. наук**

**В.В. Сабадаш, канд. техн. наук**

**О.В. Сидорчук**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Частка виробничих потужностей підприємств харчової промисловості складає понад 20 % від усієї промислової продукції, що виробляється в Україні.

Застосування адсорбційних методів дозволяє очищати промислові стічні води від ряду забруднюючих речовин, зокрема фосфатів, вміст яких у стічних водах підприємств харчової промисловості змінює рН у межах від 3,7 до 9,8. Як сорбційні матеріали широко застосовують цеоліти.

Попередні дослідження сорбції фосфатів вказують на вплив рН на сорбційну ємність цеоліту. В області вихідних концентрацій 5 – 280 мг/л ізотерми сорбції ортофосфорної кислоти та калій дигідрофосфату практично ідентичні, проте зі збільшенням концентрації вихідних розчинів  $\text{KН}_2\text{PО}_4$   $\text{P}_2\text{O}_5$  поглинається менше порівняно з кількістю поглинутих фосфатів з розчину ортофосфорної кислоти. Як було показано, це пояснюється dealюмуванням цеоліту під впливом  $\text{H}^+$ . Чим менше значення рН, тим краще проходить dealюмування цеоліту. рН  $\text{H}_3\text{PО}_4$  під час адсорбції зі збільшенням концентрації різко зменшується, на відміну від розчину  $\text{KН}_2\text{PО}_4$ , рН якого більше, ніж кислоти, але менше 7. До адсорбції значення середовища рН розчину  $\text{H}_3\text{PО}_4$  становить 3,9 і після 5,8. При адсорбції значення середовища рН розчину  $\text{KН}_2\text{PО}_4$  становить 4,8 і після 6,2. Очевидно, збільшення рН середовища спричинене заміщенням  $\text{Na}^+$  у цеолітовій решітці на  $\text{H}^+$ . Тому при збільшенні концентрації вихідних розчинів  $\text{KН}_2\text{PО}_4$  поглинається менше за ортофосфорну кислоту.

рН досліджуваних розчинів дво- та три заміщених фосфатів змінюється практично однаково в області низьких концентрацій  $\text{pH} < 7$ , а при збільшенні концентрації встановлюється рівновага і відбувається заміщення калію на натрій та кальцій. Зменшення рН дво- та три заміщених фосфатів пояснюється тим, що за своєю природою дані солі мають лужну реакцію. При поглинанні цеолітом певної кількості фосфатів (з утворенням нерозчинних фосфатів кальцію, алюмінію, і т.п.) у розчині



буде зменшуватися кількість іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  та  $\text{HPO}_4^{2-}$  за рахунок зміщення рівноваги реакції дисоціації вліво, що відповідно призведе до зменшення рН.

Дослідження показали, що цеоліт відносно фосфатів проявляє амфотерні властивості. Крім того при поглинанні фосфатної кислоти спостерігалось різке збільшення поглинальної здатності цеоліту в діапазоні  $\text{pH} > 2,5$ . Як було сказано вище, це може свідчити про вимивання алюмінію з кристалічної ґратки та руйнування верхнього шару відпрацьованого цеоліту, при якому вступає в реакцію нижній шар сорбенту. В такому випадку можна було б очікувати на виявлення алюмінію в розчині після адсорбції фосфатів. Але це можливе лише при утворенні колоїдних частинок фосфату алюмінію. Дослідження концентрації вилученого алюмінію з цеоліту при поглинанні фосфатів здійснювали за стандартною методикою. Було встановлено, що алюміній в процесі адсорбції не виділявся в досліджуваній розчин.

Для з'ясування кількостей поглинутих фосфатів за механізмом фізичної адсорбції ми провели дослідження десорбції  $\text{P}_2\text{O}_5$  відповідно до методики. В результаті експерименту було встановлено, що кількість десорбованого фосфат іону є меншою за поріг чутливості методу і є близькою до 0. Причому в промивних водах цеоліту також було виявлено лише сліди фосфатів.

Крім того відсутність фосфатів у досліджуваному розчині після десорбції свідчить про зв'язування фосфатів цеолітом за механізмом хімічної адсорбції з утворенням нерозчинних сполук. Даний експеримент підтверджує також висновки щодо утворення фосфатів алюмінію в порах цеоліту.

Отже природні цеоліти є достатньо ефективними сорбентами щодо фосфатів і можуть застосовуватися для очищення промислових стічних вод харчової та переробної промисловості, які мають підвищену кислотність.

### **83. СОНЯЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ АПАРАТІВ З РУХОМОЮ НАСАДКОЮ**

**В. П. Данько**

*Донецький національний університет економіки  
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

**А.В. Дорошенко, д-р техн. наук**

*Одеська державна академія холоду*

В останні роки у світовій сонячній енергетиці відзначається високий інтерес до розробки сонячних холодильних систем (СХС). Випарне охолодження газів і рідин ефективно при порівняно невисокому вологовмісті зовнішнього повітря  $x_r < 12 - 12,5$  г/кг, тобто в умовах сухого і жаркого клімату. У випадку, коли  $x_r > 12,5$  г/кг в якості перспективного доцільно використовувати осушувально-випарний принцип організації роботи охолоджувача, який заснований на попередньому осушенні повітряного потоку.

Для створення нового покоління сонячних холодильних систем СХС перспективно використання абсорбційного циклу відкритого типу з непрямую регенерацією сорбенту, що полягає в попередньому осушенні повітря і подальшому його використанні для випарного охолодження води. Розроблені нові схемні рішення для альтернативних (сонячних) систем СХС, в яких реалізується процес випарного охолодження води в градирні, яка подається в систему водо-повітряних теплообмінників, розташованих безпосередньо в приміщенні з кондиціонером, або охолоджуваному об'єкті.

Розроблено принципи конструювання тепломасообмінних апаратів для альтернативних систем (абсорбера-осушувача АПН, десорбера-регенератора ДПН і випарних охолоджувачів води ГПН) з використанням рухомої псевдозрідженої насадки ПН і створені базові варіанти таких тепломасообмінних апаратів в одно- і багатоярусному розташуванні рухомої насадки на опорно-розподільних решітках ОПР, які виконані у вигляді теплообмінників з каналами регулярної (впорядкованої) структури. Слід зазначити, що при роботі відкритих систем і, особливо, при використанні розчинів абсорбентів, питання про стійкість роботи тепломасообмінних апаратури СХС в осушувальному та охолоджувальному контурах набуває принципове і визначальне значення. У цій частині дослідження використано теоретичні та експериментальні результати робіт, які раніше виконані в ОДАХ при створенні вентиляторних градирень і повітроохолоджувачів з рухомою насадкою, а також практичний досвід експлуатації таких ТМА практично на всій території колишнього СРСР.

Для сонячної системи, яка забезпечує роботу десорбера-регенератора ДПН, розроблено принципи конструювання метало-полімерних рідинних сонячних колекторів СК/М-П на основі теплоприймача з багатоканальної тонкостінної алюмінієвої плити і прозорим покриттям з багатоканальної тонкостінної плити полімеру (полікарбонату) в варіантах з одним та двома прозорими покриттями ПП. В якості експериментального методу вивчення робочих характеристик розроблених СК був прийнятий метод прямих порівняльних випробувань, при якому порівнюються характеристики двох варіантів СК з подальшим зіставленням результатів за тестовими міжнародними методиками (DIN V 4757-3). Розроблене експериментальне обладнання дозволяло проводити натурні дослідження з урахуванням змінних інтенсивності сонячного випромінювання, і кліматичних параметрів — температури, хмарності та вітронавантаження, а також прямих порівняльних випробувань в літній та осінньо-весняний періоди року.

Виконано попередній розрахунковий аналіз характеристик СХС в широкому діапазоні початкових умов, що підтвердив можливість створення таких систем та їх високі характеристики.

#### **84. ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ МАТЕРИАЛА В ОБЪЕМЕ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ**

**А.В. Евдокимов**

*Могилевский государственный университет  
продовольствия*

Тепловое воздействие на зерно в процессе термомеханической обработки, при определенных условиях, оказывает отрицательное влияние на технологические свойства зерна, вследствие денатурации белков и влечет за собой снижение хлебопекарных качеств, и потерю части биологически ценных элементов. Контроль времени пребывания зерновых материалов в зоне высоких температур, является важной технологической задачей. Время пребывания материала в установке неразрывно связано с её удерживающей способностью, которая является важнейшей характеристикой оборудования.

Под удерживающей способностью  $q_0$  понимают максимальное количество материала с известной плотностью частиц, которое может находиться во взвешенном состоянии в аппарате при данном расходе газа.

Объектом исследования принято пророщенное зерно ржи, которое обрабатывалось в сушилке-диспергаторе при температуре сушильного агента 80 – 100 °С. Основной частью конструкции сушилки—диспергатора является вихревая камера со встроенным роторным измельчителем, выполненным в виде пакета ножей. Данная установка позволяет совмещать в одном рабочем объеме процессы измельчения и сушки высоковлажных пищевых материалов.

Исследования по определению удерживающей способности установки проводили при различных параметрах процесса термомеханической обработки: начальной влажности материала, температуры сушильного агента, частоты вращения роторного измельчителя и производительности установки по готовому продукту.

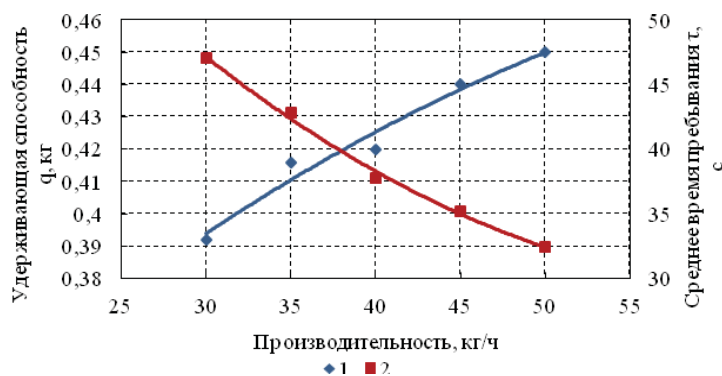
Опыты проводили в следующей последовательности. Перед началом процесса термомеханической обработки определяли необходимый технологический режим работы и выводили на него установку. Подготовленный материал непрерывно подавали в установку посредством шнекового питателя. Удерживающую способность определяли методом мгновенной «отсечки» питания, т.е. путем одновременного прекращения подачи продукта в установку и одновременного прекращения поступления материала в приемный бункер. Материал, оставшийся в камере, взвешивали.

Среднее время пребывания частиц в установке  $\tau$  (с), определяли опытным путем по величине удерживающей способности аппарата по твердой фазе  $q_0$  (кг):

$$\tau = \frac{q_0}{G} \quad (1)$$

где  $G$  — часовая производительность установки по готовому продукту, кг/ч.

На рисунке 1 представлена графическая зависимость удерживающей способности и среднего времени пребывания от производительности установки при следующих параметрах процесса: температура сушильного агента  $t = 100$  °С, начальная влажность материала  $W_n = 39$  %, частота вращения роторного измельчителя  $n = 1845$  об/мин.



1 — удерживающая способность; 2 — среднее время пребывания

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что при увеличении температуры сушильного агента наблюдается уменьшение удерживающей способности, и уменьшение соответственно, среднего времени пребывания. С увеличением частоты

вращения роторного измельчителя (при одинаковой температуре сушильного агента) наблюдается уменьшение удерживающей способности, и уменьшение, соответственно, среднего времени пребывания. Увеличение начальной влажности материала ведет к увеличению удерживающей способности и увеличению среднего времени пребывания.

Среднее время пребывания материала в установке при различных технологических параметрах процесса составляет от 27 до 65 с, а удерживающая способность 0,35 – 0,6 кг.

## 85. РАЗДЕЛЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ НА ФРАКЦИИ

М.А. Киркор, канд. техн. наук

Р.В. Махлов

И.Н. Никитин

*Могилевский государственный университет  
продовольствия*

В настоящее время в пищевой промышленности все большее применение находят продукты, находящиеся в порошковом состоянии. В частности, в кондитерском производстве более широкое применение находит какао-порошок, полученный из какао-бобов. В этом случае невозможно обойтись без стадий измельчения и разделения полученного порошка на фракции, что обусловлено требованиями к максимальному размеру частиц в готовом продукте.

С целью получения тонкодисперсного порошка какао-бобов и определения оптимальных режимов работы классификатора были проведены экспериментальные исследования по измельчению и классификации. Опыты проводились при постоянной производительности установки, равной 25 кг/ч по готовому продукту. Изменение частоты вращения осуществлялось в диапазоне от 1980 об/мин до 2700 об/мин. Регулирование частоты вращения крыльчатки проводилось с шагом 180 об/мин.

В результате экспериментов были получены тонкодисперсные порошки, гранулометрические составы которых в виде дифференциальных кривых представлены на рисунке 1.

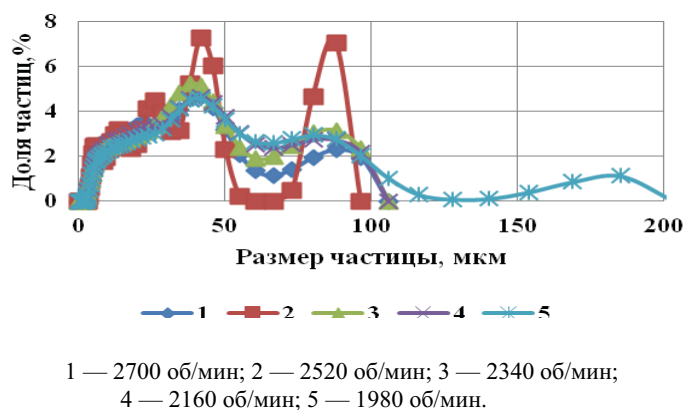


Рис. 1. Гранулометрические составы полученных порошков

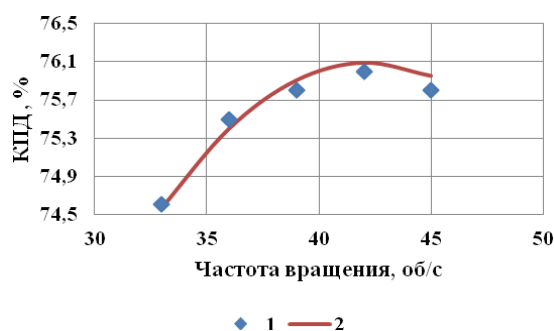
Для определения одной из важнейших качественных характеристик работы классификатора (КПД) данные кривые были последовательно преобразованы в интегральные кривые полных остатков, а затем — в интегральные кривые полных остатков, представленных в безразмерном виде. В качестве параметра перевода интегральных кривых в безразмерный вид был использован медианный размер частиц полученных порошков.

После всех преобразований по выражению (1) определялось значение КПД классификатора

$$\eta = \int_0^1 \phi(\delta') d\delta' . \quad (1)$$

где  $\phi(\delta')$  — функция, описывающая интегральную кривую в безразмерном виде.

В результате обработки экспериментальных данных были получены значения КПД классификатора в зависимости от частоты вращения его крыльчатки, а также выражение (2), описывающее эту зависимость. Сравнение экспериментальных и расчетных данных представлено на рисунке 2.



1 — эксперимент; 2 — расчет по выражению (2).

Рис. 2. Зависимость КПД классификатора от частоты вращения

$$\eta = -0,018n^2 + 1,52n + 44. \quad (2)$$

## 86. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКОГО ЦИКЛІЧНОГО ТИСКУ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ І ДИСПЕРСІЙНІСТЬ ВЕРШКОВОГО МАСЛА

В.О. Сукманов, д-р техн. наук

С.В. Громов

*Інститут харчових виробництв Донецького  
національного університету економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського*

Вершкове масло (ВМ) являє собою полідисперсну, багатофазну і багатокомпонентну систему змінного складу.

Фізичні властивості ВМ визначаються переважно його структурою і ступенем дисперсності його компонентів. З останнім тісно пов'язані консистенція, смак, колір, стійкість масла при зберіганні та інші споживчі властивості. Чим краще будуть дисперговані компоненти масла (жир, волога, бульбашки повітря), тим виразніший смак масла.

Багато властивостей ВМ значною мірою визначаються його фізичною структурою. Найбільш важливою властивістю є стійкість масла при зберіганні. Зазначена здатність масла особливо тісно пов'язана з водною фазою, а саме зі ступенем її дисперсності і відносною кількістю капсульованої вологи. Встановлено наявність тісної залежності між стійкістю масла під час зберігання при мінусовій температурі та підвищенням ступеня дисперсності водної фази ( $r = +0,75$ ), а також збільшенням вмісту капсульованої вологи ( $r = +0,79$ ). Ступінь дисперсності водної фази показав виражену кореляцію ( $r = +0,72$ ) також з органолептичною оцінкою після двох тижнів зберігання масла при  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поява гіркої присмаку у витриманому при  $21 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  маслі була прискорена в 6 – 7 разів у результаті незначного збільшення кількості некапсульованої вологи, тобто підвищення ступеня безперервності водної фази. Між двома названими показниками водної фази існує тісний кореляційний зв'язок ( $r = +0,84$ ).

Таким чином, знання структури ВМ, яка описується низкою дисперсних характеристик систем та їх залежності від дії різних факторів, має дуже важливе наукове й практичне значення в сучасних харчових технологіях.

Для отримання повної картини розподілу частинок у дисперсних системах за розмірами був використаний метод оптичної мікроскопії, оснований на безпосередньому візуальному вивченні окремих частинок досліджуваної фази — визначенні їх числа, форми і розмірів.

При виробництві ВМ з використанням високого циклічного тиску (ВЦТ) технологічні параметри цього процесу (кількість циклів навантаження —  $n$ ; максимальне значення тиску в кожному циклі —  $P_{\text{max}}$ , МПа; швидкість підйому і скидання тиску —  $v_{\text{н}\uparrow}$ ,  $v_{\text{н}\downarrow}$ , МПа/с, температура процесу —  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) багато в чому визначають структуру масла і якість одержуваного продукту.

Обробка ВМ ВЦТ проводилася на дослідному комплексі для обробки і дослідження впливу високого тиску на харчові продукти в проблемній лабораторії «Використання високого тиску в харчових технологіях» ДонНУЕТ.

Процедура комп'ютерного аналізу дисперсних систем, якими є мікрофотографії зразків продуктів, включає виявлення, розпізнавання, фільтрації, виділення і розпізнавання бінарних зображень, які містять досить велике число частинок малого розміру, виконаних з застосуванням мікроскопа.

Відповідно до прийнятої в аналізі бінарних систем зображень, ВМ було віднесене до систем з контурним зображенням, що містить зображення меж силуетного зображення у вигляді замкненої лінії, яка несамоперетинається з точками однакової яскравості, кольору й інтенсивності забарвлення. Для обробки отриманих зображень у програмі використані дискретні ланцюги Маркова — найбільш зручні та ефективні математичні моделі бінарних зображень.

На першому етапі аналізу фотографій мікроструктури аналізованих зразків була використана селекція об'єктів за належністю до одного із структурних елементів складових вершкового масла: жирові кульки, частинки вологи і бульбашки повітря. Для візуальної ідентифікації жирових кульок був використаний барвник «судан 4». Частинки вологи і бульбашки повітря розрізнялися між собою за переважанням сірих і жовтуватих відтінків на мікрофотографіях. Використання відповідних кольорних фільтрів дозволило розділити аналізовані частинки ВМ з високим ступенем вірогідності.

На другому етапі була здійснена селекція об'єктів за площею, при якій відбираються тільки ті об'єкти, які виділені відповідно до прийнятого діленням об'єктів і площа яких знаходиться у межах від  $S_{min}$  до  $S_{max}$ . Аналогічним чином проводився аналіз виділених об'єктів за всіма прийнятими показниками.

Просторова площа була визначена за формулою:  $S = \sum_{i=1}^N i$ , ( $N$  — кількість одиничних площ;  $i$  — поточний номер одиничної площі). Просторовий периметр:  $P = \sum_{i=1}^N i$ , ( $N$  — кількість одиничних довжин за периметром;  $i$  — поточний номер одиниці довжини за периметром). Заокругленість:  $\alpha = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2}$ . Подовженість:  $\beta = \frac{d_{max}}{d_{min}}$ , ( $d_{max}$  —

найбільший розмір;  $d_{min}$  — найменший розмір). Діаметр Фере частинок, під яким розуміли діаметр умовної сферичної частинки, що має однаковий обсяг з частиною

складної форми:  $D_F = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$ , ( $S$  — площа проєкцій частинок у полі зору мікроскопа).

Компактність:  $\gamma = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} / d_{max}$ . Еквівалентний діаметр:  $D_{Eq} = \sqrt{d_{max} \cdot d_{min}}$ .

Як об'єкти дослідження були прийняті зразки вершкового масла жирністю 72,5 %, оброблені ВЦТ при температурі  $12 \pm 0,5$  °C. Була вивчена мікроструктура масла, обробленого при таких параметрах процесу:

– Зразок 1 –  $P_{max} = 320$  МПа,  $n = 5$ ;  $v_{и\uparrow} = 1$  МПа/с,  $v_{и\downarrow} = 5$  МПа/с;

– Зразок 2 –  $P_{max} = 320$  МПа,  $n = 4$ ;  $v_{и\uparrow} = 10$  МПа/с,  $v_{и\downarrow} = 5$  МПа/с.

Тривалість ділянок циклограми у крайніх нижній і верхній точках – по 30 с.

Контрольний зразок масла виготовлений відповідно до діючих на Мар'їнському молокозаводі ВАТ «Лактіс» ТУ.

У результаті досліджень були отримані такі характеристики дисперсності ВМ: гістограми, що згладжують функції розподілу і середнє значення параметрів площі, периметра, діаметра Фере, подовження і округлості, округлості жирових кульок, частинок вологи і бульбашок повітря у досліджуваних зразках.

Аналіз отриманих результатів дозволив констатувати такі зміни в дисперсних характеристиках жирових кульок. Кількість жирових кульок в оброблених ВЦТ зразках ВМ дещо збільшилася (на 0,9 і 1,0 % відповідно для зразка 1 і 2 порівняно з контрольним зразком), що свідчить про диспергування (дроблення) жирових кульок під дією ВЦТ. Середня площа жирових кульок у зразках 1 і 2 зменшилася на 4,6 і 8,7 %, що свідчить про зменшення обсягу жирових кульок під дією ВЦТ. Однак периметр жирових кульок у зразках 1 і 2 зменшився на 18 і 21,9 %. Наведені цифри можуть бути пояснені тим, що ВЦТ приводить до зміни форми жирових кульок, при яких вони набувають більш правильну округлу форму. Це підтверджує параметр округлості жирових кульок, який у зразках 1 і 2 зріс відповідно на 5,3 і 9 %. Зріс параметр компактності на 4,7 і 7,1 % і знизився параметр подовженості на 13,0 і 10,1 %.

Таким чином, обробка ВМ ВЦТ приводить до дроблення його жирових кульок, підвищення їх компактності, вони набувають більш правильну округлу форму.

Середня кількість частинок вологи після обробки ВЦТ зразків 1 і 2 зменшилася на 1 %, однак їх середня площа зменшилася на 16,8 і 15,0 % відповідно. При цьому середнє значення їх периметра зменшилося на 14,8 і 21,5 %, а діаметр Фере зменшився на 21,4 і 25,7 % відповідно. У контрольних зразках ВМ середнє значення

діаметра Фере (еквівалентний діаметр) дорівнює 3,98 мкм. Параметр подовженості знизився на 10,3 і 14,1 %; параметр округлості зріс на 28,3 і 27 % відповідно і компактність частинок вологи зросла на 1,2 і 8,3 %.

Таким чином, ВЦТ приводить до підвищення дисперсності ВМ, що сприяє підвищенню його споживчих властивостей, зниження швидкості окислювальних процесів і зниження швидкості розвитку патогенної мікрофлори в ВМ.

Обробка ВЦТ приводить до суттєвого зменшення кількості бульбашок повітря: на 36,9 і 34,5 % для зразків 1 і 2. При цьому їх середня площа зменшилася на 7,8 і 12,6 %. Середнє значення їх периметра зменшилося на 10,3 і 20,2 %. Порівняльний аналіз наведених значень показує, що обсяг бульбашок газової фази зменшився, і бульбашки повітря прагнуть набути форму правильної сфери. Це підтверджується збільшенням параметра округлості на 2,4 і 3,4 % і збільшенням компактності бульбашок газової фази на 12,9 і 15,3 %.

Дослідження динаміки показників ВМ, обробленого ВЦТ, у процесі його тривалого зберігання показали, що обробка ВМ ВЦТ приводить до підвищення стійкості масла при зберіганні, зменшення його гіркоти та покращення інших фізико-хімічних і органолептичних показників.

## **87. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ І РОЗФОРМУВАННЯ ШТАБЕЛЯ МІШКІВ ІЗ ЦУКРОМ**

**В.Б. Захаревич, канд. техн. наук**

**С.М. Мироненко**

**Я.С. Бородавка**

*Національний університет харчових технологій*

Більшість цукру-піску, що виробляється в Україні затарюється в джутові або поліпропіленові мішки і зберігається на складах у штабелях.

При формуванні штабелів мішки з цукром-піском транспортуються магістральним конвеєром, потім нахиленим конвеєром подаються на штабель. На штабелі вантажники знімають мішки з нахиленим конвеєра, розносять та складають їх у штабель.

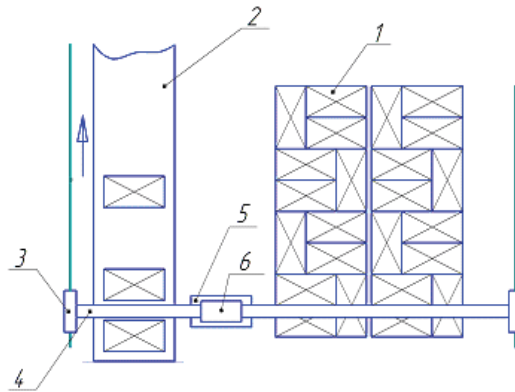
Діюча схема механізації навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт дозволяє здійснити рівномірну подачу мішків, що полегшує їх облік і роботу вантажників, покращує умови праці і техніку безпеки. Однак застосування такої системи механізації не виключає тяжкої ручної праці по складанню мішків при формуванні і розформуванні самого штабеля мішків з цукром.

Процес формування і розформування штабелів мішків з цукром виконується вантажниками за допомогою тяжкої трудоміємкої ручної праці.

Основною причиною неможливості механізувати операції формування і розформування штабелів мішків з цукром-піском, а особливо процес складання і забору мішків із штабеля є те, що наявні фізико-механічні властивості заповненого цукром-піском мішка занадто ускладнюють конструкції робочих органів механізмів захвату, утримання і перенесення мішка з одного місця розташування в інше.

З урахуванням властивостей мішка з цукром-піском нами було проведено ряд досліджень, які дозволили визначити необхідні раціональні конструктивні параметри механізмів для захвату мішка. На підставі цих параметрів розроблені спеціальні конструкції механізмів захвату, перенесення і укладання заповненого цукром—піском мішка в штабель.





**Схема транспортування, формування та розформування штабеля джутових або поліпропіленових мішків з цукром-піском.**

- 1 — штабель мішків з цукром; 2 — магістральний конвеєр транспортування мішків з цукром; 3- механізм переміщення механізму захвату мішків з цукром вздовж складу; 4 — поперечна балка; 5 — пристрій захвату мішків; 6 — механізм переміщення механізму захвату мішків з цукром поперек складу.

Конструктивно механізм захвату складається з під'ємно-опускної каретки, на якій встановлена горизонтальна площина рівна поверхні мішка. На цій площині встановлені спеціальні вертикальні трубчасті напрямні. В середині напрямних розміщується сталевий дріт із розпрямленими гачками. При контакті площини з поверхнею мішка сталевий дріт по напрямним переміщуються через тканину в середину мішка, і формується гачок. При переміщенні каретки з площиною вгору гачки із сталевого дроту зачіплюються за нитки тканини і піднімають мішок.

Кількість гачків повинна бути достатньою для утримання мішка з цукром-піском і щоб уникнути при цьому пошкоджень ниток тканини.

На дану конструкцію і спосіб подані заявки на винахід і отримання патентів.

Такий механізм придатний для використання його як для укладання мішків у штабель, так і для забору їх із штабеля.

Комплексне використання машин і механізмів переміщення і зберігання цукру в мішках і розробленого нами пристрою дозволить повністю механізувати та автоматизувати операції переміщення, формування і розформування штабелів, зберігання та відвантажування мішків з цукром-піском, замінить тяжку ручну працю вантажників на роботу оператора керування засобами механізації.

## **88. ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ ПОРОШКІВ**

**Ю.Ф. Снежкін**

**Ж.О. Петрова**

**В.М. Пазюк**

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

Процесом, який забезпечує стійкість та тривалість зберігання рослинної сировини, уповільнює ріст мікроорганізмів є сушіння. Відомо, що провітамін β-каротин перетворюється в організмі людини у вітамін А в присутності жиру та білку, тому доцільно

створити такий харчовий продукт, в якому були б в достатній кількості поєднанні ці компоненти. Таким вимогам відповідає комбінована антиоксидантна сировина.

Фактори харчування, які пов'язані безпосередньо і побічно з попередженням захворювань, що залежать від способу життя, часто називають фізіологічно функціональними.

Потенційною сировиною для отримання антиоксидантних функціональних продуктів можуть бути харчові порошки на основі моркви та бобових, зернових круп.

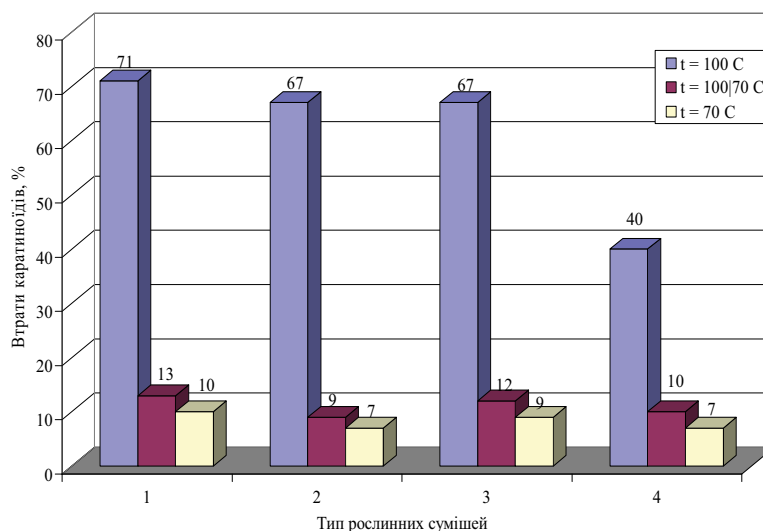
Були створені рослинні композиції, до складу яких входять такі антиоксиданти, як каротиноїди та вітамін Е.

Сушіння антиоксидантної сировини відбувалось в конвективній сушарці. Суміш горох-морква, квасоля-морква, овес-морква, селера-морква у співвідношенні 1:2 на сиру речовину сушили при температурі теплоносія 70°C, 100°C та ступеневому режимі 100/70°C. Сушіння рослинних композицій відбувалося при товщині шару 10 мм, з початковим вологовмістом 270 %, швидкість повітря в сушильній камері складала 1,5 м/с.

При ступеневому режимі сушіння, температура теплоносія змінюється в процесі сушіння. На першому етапі сушіння, коли висока вологість матеріалу і теплота іде на випаровування цієї вологи, температура сушильного агента становить 100 °С, через 30 хв. знижуємо температуру до 70 °С. При цьому тривалість процесу та витрати енергії зменшуються.

Вибір режимів сушіння антиоксидантної рослинної сировини залежить не лише від питомих витрат теплоти на сушіння, але і від якості висушеної сировини.

Контроль якості визначався кількісною витратою каротиноїдів в процесі сушіння сировини (рис. 1).



**Рис. 1. Втрати каротиноїдів від впливу температури теплоносія при сушінні наступної рослинної антиоксидантної сировини:**

1 — овсяно-моркв'яної; 2 — селерно-моркв'яної;  
3 — квасолево-моркв'яної; 4 — горохово-моркв'яної

Підвищення температури теплоносія призводить до збільшення температури матеріалу, суміш набуває коричневого відтінку, втрата каротиноїдів при цьому становить 40 – 71 %. Найбільші втрати каротиноїдів у вівсяно-моркв'яній суміші 71 %, а найменші у горохово-моркв'яній 40 %.

Найкращі результати отримані на суміші антиоксидантної рослинної сировини в температурному режимі 70 °С та ступеневому режимі 100/70 °С. Втрати каротиноїдів при цих режимах становлять всього 7 – 13 %, колір помаранчевий і не відрізняється від вихідної сировини.

Технологія отримання антиоксидантних порошків передбачає етап підготовки сировини до сушіння, подрібнення та змішування компонентів. Сушіння сировини з подальшим її охолодженням та подрібненням до дисперсності 0,25 мм.

Враховуючи питомі витрати теплоти на сушіння та збереження каротиноїдів в процесі сушіння, рекомендовано ступеневий режим 100/70°С. Цей режим максимально зберігає каротиноїди та покращує енергоефективність технології отримання функціональних порошків.

## **89. ІНТЕНСИФІКУВАННЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ ІЗ СОЇ ТА РІПАКУ ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

**Л.М. Коляновська**

*Вінницький національний аграрний університет*

Актуальним методом інтенсифікації екстрагування в системі тверде тіло-рідина є дія мікрохвильового випромінювання. За рахунок накладання електромагнітного поля паралельно до руху масових потоків виникає додатковий потік. В капілярах твердих часток, заповнених рідкою фазою, внаслідок НВЧ-нагріву утворюються парові бульбашки і виникає градієнт тиску, що спричиняє викиди рідини з капіляра в потік екстрагенту. За такого підходу інтенсифікується процес внутрішньої молекулярної дифузії із капілярно-пористої твердої частинки. Збільшення частоти викидів екстрагенту із капілярів твердої частини є пропорційним до електрофізичного впливу на частинку. В свою чергу масовий потік, що спричинений електромагнітним полем, залежить від різниці тиску в капілярі і потоці екстрагенту. Зовнішньодифузійний режим переходить у внутрішньодифузійний завдяки накладанню електромагнітного поля. У таких умовах внутрішня дифузія є найбільш інтенсивним режимом вилучення цільового компоненту.

Лабораторне підтвердження вищезазначеного було отримано під час проведення експериментів в лабораторії ОНАХТ на експериментальному стенді з інтенсифікації процесу екстрагування електромагнітним полем.

На основі отриманих даних, було відзначено, що в процесі екстрагування олії із насіння ріпаку та сої полегшено вихід цільового компоненту з вагомим збільшенням показнику концентрації та значним зменшенням часу вилучення олії при порівнянні досліджень з однаковими умовами за рахунок інтенсифікування процесу екстрагування мікрохвильовим полем і класичним методом екстрагування за рахунок настоювання.

З метою виявлення впливу природи розчинника на кінетику процесу та вихід олії проводилися дослідження кінетики екстрагування олії двома розчинниками: н-гексаном та спиртом. Значна перевага у результатах стосовно вилучення цільового компоненту (в середньому у 1,5 рази) показала, що н-гексан має вищу інтенсивність процесу, більший коефіцієнт дифузії та розподілення ніж спирт.

Також важливим фактором в інтенсифікуванні процесу екстрагування мікрохвильовим полем був ступінь подрібнення сировини. Мета подрібнення — збільшення сумарної поверхні контакту сировини і розчинника, від якої залежить ступінь вичерпності сировини. Крім того, під час подрібнення розриваються верхні здерев'янілі шари клітин. Клітини розриваються у різних напрямках, відкриваючи внутрішні структури, замкнуті пори.

Але актуальною є тема про оптимальний ступінь подрібнення у зв'язку з ризиком повного порушення структури клітин, яке разом із позитивним результатом може дати й негативний: при вилученні разом із цільовими компонентами в розчин переходить і велика частина баластних речовин. Тому оптимальний ступінь подрібнення 0,5 мм – 0,25 мм, менше подрібнення (максимально подрібнене рослинне борошно) не бажане.

Щодо результатів екстрагування, то при порівнянні процесу інтенсифікування екстрагування класичним способом (екстрагування в термостаті при температурах 30 – 60 °С протягом 5 год.) з екстрагуванням під впливом МХ поля (10 хв., потужність 255 Вт) отримали інтенсифікування в часі на 97 %, та концентрації в середньому на 50 %.

Під час дослідів спостерігався дещо менший показник концентрації екстрагування при температурі кипіння екстрагентів в порівнянні з показником під впливом МХ поля. Це пояснюється тим, що вилучення при кипінні супроводжується погіршенням гідродинамічної обстановки і масообміну та втратою пружності частинок. Натомість осцилюючий температурний режим при потужності переривчастого мікрохвильового поля нагріву інтенсифікує циркуляційні потоки розчинника в капілярах.

Також при дослідженні інтенсифікування процесу екстрагування порівнювались результати впливу інверторної та імпульсної дії МХ поля. Слід відзначити, що в процесі екстрагування полегшено вихід цільового компоненту з вагогим збільшенням показнику концентрації вилучення олії при інверторному впливі, особливо на сировину з подрібненого зерна. Перевагою МХ поля інверторної дії є більш раціональне використання енергії, що прискорює процеси і знижує споживання електроенергії.

Отже: поряд із класичними технологіями інтенсифікування процесу екстрагування, використання МХ-технологій представляється реальним і дуже перспективним.

## **90. КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА СУХИХ КОНФИТЮРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИИ**

**В.И. Маяк, д-р техн. наук**

**Б.В. Ляшенко, канд. техн. наук**

**А.М. Сардаров, студ.**

*Харьковский государственный университет питания  
и торговли*

Флодоовощное сырье (ПОС) — это основной источник углеводов, витаминов, органических кислот, минеральных солей, дубильных, ароматических и других ценных в пищевом и лечебном отношении веществ. Однако в процессе их переработки по существующим технологиям большая часть биологически активных веществ (БАВ) теряется. Поэтому актуальной задачей является создание новых способов переработки ПОС, позволяющих сохранять БАВ исходного сырья. Такие технологии позволяют получать продукты лечебно-профилактического, диетического

питания, в том числе для питания людей, которые работают в экстремальных условиях. Этими свойствами обладают высоковязкие концентрированные продукты из ПОС. Поэтому важной научно-технической проблемой является обеспечение населения Украины высококачественными концентрированными продуктами из ПОС при снижении себестоимости продукции и минимальных потерях сырья за счет внедрения экономически обоснованных способов производства и ресурсосберегающего оборудования, что повышает конкурентоспособность перерабатывающих предприятий.

В Харьковском государственном университете питания и торговли, разработана новая технология производства сухих конфитюров на основе плодово-ягодного пюре, сахара и ароматизаторов. Новая технология предусматривает процессы переработки сырья при температурах не превышающих 50 °С. В результате в конечном продукте сохраняются практически все витамины и другие биологически активные компоненты.

Процессы производства сухих конфитюров, связаны с различным механическим воздействием рабочих органов машин на продукт при различном характере взаимодействия с рабочей поверхностью, например, деформации при одноосном сжатии с различными скоростями при транспортировании продукта по трубопроводам. Поведение продукта в этих условиях и, особенно, измеряемые при деформировании реологические характеристики отличаются от их истинных значений из-за релаксационных процессов, сопровождающих деформацию испытуемого материала. При транспортировании сухих конфитюров по трубам наблюдается объемное деформирование продукта. Эти виды деформации характеризуют компрессионные характеристики процессов производства сухих конфитюров. Изучение закономерностей изменения реологических свойств продуктов в зависимости от воздействия на них рабочих органов оборудования при переработке необходимо для расчета технологического оборудования. Вибрационные воздействия, вызывающие периодическое сдвиговое деформирование, при производстве сухих конфитюров до сих пор не использовались, не исследовалось влияние вибрационных воздействий на реологические свойства сухих конфитюров.

В связи с этим изучалось влияние вибрации на процессы релаксации напряжений и ползучести.

Исследования проводили с сухими конфитюрами, полученными на основе тыквенного пюре, имеющими содержание сухих веществ 60 % по массе. В процессе эксперимента сухой конфитюр помещали в цилиндр между двумя поршнями. Стенки цилиндра термостатировались. Верхний поршень создавал давление в цилиндре, а нижний поршень сообщал вибрацию.

В проведенном эксперименте частоту колебаний меняли от 10 до 30 Гц, а амплитуду от 0 до 1 мм. Температура сухих конфитюров в опытах была постоянной — 60 °С. Анализ результатов эксперимента показал, что процесс релаксации напряжений сухого конфитюра усиливается: скорость релаксации увеличивается, а конечное напряжение уменьшается.

Изучение ползучести сухих конфитюров проводили на той же установке. При постоянном давлении в цилиндре через равные промежутки времени записывали показания индикатора, а затем по этим данным рассчитывали деформацию.

Как видно из результатов экспериментов, деформация зависит от начального напряжения и увеличивается с ростом на 4 – 6 %. С увеличением частоты колебаний деформация увеличивалась на 6 – 18 %. Наибольшее влияние оказывает амплитуда колебаний. В наших экспериментах увеличение амплитуды колебаний в 5 раз приводило к росту деформации на 50 – 60 %.

Таким образом, применение вибровоздействия увеличивает скорость релаксации напряжений сухих конфитюров. Применение вибрации, например, при производстве сухих конфитюров, позволит снизить остаточные деформации и получать готовый продукт более высокого качества, повысить производительность перерабатывающего оборудования.

## **91. РОЗВИТОК КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ДЛЯ БЕЗЛОПАТЕВОГО ЗАМІШУВАННЯ**

**О. Т. Лісовенко, д-р техн. наук**

*Національний університет харчових технологій*

**І.Я. Стадник, канд. техн. наук**

*Тернопільський національний технічний університет*

*імені Івана Пулюя*

Високі вимоги до якості замішування обумовлюють труднощі вибору ефективного технологічного процесу і устаткування. Тому створення умов для інтенсифікації процесів замішування тіста, застосування ефективних механічних методів дії на компоненти, ліквідація непродуктивної праці, тобто створення ресурсозберігаючих технологій замішування компонентів є однією з важливих завдань розвитку і вдосконалення технологічних процесів і тістомісильних машин в хлібопекарській галузі. Проте в сучасний період ринкових стосунків процес інтенсивного замішування тіста став серйозною перешкодою в створенні нових технологічних процесів його приготування.

На підприємствах нашої країни і за кордоном для замішування тіста широко використовуються машини з спіральним робочим органом. Виявлена інтенсивність протікання процесів є ефективною, але локальна дія спірального органу в обмеженій зоні у робочій камері приводить до великих затрат енергії, нагрівання тіста, що вимагає постійного нагляду і керування реалізації технологічного процесу замішування. Тому постійно ведеться інженерний і науковий пошук вдосконалення технологій замішування тіста, розробка нових машин і принципів роботи, що забезпечують підвищення їх ефективності і продуктивності.

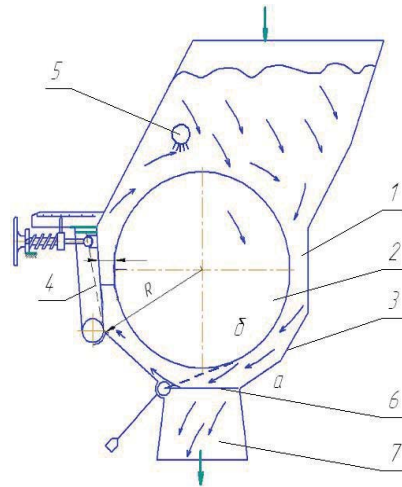
Рішення проблеми слід шукати в нестандартних рішеннях пошуку оригінальних конструкцій машин і технологій, що забезпечують інтенсифікацію замішування. Оскільки вібрація — найбільш перспективний метод механічної дії на замішування, що забезпечує швидкий перебіг технологічних процесів, то одним з прогресивних видів тістомісильних машин є вібраційні. Такі машини не лише забезпечують високу питому продуктивність при відносно низьких енерговитратах, мають значно менші габарити в порівнянні з існуючими, але і мають певні переваги при замішуванні.

Така задача може бути вирішена впровадженням прогресивного технологічного процесу і устаткування на базі нових конструкцій робочих органів, що дозволяють здійснювати замішування тіста безперервним потоком в процесі циркуляційного транспортування у багатогранній циліндричній робочій камері з ефектом вібрації. Можливість поєднання таких функцій реалізується за рахунок використання безлопатевого робочого органу у вигляді барабана, що обертається в робочій камері з дискретно розташованими по периметру плоскими елементами, які з'єднані боковинами. Нестандартні форми руху компонентів впливають на значну активність їх взаємодії. Такі оригінальні робочі органи машин зберігають позитивні

характеристики — простоту виготовлення, експлуатації, незначні втрати при передачі енергії від двигуна до масових частинок компонентів.

Конструкція робочої камери дозволяє створювати хвильовий рух, дискретне стискання з вібраційним витіканням змішуваних компонентів з віброактиватором, що являє собою пасивний вібраційний пристрій (ПВП). За рахунок оригінальної геометрії камери при неперервному переміщенні компонентів по її поверхні від завантаження до вивантаження, приводить до здійснення коливань (рис.1).

Новизна запропонованої конструкції тістомісильної машини на базі безлопатевого змішування обумовлена тим, що елементи, з яких зібрано робочу камеру, змонтовані під деякими кутами не лише один до одного, але і до осі обертання барабана, тому інтенсивність і активність змішування частинок компонентів зростає. Оскільки площа, форма і розміри прохідного перетину формуючого каналу камери по її довжині міняється від завантаження частинок компонентів до їх вивантаження, то інтенсифікується процес їх змішування, збільшується не лише активність взаємодії частинок одна з одною із стінками барабана і камери, але і змінюється частота їх взаємодії і амплітуда руху.



**Рис.1. Загальний вигляд машини:**

- 1 — робоча камера; 2 — рифлений місильний барабан; 3 — боковини у як компонентів;  
6 — шибер для розвантаження; 7 — патрубок для розвантаження тіста.

Основним елементом конструкції тістомісильних машин з вібраційною обстановкою є формувальна хвильова поверхня робочої камери, в якій створюються хвильові рухи безлопатевим робочим органом. Картина руху створюється в результаті коливань робочої суміші по поверхні робочої камери відносно певного центру дії робочого органу в повздовженому та поперечному напрямках. При цьому окремі об'єми суміші переміщуються відносно сусідніх з деяким зсувом по фазі. В загальному випадку при дії обертового безлопатєвого робочого органу процес транспортування утвореного тіста формується повздовжніми хвилями на транспортувальній поверхні камери. Поперечні хвилі керують взаємодією несучої поверхні робочого органу з тістом за рахунок періодичної зміни його стискання на поверхні пластифікатора (ПВП). Повздовжні хвилі формують швидкість переміщення. Кон-

фігурація хвилі, її транспортні можливості визначаються параметрами повздовжніх хвиль при їх взаємодії з робочим органом та розміщенням поверхні пластифікатора до нього.

Проектуючи форму поверхні робочої камери машини, необхідно додержуватись таких умов, щоб корпус робочої камери мав об'єм, що забезпечить задану продуктивність при одному і тому ж корисному робочому об'ємі. Форму камери необхідно моделювати так, щоб площа її внутрішньої поверхні мала максимальну величину і при виборі форми поверхні робочої камери необхідно передбачити, щоб її внутрішня поверхня не сприяла утворенню мертвих (застійних) зон. В конструкції робочої камери необхідно передбачити проведення заміни робочого органа, що дає можливість інтенсифікувати процес замішування відповідно до якості сировини. Для збільшення площі контакту необхідно щоб робоча камера була циліндричної форми у вигляді багатогранника.

Таким чином, раціональне розташування похилих пластин до місильного барабану дозволяє створити додаткову зону контакту фаз. Дослідження впливу геометричних параметрів додаткових контактних елементів: ширини й кута нахилу пластин, кроку, їх розташування й величини зазору між пластиною й місильним барабаном, — дозволили визначити їхні оптимальні величини. Зокрема, зона контакту стійко забезпечується при установці пластин на відстані 45 – 60 мм від поверхні барабана.

Можливості замкнутої хвилеподібної циліндричної робочої камери по різноманітності режимів замішування тіста повинна інтенсифікувати процес, так як дискретна зміна її форми поширює повздовжні деформації, стискання, кручення, розтягування, розкатування тіста. Це забезпечує можливість ефективної обробки компонентів, зменшує пошкоджуваність клейковини, створює унікальні умови підвищення продуктивності замішування. Таким чином, серед основних напрямів удосконалення розвитку тістомісильних машин, є вібраційно-хвильовий з безлопатеvim робочим органом.

## **92. ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУТЕРА**

**О.В. Закалов, д-р техн. наук**

**А.І. Бортник**

*Тернопільський національний технічний університет  
ім. Івана Пулюя*

Для отримання тонкоподрібненого фаршу — основної складової більшості ковбасних виробів найчастіше застосовують подрібнювачі періодичної дії або кутери. Ці машини отримали найбільше поширення на м'ясопереробних підприємствах України і світу завдяки таким перевагам як універсальність, простота конструкції, легкий доступ до робочих органів, надійність та довговічність, висока ремонтпридатність. Разом з тим використання кутерів вимагає високого рівня організації виробництва та технологічної підготовки сировини, чіткого дотримання технологічних рекомендацій щодо режимів різання та підбору характеристики робочих органів для різних видів сировини, високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Це пов'язано з тим, що кутерування — вельми інтенсивний і енергоємний механічний процес, що викликає фізико-механічні і хімічні зміни у фарші.

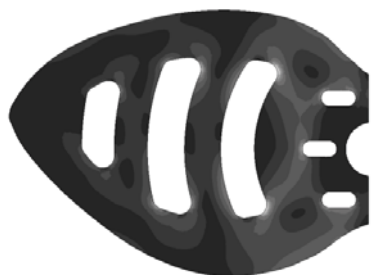


Мало дослідженою на сьогодні є можливість підвищення ефективності використання різального інструменту за рахунок оптимізації форми ріжучої кромки леза, зменшення площі контакту бічної поверхні ножа з фаршем, підвищення терміну експлуатації інструменту.

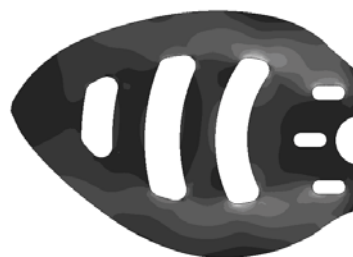
Конструктивною особливістю подрібнюючого механізму сучасних кутерів є наявність швидкохідного ножового пристрою з комплектом серпоподібних ножів, які можуть бути з декількома ріжучими кромками. Відомо, що форма ножів і швидкість їх обертання істотно впливають на процес кутерування і якісні показники фаршу.

В результаті проведених нами досліджень процесу подрібнення стало відомо, що виконання кутерних ножів з бічними отворами, які значно зменшують площу контакту бічної поверхні ножа з фаршем, покращує реологічні характеристики продукції, зменшує нагрівання фаршу та призводить до зменшення енергоспоживання. Однак, як відомо, у результаті значних швидкостей та навантажень, які діють на кутерні ножі, їх довговічність незначна. Постійні переточування ножів призводять до потоншення робочих поверхонь і передчасного виходу з ладу. Використання бічних отворів у ножів ще більше ослаблює конструкцію та зменшує їх довговічність, що вимагає використання більш дорогих інструментальних та нержавіючих сталей з використанням особливої термічної обробки ріжучих кромки.

Врахувавши всі вищенаведені висновки досліджень запропоновано конструкторську двостороннього кутерного ножа, який містить лезо серпоподібної форми і виконаний складеним з трьох пластин однакової товщини. Пластини утворюють на серпоподібній поверхні ножа ріжучу площину із загальним кутом нахилу і сполучені між собою по контуру потайними заклепками. Ніж є двостороннім; одна кромка ножа виконана у формі опуклої назовні логарифмічної спіралі, а інша — у формі спіралі Архімеда. Також, на бічній поверхні ножа виконані профільні отвори. Менші пластини виготовлені зі сталі твердістю HRA 48 – 50, а найбільша пластина — зі сплаву твердістю HRA 65 – 68. Це дозволяє підвищити довговічність і ремонтпридатність ножа кутера, розширити його універсальність.



**Рис. 1. Розподіл напружень у матеріалі ножа (робота в аверсному режимі)**



**Рис. 2. Розподіл напружень у матеріалі ножа (робота в реверсному режимі)**

Для вивчення впливу силових факторів на такий ніж за допомогою ЕОМ створено 3D модель. Використовуючи програмний продукт Cosmos виконано комплексний аналіз конструкції ножа (випробування на поздовжній згин при динамічних навантаженнях, витривалість, ударну в'язкість). На рисунках 1 і 2 зображено епюри розподілу напружень у матеріалі ножа в чорно-білих тонах (світліший відтінок відповідає більшому напруженню) при роботі в аверсному та реверсному режимі відповідно. Умовний розподіл напружень в матеріалі ножа при навантаженні силовими факторами, які виникають при роботі у кутері показує, що

максимальні напруження не сконцентровані на різучій кромці та на задній поверхні ножа (як це було у односторонніх ножів), а більш-менш рівномірно розподілені.

### **93. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЄВМІСНОЇ СИРОВИНИ**

**В.М. Бандура, канд. техн. наук**

*Вінницький національний аграрний університет*

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. В даний час перспективним науково-технічним напрямом є розробка процесів і апаратів з енергетичною дією на гетерогенне середовище за рахунок мікрохвильової дії на режим екстрагування.

Процес екстрагування олії із пористих частинок вихідного олійного матеріалу, пори якого частково заповнені олією, можуть бути представлені як дифузійний процес в пористому тілі. Так як більшість таких тіл мають не однорідну і складну пористу структуру, тому вчені або відмовляються її враховувати і використовують ефективні коефіцієнти дифузії, або пропонують гіпотезу відносного розміру і форми пор і з урахуванням цього ставлять і вирішують завдання масопереносу в пористих частинках. Як правило такий підхід застосовується в процесі масопереносу в пористих частинках ускладненого адсорбцією. Ця модель дозволяє використовувати макропори для опису транспортування розчинника, що екстрагує олію із мікропор з урахуванням адсорбційної ємності цих мікропор. Модельна структура включає макропори для транспортування розчинника в мікропори, які мають в адсорбційному стані олію з лінійною урівноваженою залежністю (співвідношення концентрації олії в макропорі і мікропорі лінійне).

Математична модель стадії екстрагування ускладненої адсорбцією із бідисперсних частинок дозволяє віалізувати профілі концентрації олії всередині макро- і мікропор і проаналізувати вплив коефіцієнту адсорбції в профілях концентрації і розрахувати час екстрагування, а також ідентифікувати рівні, які відповідають різній дифузії в процесі екстрагування.

Спрощено структура в бідисперсному тілі може бути представлена у вигляді системи циліндричних каналів макропор, на стінки яких виходять мікропори.

В такому випадку макропори частинки початково заповнені чистим розчинником, а мікропори олією. В процесі екстрагування олія дифундує із мікропори в макропору, а потім із макропори — в зовнішній об'єм розчинника, при цьому співвідношення концентрацій в макропорі і мікропорі можна прийняти таким, що підпорядковується лінійному закону адсорбції.

Отже в макропорах рух рідини проходить досить інтенсивно, а перенесення речовини підпорядковується механізму конвективної дифузії. В мікропорах, розмір яких наближається до розміру молекул рідини, рух розчинника утруднюється, в наслідок чого речовина в порах переноситься тільки за рахунок молекулярної дифузії. Тому в подальшому ми будемо розглядати олійний жмих як пористе тіло з макропорами.

Шар олійного жмиху можна представити у вигляді твердого тіла з подвійною пористістю, тобто сам шар має зовнішню пористість, яка утворена за рахунок нещільного прилягання частинок однієї до іншої і сам жмих, як було сказано вище, має внутрішню пористість. При розрахунку гідродинамічних умов процесу екстрагування для спрощення розрахунків необхідно враховувати тільки зовнішню пористість, в той час як при розрахунку дифузійних характеристик необхідно враховувати обидві пористості. Необхідно також відмітити, що важливими характеристиками, що впливають на гідродинамічні умови процесу, є пористість і проникність шару матеріалу.

Сучасні методи математичного моделювання технологічних процесів і їхніх основних етапів досягли високого рівня розвитку в зв'язку з появою високоефективної швидкодіючої обчислювальної техніки з відповідним програмним забезпеченням. Побудова математичної моделі дає можливість прогнозувати результат технологічного процесу в нових умовах, що не застосовувалися на практиці, а також обирати оптимальний режим процесу без проведення численних технологічних дослідів, пов'язаних із великими витратами праці, часу і матеріальних ресурсів. В узагальненому вигляді це означає, що математичне моделювання технологічних процесів дозволяє максимально спростити і скоротити шлях «від ідеї до впровадження» при розробці прогресивних технологічних процесів переробки харчової сировини.

#### **94. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЕМУЛЬГУВАННЯ ЖИРОМІСТКОЇ СИРОВИНИ**

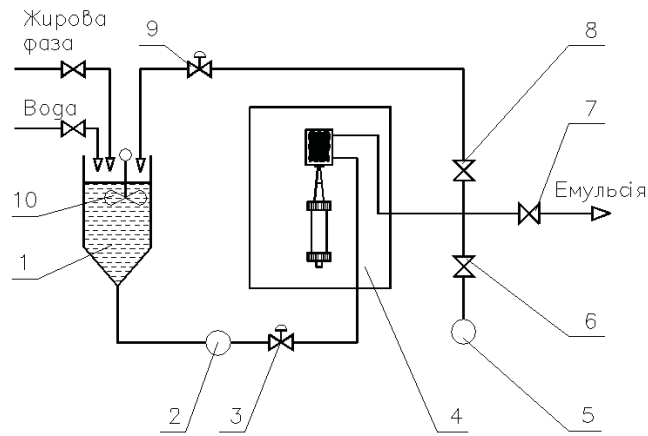
**Г.М. Постнов, канд. техн. наук**

**В.М. Червоний, канд. техн. наук**

*Харківський державний університет харчування  
та торгівлі*

Для проведення процесу ультразвукового емульгування була розроблена схема промислової установки, яка представлена на рис. 1. Ультразвукова установка складається з наступних конструктивних елементів: ємності 1, у яку подаються для наступної обробки вода та жирова фаза, ультразвуковий пристрій 4 для одержання жирової емульсії, заснований на використанні магнітострикційного випромінювача, двох живильних кранів 3 і 9. Живильний кран 3 призначений для регулювання подачі оброблюваного середовища в пристрій 4 за допомогою насоса 2, а живильний кран 9 — для регулювання виводу суміші, яка не відповідає необхідній якості, у ємність 1 для повторної обробки. Конструкцією передбачений запірний кран 6 для одержання пробної порції суміші та наступного його аналізу на мікроскопі 5, підключеному до ЕОМ, запірний кран 7 для відведення емульсії та запірний кран 8 для рециркуляції суміші.

Ультразвукова установка працює наступним чином. В ємність 1 подають складові частини емульсії. Отримана водно-жирова суміш подається насосом 2 в ультразвуковий пристрій для одержання емульсії 4. Для оцінки якості отриманої емульсії через кран 6 виводиться порція емульсії. Аналіз цієї порції проводиться з використанням мікроскопу 5, підключеному до ЕОМ. Якщо емульсія має відповідні якісні характеристики, то через кран 7 емульсія виводиться з системи. Якщо отримана емульсія має незадовільну якість, то через кран 8 та 9 вона знову потрапляє в ємність 1, де перемішується мішалкою 10, і цикл роботи замикається.



**Рис. 1. Схема проведення процесу ультразвукового емульгування:**

1 — ємність; 2 — насос; 3, 9 — крани живильні; 4 — пристрій ультразвуковий для отримання жирової емульсії; 5 — мікроскоп, що під'єднаний до ПЕОМ; 6, 7, 8 — крани запірні; 10 — змішувач

Перевагою представленої установки є використання ультразвуку та циркуляція оброблюваної суміші, що дозволяє створювати високодисперсні емульсії, а також відсутність частин, які рухаються, що збільшує її надійність і довговічність. Для забезпечення циркуляції суміші необхідно провести підбір насоса.

Порівняльні характеристики розробленого ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій з аналогами наведено у табл. 1.

*Таблиця 1. Порівняльна характеристика пристроїв для емульгування*

Показники	УПОЕ-1 (Україна)	ГМ-ГУРТ-60 (Росія)	НРН 2000/4- SH8 (Німеччина)	ТВГ-100 (Китай)
Продуктивність $Q$ , $\text{м}^3/\text{год}$	0,09...0,1	0,1...0,12	0,007...0,01	0,2...0,25
Споживана потужність $P$ , кВт/год	3	5,37	1,5	11
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	380 480 690	940 760 1560	450 250 350	2920 2120 2200
Маса $m$ , кг	60	250	35	380
Питома енергоємність $\Delta P$ , кВт/м <sup>3</sup>	30,0...33,3	44,9...53,7	150,0...214,3	44,0...55,0

Як видно з наведених даних, розроблений ультразвуковий пристрій для отримання емульсій за показником питомої енергоємності  $\Delta P$  перевищує пристрої з продуктивністю до 0,25 м<sup>3</sup>/год на 11...23 кВт/м<sup>3</sup>, що дозволяє стверджувати про ефективність використання ультразвукової обробки для отримання водно-жирових емульсій.

## **95. ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РЕСТРУКТУРОВАНОЇ ШИНКИ З М'ЯСА КРОЛІВ**

**С.А. Соколов, канд. техн. наук**

**М.М. Севаторов, канд. техн. наук**

*Донецький національний університет економіки  
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

В даний час в Україні найбільшу питому вагу пропонованих споживачам м'ясних продуктів складають варені ковбаси, на які припадає понад 60 % від загального виробництва м'ясних виробів, при цьому на різноманітні шинки припадає лише понад 10 %. Для ліквідації існуючого дефіциту у виробництві м'ясних виробів в якості перспективного і економічно вигідного напрямку пропонується розробка нових продуктів з м'яса кролика. Займаючи порівняно незначне місце в структурному балансі м'ясного виробництва країни, м'ясо кролів є висококалорійним дієтичним продуктом і користується великим попитом у населення. Однією з причин низького рівня виробництва продуктів з м'яса кроликів є специфічність сировини та відсутність науково обгрунтованої технології переробки. Асортимент виробів з м'яса кроликів досить обмежений, а м'ясо реалізується в основному у вигляді обробленої тушки і напів-фабрикатів. Крім економічної доцільності, використання м'яса кролика для виробництва різних продуктів харчування обумовлено високим вмістом білка, добре збалансованим амінокислотним складом, засвоюваністю і високими органолептичними показниками. Застосування нових фізичних методів обробки сировини, що сприяють інтенсифікації технологічних процесів у поліпшенні ніжності, соковитості, смаку та аромату, відкриває нові можливості в розширенні асортименту з м'яса кроликів. Одним з перспективних напрямів виробництва м'ясопродуктів є створення технологій реструктурованих продуктів на основі м'яса кроликів з використанням високого тиску. Перевага такої технології у цьому випадку полягає у здатності високого тиску відтворити структуру неподрібненої сировини, за органолептичними властивостями близької до великошматкових цільном'язових виробів. При цьому відпадає потреба застосування структуроутворюючих компонентів, та виключаються з технологічного процесу такі операції, як тендеризація та тривале перемішування, які звичайно використовуються для реструктуризації аналогічних виробів. Також за рахунок використання високого тиску можна отримати високоякісну шинку без використання звичайної варки або обробки гострою парою.

Для реалізації цієї технології нами було розроблено технологічний процес, який включає в себе пакування сировини, яка складається з дрібних шматочків м'яса кролів, які залишилися після обвалки тушок, солі, спецій та невеликої частки води. Після формування батонів вони занурюються у робочу камеру установки високого тиску, де у якості рідини, що передає тиск, використовується дистильована вода. Розмір сформованих батонів визначається виробником та обмежується тільки розмірами камери високого тиску.

Після заповнення камери сформованими батонами їх обробляють тиском 300 – 500 МПа при температурі 3 – 40°C протягом 10 – 40 хвилин. Дані параметри були отримані в результаті проведеного експерименту з урахуванням ступеня впливу високого тиску на мікробіологічні, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники отриманого продукту. Так, тиск 300 – 800 МПа має пригнічуючу дію на патогенну мікрофлору та на показник загальної кількості мікроорганізмів. За рахунок

використання високого тиску досягається кулінарна готовність шинки без втрати її харчової цінності. Температура 3 – 20°C є такою, при якій не піддаються змінам поживні властивості шинки, що дозволяє максимально зберегти первинну біологічну цінність продукту. Тривалість обробки 10 – 40 хвилин підвищує ефект дії високого тиску на патогенну мікрофлору шинки та інактивацію кислій фосфатази.

Дослідження показали, що тривалість збереження виготовленої за допомогою високого тиску шинки збільшується до 20 діб, при температурі збереження 0 – 6°C.

Органолептичні та структурно-механічні характеристики шинки значно кращі, ніж у шинки, виготовленої класичним способом.

Переваги запропонованого способу виготовлення шинки, порівняно з відомими, полягають у наступному: реалізація запропонованого способу виготовлення шинки забезпечує отримання готової шинки тривалого зберігання високої якості із максимальним збереженням її первинних властивостей.

Встановлено, що режим обробки шинки, обраний із умов, які забезпечують максимальне зниження показника загального мікробного обсіменіння та наявності патогенної мікрофлори і збереження первинних біологічних властивостей шинки, що значно підвищує її харчову цінність у порівнянні з шинкою, яка була виготовлена традиційним способом (варіння гострою парою), та збільшує терміни збереження до 20 діб.

Запропонований спосіб дозволяє отримувати шинку високої біологічної цінності тривалого терміну зберігання в промислових умовах.

## **96. РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ У РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ**

**О.І. Черевко, д-р техн. наук**

**Л.В. Кіптеле, д-р техн. наук**

**О.Є. Загорюлько, канд. техн. наук**

*Харківський державний університет харчування  
та торгівлі*

Під час виробництва фруктових паст у консервних виробництвах харчової промисловості основною тепловою операцією є концентрування фруктових пюре від початкового вмісту сухих речовин 10...15 % до кінцевого — 30...32 %. Найбільш ефективним для виконання цього процесу є застосування роторного плівкового апарата (РПА), в якому формування плівкової течії продукту здійснюється під дією лопатей ротору, що обертається. Завдяки цьому значно прискорюється випаровування вологи і підвищується якість фруктових паст у порівнянні з іншими апаратами. Інтенсивність процесу випаровування визначається коефіцієнтом тепловіддачі від нагрітої робочої поверхні до продукту. Аналіз літературних джерел показав, що для концентрування фруктових пюре, які мають високу в'язкість, критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі для даної групи продуктів відсутнє. Тому задачею роботи на основі аналізу процесів, що відбуваються під час концентрування фруктових паст в РПА, було отримання критеріального рівняння для розрахунку теплообміну в апараті.

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі від робочої поверхні РПА до продукту, що обробляються, необхідно одержати критеріальне рівняння, що враховує вплив всіх основних параметрів процесу на теплообмін в апараті.

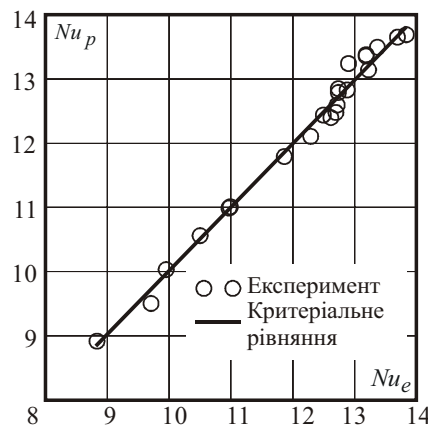
У РПА з вертикальним корпусом конвективний теплообмін продукту, що випаровується, відбувається в умовах гравітаційного стікання плівки, на яке нак-

ладено збурюючий вплив лопатей ротора і дія бульбашок пари, що перемішують. В результаті експериментального дослідження теплообміну під час концентрування фруктових пюре з застосуванням дикорослої плодоовочевої сировини встановлено, що число Рейнольдса за осевою швидкістю  $Re=5,04 \cdot 10^3$ , тобто течія продукту ламінарна. Аналіз загального масиву результатів експериментального дослідження теплообміну в РПА дозволив отримати критеріальне рівняння для визначення коефіцієнта тепловіддачі від робочої поверхні РПА до продукту

$$Nu = 5,942 \cdot Re_{\pi}^{0,053} Pr_r^{0,244} \left( \frac{v_{\text{кпп}}}{v} \right)^{0,201} \left( \frac{v_{\text{пл}}}{v} \right)^{0,266} \Pi_r^{0,051}, \quad (1)$$

де критерій Нуссельта  $Nu = \alpha \delta / \lambda$ , критерій Рейнольдса відцентровий  $Re_{\pi} = v \delta \rho / \eta$ , критерій Прандтля  $Pr = \eta c_p / \lambda$ . Поправки  $(v_{\text{пл}} / v)$ ,  $(v_{\text{кпп}} / v)$  і  $\Pi_r = (vzh / \pi D \delta)$  враховують вплив на теплообмін гравітаційного стікання плівки, кипіння в ній і геометрії кінцевих елементів лопаті відповідно;  $v_{\text{кпп}}$  — швидкість руху пухирців пари;  $v_{\text{пл}}$  — швидкість гравітаційного стікання плівки уздовж осі РПА;  $v$  — лінійна швидкість руху кінцевих елементів лопаті;  $v$  і  $h$  — довжина і висота кінцевого елемента лопаті;  $z_{\pi}$  — число лопатей.

На рис. 1 приведено кореляційне поле для експериментальних і розрахункових значень обумовленого критерію Нуссельта. Відносна похибка критеріального рівняння складає 0,94 %.



**Рис. 1 Кореляційне поле для експериментальних і розрахункових значень критерію Нуссельта**

Таким чином, у результаті аналізу експериментальних даних по дослідженню теплообміну, отримано критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від робочої поверхні РПА до продукту, що враховує вплив гравітаційного стікання плівки, її руху при обертанні лопаті ротора, перемішуючої дії бульбашок пари, конструктивних параметрів лопатей ротора на гідродинаміку плинину.

## **97. МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА**

**О.В. Гвоздєв, канд. техн. наук**

**К.О. Самойчук, канд. техн. наук**

**Н.О. Паляничка, інженер**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Одним із найважливіших технологічних процесів в молочній промисловості є гомогенізація молока. Гомогенізація поряд з підвищенням харчової цінності молочних і комбінованих продуктів, покращує їх якість, а саме консистенцію і смак. Покращення смакових характеристик продуктів при гомогенізації пов'язано зі зменшенням розмірів часток дисперсної фази і відповідно збільшенням площі їх поверхні. Таким чином питання ефективності гомогенізації на сьогоднішній день є досить актуальним.

Для оцінки якості гомогенізації молока необхідно визначити два показника: зменшення розмірів жирових кульок і рівномірність розподілу жирових кульок в об'ємі дисперсійного середовища (гомогенність).

Для визначення якості гомогенізації найбільш доцільно використовувати метод прямого визначення середнього розміру жирових кульок за допомогою мікроскопу. Для цього молоко після гомогенізації ретельно перемішують, неодноразово переливаючи його з судини в судину, уникаючи піноутворення. У мірну колбу ємністю 250 мл наливають до половини дистильованої води, потім 1 мл. молока. Вміст колби перемішують, доводять водою до мітки та знову перемішують. З кожного зразка молока готують три розведення, а з кожного розведення — два препарати. З кожної проби молока повинно вийти шість препаратів.

Для збільшення контрастності жирових кульок використовують мочевину і жиророзчинну фарбу. Краплю розбавленого молока скляною паличкою наносять на поверхню предметного скла. При нанесенні краплі на предметне скло мікроскопа її покривають покривним склом, протилежні краї якого тонко змащують. При накриванні препарату покривне скло легко придавлюють, в результаті чого утворюється закритий об'єм препарату. При вимірюванні можливо отримати чітке зображення тільки верхнього шару жирових кульок, тому препарат залишають стояти при кімнатній температурі протягом 20 – 30 хвилин для спливання жирових кульок. Заміри проводять за допомогою мірного окуляра та об'єктива мікрометра.

Жирові кульки під дією Броунівських сил знаходяться у постійному русі, тому простіше за все для їх вимірів та підрахунків використовувати фотографування. Для виключення помилок та надійності результатів треба виміряти не менше 1000 жирових кульок з однієї проби. Для зменшення кількості підрахунків використовуються лічильні камери (Горяєва, Бюркнера, Розенфельда та ін.).

Таким чином достовірна кількісна оцінка дисперсних характеристик молока може бути зроблена тільки на великому статистичному матеріалі (сотні жирових кульок), і в той же час вона повинна проводитися в стислі строки. Цим вимогам відповідає кількісний автоматичний аналіз зображень оптико-геометричними методами. Найбільш перспективною апаратурою для такого аналізу є аналізатори зображень — системи, які здатні здійснити експресне введення і обробку складних зображень. До них відносяться: системи аналізу зображень універсального призначення, аналогічні таким як IBAS (Німеччина) та Magiscan, Quantimet (Великобританія). Вони є мультипроцесорними системами з послідовною і (або) паралельною структурою. Фактично це «сукупність» двох незалежних комп'ютерних блоків: відеоаналізатора і хост-комп'ютера. Або ж системи, які не мають роз-



подільної пам'яті і, як правило, не є мультипроцесорними, аналогічні Videolab (Великобританія), Leitz TAS Plus (Німеччина), Pericolor (Франція) та Omega (Польща). Зазвичай вони є стандартним комп'ютером, який забезпечений спеціалізованим блоком введення відеоінформації і більш менш розвинутою системною бібліотекою обробки відеоданих.

В результаті підрахунків будуються гістограми розподілу дисперсної фази у відсотковому відношенні їх кількості до загальної кількості від діаметру жирових кульок. Такі гістограми при збільшенні об'єму вибірки асимптотично прямують до нормального закону розподілення випадкової величини. Далі визначають спектр їх розподілу та середній діаметр.

Отже, виходячи з вищезазначеного, можна зробити висновок, що достовірний результат можливо отримати тільки використовуючи метод вимірювання під мікроскопом разом з макрофотографуванням і комп'ютерним аналізом отриманих даних.

## **98. ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ПРЕСІВ**

**О.О.Червоткіна, асп.**

**В.О.Олексієнко, канд. техн. наук**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Процес стискування розсипних кормів до певної щільності з отриманням гранул циліндрової форми називається гранулюванням. Гранулювання кормів здійснюється за допомогою спеціальних машин, грануляторів. Існує декілька схем пресів.

Транспортерні преси. Робочий орган преса досліджував Голяновський А.В. Енергоємність процесу пресування рослинних матеріалів ним складає 0,375 кДж.ч/т, що в 2...3 рази нижче, ніж найбільш поширеним пресом з поршнеvim робочим органом. Продуктивність такого робочого органу досить велика, оскільки швидкість транспортерних стрічок можна доводити до 1 м/с.

Штемпельні преси досліджені найповніше. Згідно класифікації Особова В.І., вони розділяються по конструкції камери пресування на преси із закритою і відкритою камерами. Дослідженням штемпельних пресів присвячені роботи С.А. Алферова, І.А. Долгова, М.А. Пустигина, І.В. Сахарова, А.А. Тулінова, і інших. Робота штемпельних пресів здійснюється за принципом порційної подачі сировини. Робочі органи із закритою камерою менш енергоємні, чим з відкритою. Це пояснюється тим, що тут немає необхідності проштовхувати ряд брикетів при максимальному зусиллі штемпеля. У зв'язку з цим витрати енергії на подолання тертя скорочуються. Енергоємність їх складає до 22,5 кДж на виготовлення 1 т брикетів на годину.

Вальцьові робочі органи типа, що прокатує. Дослідження вальцевого робочого органу, що здійснює ущільнення матеріалу за принципом плющення його між циліндровими вальцями, проводилися В.П.Горячкиним, І.А. Борговим, А.Ф. Лазебним, І.А.Майковським і ін. Вальцьові робочі органи за їх даними можуть використовуватися для ущільнення сіносоломистих матеріалів у брикети. Проте умови захвату матеріалу, великий ступінь його ущільнення вимагають створення вальців досить великих діаметрів. Перевагою їх є можливість здійснення безперервного технологічного процесу і зниження питомих витрат енергії на брикетування. Принцип безперервного прокатування може бути використаний при розробці нових прогресивних високопродуктивних пресів.

Матричні преси набули найширшого поширення. Преси цього типу можуть бути одно- або багатоматричні, з матрицями, що обертаються (активними) або нерухомими (пасивними), вертикальними або горизонтальними, кільцевими і плоскими. Процес роботи матричних пресів досліджений Г.Я. Фарбманом, Д.І. Николаєвим, Ю.В. Подкольніним, В.Ф. Некрашевичем, М.В. Порілою, А.Ю. Вашкявичусом, А.І. Жалтауськасом, Н.В. Мельниковим і ін.

За даними Хилкова Н.В. матричний прес ОПК-2 здатний формувати брикети щільністю 700...850 кг/м<sup>3</sup> при крошимості 9...14 % з питомими витратами енергії 28...30 кВт.год/т. Максимальна масова продуктивність їх складає до 3000 кг/год. Мельников С.В. відзначає багатократну (до 60 разів) силову дію на брикет під час проходження камери пресування, що сприяє зміцненню брикетів, але збільшує витрати енергії. До недоліків їх слід віднести порівняно високу енергоємність, велике перетирання кормів, іноді неможливість регулювання щільності отримуваних гранул і брикетів. При проектуванні таких пресів основна увага приділяється визначенню довжини матричного отвору. Як правило, довжина його приймається за самим незручним, з точки зору брикетування, матеріалом. Тому при роботі на кормах, що легко піддаються брикетуванню, (наприклад, люцерні) число дій на брикет невиправдано завищене.

Аналіз досліджень пресуючих пристроїв для гранулювання і брикетування кормів показав, що масово використовується устаткування для гранулювання кормів типа ОГМ, ДГ і ОПК засноване на принципі плющення матеріалу ролерами по перфорованій матриці. Висока енергоємність і недостатня їх продуктивність обумовлені:

- неповним використанням поверхні матриці, що знаходиться під тиском живий перетин якої не перевищує 40...50 %;

- створенням надмірно високого тиску для зіштовхування стислого матеріалу з перемичок в канали пресування, щоб здолати межу міцності матеріалу на зрушення, яка в 2...2,5 рази перевищує межу міцності власне гранул;

- додатковими витратами енергії для забезпечення втискування шару матеріалу в отвори з руйнуванням частинок корму кромкою отвору

- виділенням великої кількості теплоти при зрушенні матеріалу з перемичок між отворами під великим тиском, яка безповоротно розсіюється в довкілля. Відомі також вібраційні, ударні і інші преси.

Різноманіття запропонованих схем робочих органів і способів брикетування свідчить про інтенсивність наукового пошуку найбільш ефективного вирішення проблеми гранулювання рослинних матеріалів. Проте енергоємність їх все ще висока, що вказує на необхідність подальших пошуків оптимальних технологій ущільнення матеріалів і вдосконалення робочих органів пресів.

## **99. V-ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИВАННЯ**

**В.О. Бородін**

*Національний університет харчових технологій*

В традиційній технології збивання (кремів, яєць, яєчного білка) використовується міксер з різними насадками (вінчиками). В інструкції до міксера вказано, що збивання відбувається у циліндричній посудині з постійною робочою зоною вінчиками, осі яких паралельні твірній циліндра. При V-технології для збивання використовується звичайна циліндрична посудина (каструля), у якій змінюється об'єм робочої зони, і кут нахилу осей вінчиків міксера по відношенню до твірної циліндра. Термін V-технологія пов'язаний з тим, що осьовий переріз робочого циліндра при  $\beta = 45^\circ$  співпадає з графіком  $y = |x|$ , який нагадує літеру V.

Новизна V-технології підтверджується ефективністю її застосування, наприклад для збивання яєць. Традиційна технологія збивання трьох білків (трьох яєць, трьох жовтків) згідно інструкції користувача міксером займає 5 хв. (10 хв., 15 хв.). При використуванні V-технології відповідний час дорівнює 1 хв. (2 хв., 3 хв.), тобто виграш у часі в 5 раз. Застосування V-технології довело свою ефективність також при змішуванні сипких, рідких і в'язких матеріалів.

Пояснимо V-технології на модельній ситуації. Збивання будемо проводити у циліндричній посудині (каструлі) з квадратним осьовим перерізом ( $2R=H$ ).

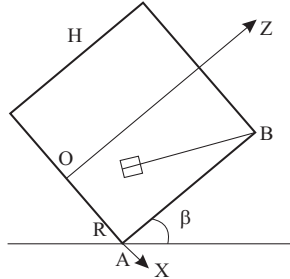


Рис. 1

Для спрощення в розрахунках будемо вважати  $R = 1$ ,  $H = 2$ . Через  $\beta$  будемо позначати кут, який утворює вісь циліндра з горизонтальною площиною (стола). Осі  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  прив'язані до циліндра. При обертанні циліндра навколо точки  $A$  площина  $XOZ$  залишається паралельна сама собі.

Робочою зоною будемо називати частину об'єму циліндра, в якому може знаходитись рідина, тобто робочий об'єм відтинається від циліндра площиною, яка проходить через т.В паралельно горизонтальній площині. Вінчики виходять з т.В і знаходяться в робочій зоні таким чином, щоб твірна робочого циліндра у вінчика була паралельна горизонтальній площині.

Якщо  $\beta = \pi/2$ , то одержимо положення каstrулі яке відповідає традиційній технології і робочим є весь об'єм каstrулі:  $V = \pi R^2 H = 6,28$ . (Положення вінчиків при цьому у V-технології і традиційній технології різні).

Будемо обертати циліндр навколо т.А.

Якщо  $\beta = \pi/4$  то робоча зона, очевидно, складає половину об'єму каstrулі

$$V_p = \frac{1}{2} \pi R^2 H = 3,14,$$

таким чином робоча зона складає 50 % об'єму рідини.

Якщо циліндр нахилено так що поверхня проходить через т.В і центр основи циліндра (т.О) то  $\text{tg}\beta = 1/2$ ,  $\beta = 27^\circ$  і робоча зона має об'єм

$$V = \iint_D 2x dx dy = 1,33,$$

де  $D: \{x^2 + y^2 \leq 1, x \geq 0\}$ , тобто робоча зона складає 21 % від об'єму.

Якщо циліндр нахилено так, що поверхня рідини проходить через т.В і посередині між точками О і А, тобто  $\operatorname{tg}\beta = \frac{1}{4}$ ,  $\beta = 14^\circ$  і робочий об'єм буде

$$V = \iint_D (4x - 2) dx dy = 0,50,$$

де  $D: \left\{ x^2 + y^2 \leq 1, x \geq \frac{1}{2} \right\}$ , отже робоча зона складає 8 % об'єму.

Розглянемо процес збивання трьох яєць по V-технології. Три яйця збиваємо в 3-х літрової каструлі. Три яйця важать  $3 \cdot 80 = 240$  гр., що складає 8 % об'єму каструлі і відповідає робочому об'єму при  $\beta = 14^\circ$ . Після повного збивання об'єм збільшиться в  $4 \div 5$  раз, тобто досягне  $960 \text{ мл} \div 1200 \text{ мл}$ , тобто робоча зона повинна складати від 32 % до 40 %. Таким чином кут  $\beta$  повернеться майже до  $45^\circ$ .

## **100. ВИКОРИСТАННЯ СУБЛІМАЦІЙНОГО ВИСУШУВАННЯ ТА ДЕЗІНТЕГРАЦІЙНОГО ПОДРІБНЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОДОБАВОК ЗІ ЗБАГАЧЕНОГО МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ ЗЕРНА**

**Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук**

**Т.І. Миколів**

*Національний університет харчових технологій*

Аналіз стану проблеми перероблення сільськогосподарської сировини з метою визначення перспективних напрямів розвитку технологій отримання високоякісних харчових продуктів показує, що необхідно переходити до створення та впровадження принципово нових технологій. На сьогодні харчова промисловість гостро потребує високоєфективного обладнання нового покоління, котре має прийти на зміну традиційним енерговитратним апаратам, процеси в яких реалізуються при високих температурах. Безперечно, майбутнє належить комбінованим високоєфективним технологічним процесам на основі використання низьких температур з шадними впливами на біокомпоненти вихідної сировини, що забезпечує їх максимальне збереження і отримання готових продуктів підвищеної біологічної цінності.

Пропонується здійснювати збагачення зерна мікроелементами шляхом пророщування його зі штучних поживних середовищ — композиційних розчинів суміші неорганічних солей мікроелементів (цинк, марганець, молібден, мідь, кобальт), що беруть участь в ферментативних реакціях під час пророщування зернових. Мінеральні речовини, які з неорганічної форми, а саме зі складу штучних поживних середовищ, шляхом біотрансформації переводяться до органічної форми, забезпечують максимальне засвоєння мікроелементів організмом людини на клітинному рівні. Технологічний процес виробництва біодобавок із зерна, збагаченого мікроелементами, складається з таких стадій: підготовки зернової сировини, підготовки композиційного розчину суміші неорганічних солей мікроелементів, короткотривалого (протягом 24...48 год.) замочування зерна, заморожування зерна рідким азотом до температури  $-35...-40^\circ\text{C}$  з наступним вакуум-сублімаційним висушуванням, подрібнення і фасування зернової суміші. Сублімовані суміші із зерна, збагаченого мікроелементами, можна використовувати в якості біологічно активних добавок до їжі чи для збагачення традиційних продуктів харчування.

Проводили дослідження якості біодобавки із мінералізованого вівса при сублімаційному висушуванні залежно від часу в межах 200...300 хв. Для реалізації процесу

сублімації в лабораторних умовах використовували універсальну вакуумну сушильну установку, що складається з субліматора, десубліматора, системи вакуумування, системи контролю та керування. Основні технічні характеристики лабораторної установки сублімаційного сушіння: разове завантаження — 2...3 кг, час сушіння — 4...6 год, робочий тиск у камері —  $1 \cdot 10^5 \dots 1 \cdot 10^2$  Па, криоагент при сублімації — рідкий азот, робоча напруга нагрівача — 24 В, потужність нагрівача — 0,07...0,7 кВт, витрати рідкого азоту на 1 кг сировини — на більше 7 кг, сумарна площа лотків — 0,72 м<sup>2</sup>. Результати дослідження свідчать, що сублімаційне висушування збагаченого мікроелементами вівса протягом 200 хв. не достатнє для отримання біодобавки високої якості, а при висушуванні протягом 300 хв. біодобавка має наявні ознаки пересушування, спостерігається підвищення її гігроскопічності. Таким чином, оптимальний термін висушування 250...280 хв.: добавка достатньо висушена, структура характерна для дрібноподрібнених висушених рослинних матеріалів, придатна до використання.

Сучасним способом отримання високодисперсних матеріалів є механічне руйнування сировини почерговими ударами великої інтенсивності у спеціальних пристроях, найефективнішими з яких є дезінтегратори та дисмембратори. Механічний вплив на целюлозовмісну сировину дозволяє інтенсифікувати процеси гідролізу компонентів, при цьому спостерігається часткове руйнування структури високомолекулярних полісахаридів і збільшення виходу редуковальних речовин на 6...24 %. Механоактивування можливе при диспергуванні матеріалів у спеціальних дезінтеграторах. При використанні дезінтеграторного обладнання при механічному контактуванні двох пружних тіл при напругах, близьких до руйнівних, в зоні контакту можуть розвиватися високі температури. Підготувати сировину таким чином, щоб надати їй крихкої структури і зменшити завдяки цьому до мінімуму час перебування матеріалу в зоні дезінтеграції, можливо шляхом заморожування сировини, сублімації закристилізованої води і подрібнення в дезінтеграторах. При використанні заморожених зразків пророщеного зерна сушіння достатньо проводити до залишкової вологості в межах 8...9,5 %. Подрібнення та механоактивування пророщеного і сублімованого зерна пропонується вести при швидкості обертання роторів дезінтегратора 100...150 с<sup>-1</sup>, енерговитрати при цьому складають 38...46 кДж/кг подрібнюваного матеріалу. Процес подрібнення не перевищував 50...60 сек., дисперсність отриманого порошку складала 80...90±2 мкм.

Введення до раціонів харчування комплексу мінеральних елементів, що входять до складу розробленої добавки, є безпечним і ефективним способом корегування мікронутрієнтних дефіцитів.

## **101. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИРНОЇ ПИЛЮКИ**

**М.М. Шинкарик, канд. техн. наук**

**О.І. Кравець**

*Тернопільський національний технічний університет*

*ім. І. Пулюя*

Актуальною проблемою молокопереробної галузі є використання сироватки, що отримується при виробництві сиру кисломолочного, твердого сиру, та казеїну. На сьогодні ця проблема не має успішного вирішення як у нашій країні так і загалом у світі. Проте всі існуючі підходи до її вирішення передбачають попереднє виділення із сироватки сирної пиліюки, що потрапляє у неї при виробництві згаданих продуктів. Вміст сирної пиліюки у сироватці залежить від виду кінцевого продукту, особливос-

тей технології його отримання та апаратурного оформлення процесу. В залежності від цього він коливається в межах від 1 до 3 г/л.

Розмір часток сирної пилюки на порядок менший від розмірів сирного зерна і становить, в середньому, 0,5 – 1,0 мм. Отже очистку сироватки від сирної пилюки можна здійснювати шляхом фільтрування.

При фільтруванні сироватки має місце утворення шару осаду на фільтрувальній поверхні. У зв'язки з цим, ефективність процесу буде залежати від компресійно-фільтраційних характеристик осаду (сирної пилюки). На регенерацію фільтрувального елемента впливають його когезійно-адгезійні властивості.

Метою даної роботи є дослідження структурно-механічних характеристик сирної пилюки, які впливають на процес фільтрування сироватки.

При розрахунках процесу фільтрування важливою компресійно-фільтраційною характеристикою є питомий опір фільтруванню. Встановлено, що для сирної пилюки при відсутності зовнішнього тиску він становить  $3,4 \cdot 10^7$  1/м<sup>2</sup>. Також було досліджено залежність величини питомого опору фільтруванню сирної пилюки від величини зовнішнього тиску в діапазоні від 0 до 5кПа, та встановлено, що різке зростання питомого опору фільтруванню спостерігається при тиску понад 3,5кПа. Причиною цього є деформація нижніх шарів осаду, що відбувається при тиску 3,5кПа і більше.

В результаті обробки експериментальних даних отримано математичний вираз, що відображає залежність питомого опору фільтруванню від тиску:

$$r = r_0 + 5,86 \cdot 10^3 \left( \frac{p}{p^*} \right)^{9,31} \quad (1)$$

де  $r_0$  — значення питомого опору фільтруванню сирної пилюки за відсутності навантаження, 1/м<sup>2</sup>;

Також експериментальним шляхом було встановлено коефіцієнт пористості та модуль стисливості при різних значеннях зовнішнього тиску.

При фільтруванні сироватки є потреба у періодичній регенерації фільтрувальної поверхні.

Одним із факторів, що впливає на регенерацію фільтрувальної поверхні є сила адгезійного зчеплення між фільтрувальною поверхнею та сирною пилюкою.

З метою зменшення негативної дії адгезійних властивостей сирної пилюки при фільтруванні сироватки шляхом встановлення оптимального періоду регенерації та матеріалу фільтрувальної поверхні були проведені дослідження залежності адгезійної міцності сирної пилюки від тривалості контакту по відношенню до різних матеріалів поверхні.

Встановлено, що стрімке зростання адгезійної міцності по відношенню до різних матеріалів спостерігається на протязі перших 50 с. контакту. При тривалості контакту до 60 с. найменша адгезійна міцність сирної пилюки спостерігається по відношенню до нержавіючої сталі, а при тривалості контакту понад 60 с. — для второпласту-4.

Висновки. За компресійно-фільтраційними характеристиками сирну пилюку можна віднести до стисливих осадів, яким властивий модуль стисливості та коефіцієнт фільтрації.

Для очистки сироватки від сирної пилюки шляхом фільтрування можна рекомендувати тиск (напір) до 3,5 кПа.

Для фільтрувальних поверхонь доцільно використовувати нержавіючу сталь яка на ряду з міцнісними володіє задовільними адгезійними характеристиками.

З точки зору зменшення впливу адгезії на закупорювання фільтрувальної перегородки період регенерації доцільно встановити в межах 10 – 15с.

## ЗМІСТ

1. <i>Остриков А.Н., Желтоухова Е.Ю.</i> Исследование кинетики стационарных режимов сушки чипсов из тыквы.....	3
2. <i>Rasheva V.D., Valtchev G. I., Tasheva St.C.</i> , Defining of aseptic tank position in the production process of cosmetic and pharmaceutic products .....	5
3. <i>Rasheva V.D.</i> , Feasibility evaluation of some methods and installations for cleaning of working air from industrial plants .....	6
4. <i>Бондар О.А., Шевченко О.Ю.</i> Аераційні системи пристроїв для аеробного очищення стоків підприємств харчової промисловості .....	8
5. <i>Коваленко В.О., Панікарова Б.О.</i> Дослідження органолептичних показників котлет на основі рибного фаршу в використанні білкових добавок .....	9
6. <i>Дячок В.В., Мальований М.С.</i> Розрахунок процесу екстрагування із лікарської рослинної сировини.....	11
7. <i>Rasheva V.D.</i> , Possibilities for energy saving in the student hostel «maritza 4» of university of food technologies.....	12
8. <i>Посягина Т.А.</i> Преимущество развития теории решения изобретательских задач в научных основах нанотехнологии.....	14
9. <i>Лазарев С.И., Головашин В.Л., Ворожейкин Ю.А., Мирончук В.Г., Змиевский Ю.Г.</i> Моделирование биоультрафильтрационного концентрирования водных растворов биохимических производств .....	15
10. <i>Желіньська М.М., Немирович П.М., Зоткіна Л.В.</i> Дослідження процесу екстрагування біологічно активних речовин з рослинної лікарської сировини .....	17
11. <i>Уваров Ю.А., Карпенко Д.В., Маринин А.И., Олишевский В.В.</i> Способ снижения негативного влияния наночастиц серебра на процесс сбраживания пивного сусла.....	18
12. <i>Ковальчук В.П., Олійник С.І., Опанасюк Т.І.</i> Удосконалення способу фільтрування води для виробництва напоїв .....	20
13. <i>Корнієнко В.В., Мельник Л.М., Таран В.М.</i> Механізм адсорбції води з етанолу мордентом.....	21
14. <i>Вересоцький Ю.І., Бабко Є.М., Зуляк О.С.</i> Визначення оптимальних режимів процесу уварювання кондитерських мас з метою удосконалення конструкції ротаційного теплообмінника.....	23
15. <i>Ардинський О.В., Верченко Л.М., Дашковський Ю.О., Олишевський В.В., Маринін А.І., Ткаченко С.В.</i> Вплив електроіскрової обробки та препарату наночастинок гідроксиду алюмінію на чистоту дифузійного соку.....	24
16. <i>Змієвський Ю.Г., Мирончук В.Г., Гудзовська І.А.</i> Регенерація мембран при розділенні молока та молочної сироватки.....	26

17. Шевченко О.Ю., Миколів І.М. Енергетичні накопичувальні пристрої на основі розчинених у рідинних фазах газів.....	27
18. Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Мисюра Т.Г., Запорожець Ю.В., Попова Н.В., Деканський В.Є. Дослідження процесу масообміну при віброекстрагуванні.....	28
19. Шейко Т.В., Мельник Л.М., Мельник З.П. Моделювання процесу адсорбції пектинових речовин шунгітом із соку столового буряка.....	30
20. Ткаченко С.В., Олішевський В.В., Верченко Л.М., Маринін А.І., Ардинський О.В. Очищення дифузійного соку з використанням препарату наночастинок гідроксиду алюмінію.....	31
21. Пазюк О.Д. Системний підхід до питання оптимізації процесу сушіння зерна.....	33
22. Марценюк О.С., Пастушенко І.М. Оцінка швидкості руху поверхні кавітаційних бульбашок при пароконденсаційній кавітації.....	34
23. Хомічак Л.М., Муштрук М.М., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю. Особливості процесу переестерифікації технічних тваринних жирів у дизельне біопаливо.....	36
24. Хомічак Л.М., Муштрук М.М., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю. Тваринні жири — енергоефективні ресурси України.....	37
25. Євчук Я.В., Дубковецький І.В., Малежик І.Ф. Дослідження біологічно активних речовин при конвективному і мікрохвильовому зневодненні сортів глоду.....	39
26. Пономаренко В.В., Люлька Д.М. Десорбція аміаку з концентрованих водних розчинів.....	40
27. Тищенко А.П. Физико-химические процессы в водной среде, обработанной контактной неравновесной плазмой.....	42
28. Ткачук А.А., Громадська Б.Я., Дрожнікова А.В., Копиленко А.В. Отримання та застосування захисної хітозанової плівки у харчовому виробництві.....	44
29. Ющук І.В., Овчарук В.О., Метльов С.Г. Оптимізація процесів розрахунку сатуратора дифузійного соку цукрового виробництва.....	45
30. Погорілий Т. М., Дмитренко І. М. Чисельне дослідження динаміки пари в граючій камері вакуум — апарату ВАЦМ-60.....	47
31. Пономаренко В.В., Люлька Д.М., Процюк Ю.П. Кожухотрубний теплообмінник з інтенсивною теплообмінною поверхнею.....	48
32. Романовська Т.І. Залежність якості пресової олії від режимів волого-теплової обробки.....	50
33. Кулинченко В.Р. Применение ПАВ при уваривании утфелей.....	51
34. Кулинченко В.Р. Механизм действия ПАВ при уваривании утфелей.....	53
35. Запорожець Ю.В., Ардинський О.В., Василів В.П., Дайнека І.Ф. Електрогідралічний ефект в процесах переробки сільськогосподарської сировини.....	54
36. Гусятинська Н.А. Застосування механічного розкриття клітин для інтенсифікації процесу вилучення сахарози з бурякової сировини.....	56
37. Романюк А.М., Шевченко О.Ю. Режими гідродинамічної взаємодії у газорідному середовищі.....	57
38. Яровий В.Л., Якобчук Р.Л. Характер циркуляції інертного матеріалу у вібропсевдозрідженому шарі при сушінні пивних дріжджів.....	59



39. <i>Тищенко Г.П., Коптильй А.В.</i> Применения модификаторов Ржавчины в пищевых производствах .....	60
40. <i>Сухенко В.Ю.</i> Електрохімічне розчинення сталей і покриттів у м'ясопобібноувальних машинах .....	61
41. <i>Дзюб О.Г., Мануїлов В.В., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Чайка Є.В.</i> Моделювання корозійно-механічного спрацювання металів і захисних покриттів в харчових середовищах-електролітах.....	63
42. <i>Клюк О.Д., Мануїлов В.В., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Чайка Є.В.</i> Зносостійкі плазмово-дифузійні покриття для деталей соляних насосів.....	64
43. <i>Штефан Є.В., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Чайка Є.В.</i> Захист обладнання від корозійно-механічного зношування в технологічних процесах харчових виробництв.....	65
44. <i>Деменюк О.М., Грабовська О.В.</i> Математична модель процесу ферментативного розріджування крохмалю .....	66
45. <i>Ковалев С.В., Ковалева О.А., Змиевский Ю.Г.</i> Разработка электробаромембранного аппарата рулонного типа .....	68
46. <i>Гапонич Л.С., Юрченко М.М.</i> Дослідження процесів термічної переробки бурого вугілля для енергетичних і промислових парогенераторів .....	69
47. <i>Котельникова И.В., Лазарев С.И., Головашин В.Л., Позднякова А.Е., Мирончук В.Г., Змиевский Ю.Г.</i> Очистка сточных вод пищевых предприятий от маслосодержащих компонентов.....	71
48. <i>Бабко Є.М., Вересоцький Ю.І., Олійник В.В.</i> Моделювання гідродинамічних потоків у вакуум-апаратах періодичної дії.....	73
49. <i>Вересоцький Ю.І., Бабко Є.М., Кононов С.М.</i> Визначення аеродинамічних властивостей сушильної башти з метою інтенсифікації процесу розпилювального сушіння молочних продуктів.....	74
50. <i>Пахомова К.Ю., Дашковський Ю.О., Стоянова Л.О.</i> Вплив гідродинамічної обробки сировини на зміну пектинових речовин.....	75
51. <i>Бойко Ю.І., Бородіна В.М., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю.</i> Вплив виду гідролізатора на процес виробництва пектиновмісних паст.....	77
52. <i>Мирончук В.Г., Єщенко О.А.</i> Аналіз рециркуляції клеровки останнього продукту на роботу трикристалізаційної схеми цукрового заводу .....	78
53. <i>Мирончук В.Г., Єщенко О.А., Коцюбинський А.М.</i> Імітаційне моделювання ізогідричного процесу уварювання та кристалізації утфелів .....	79
54. <i>Погорілий Т. М.</i> Знаходження розв'язку нестационарної задачі теплопровідності в двовимірному випадку для прямокутної області з неоднорідними граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою .....	81
55. <i>Заплетніков І.М., Шейна А.В.</i> Технічний рівень та якість сучасного овочерізного устаткування .....	82
56. <i>Копиленко А.В., Тимонін О.М., Сидоренко С.В., Морару В.Н.</i> <i>Коміш Д.В.</i> До випадкової природи процесу кипіння рідини.....	84
57. <i>Буляндра О.Ф., Сінат-Радченко Д.Є., Гапонич Л.С.</i> Спрощення розрахунків тепловіддачі при плівковій конденсації водяної пари .....	85
58. <i>Литвиненко О.А., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Муштрук М.М.</i> Використання гідродинамічної кавітації для виробництва біодизельного палива.....	86

59. Губеня О.О., Сухенко Ю.Г., Бондаренко О.А., Степченко В.В. Ефективне сепарування зерна перед лущенням .....	87
60. Житнецький І. В., Сухенко Ю. Г., Бородіна В.М., Сухенко В.Ю. Способи вилучення пектинів з рослинної сировини.....	89
61. Челелюк О.О., Сухенко Ю.Г., Бородіна В.М., Мудрик А.А. Технологічна лінія для виробництва пектиновмісних паст .....	90
62. Челелюк О.О., Сухенко Ю. Г., Сухенко В. Ю., Баярко Д.В. Оптимізація режимів гідролізу сировини для ефективного вилучення пектинів.....	91
63. Литвиненко О.А., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Муштрук М.М. Інтенсифікація виробництва дизельного біопалива .....	93
64. Мирончук В.Г., Картава М.М. Особливості температурного режиму кристалізації сахарози в перемішувачах-кристалізаторах .....	94
65. Кирик І.М., Василевська С.І. Результати експериментальних исследований процесса инфракрасного нагрева в бытовых тепловых аппаратах.....	95
66. Бурдо О.Г., Буйвол С.М. Екстрагування олій із рослинної сировини з використанням мікрохвильової технології .....	97
67. Бурдо О.Г. Розвиток наукових основ харчових нанотехнологій.....	98
68. Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Борщ А.А. Кінетика тепло- та масообмінних процесів у технології харчових концентратів.....	100
69. Мельник І.В., Федоренко С.Ю. Удосконалення процесів в технології пива з використанням ферменту аттенузім.....	101
70. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Технологічні аспекти виробництва сушених продуктів.....	102
71. Амбарцумянц Р.В., Орлова С.С. Планетарний редуктор з паралелограмним приводом .....	104
72. Станкевич Г.М., Овсянникова Л.К., Зарубін О.В. Удосконалення систем контролю за зерном у складах підлогового зберігання .....	105
73. Заплетніков І.М., Дахов О.Г. Вплив зусилля, що прикладається до товкача овочерізки, на її шумові характеристики .....	107
74. Півоваров О.А., Тищенко Г.П., Миколенко С.Ю., Власенко К.В. Формування якісних параметрів тіста при використанні плазмохімічно активованих водних розчинів .....	108
75. Півоваров О.А., Миколенко С.Ю., Мирошніченко Л.Ю. Вплив розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми, на активність альфа-амілази борошна .....	110
76. Дмитренко Н.В., Михайлик В.А. Експериментальне визначення питомої теплоємності паренхімних тканин яблука.....	111
77. Люта О.В., Гумницький Я.М., Венгер Л.О. Застосування капсульованих мінеральних добрив з метою зменшення забруднення ґрунту та підземних вод.....	113
78. Гузьова І.О., Атаманюк В.М. Гідродинаміка та кінетика під час сушіння кавового шלאму .....	114
79. Акулич А.В., Лустенков В.М., Хомичук О.А., Акулич А.А. Исследование гидравлического сопротивления комбинированного вихревого сушильного аппарата .....	115
80. Буглак А.В., Акулич А.В. Исследование температурного режима в обжарочном аппарате ротационного типа с вытеснителем .....	117

81. Акулич А.В., Гостилицова Л.А. Способ конвективной сушки ягод с прокальванием .....	118
82. Гумницький Я.М., Сабадаш В.В., Сидорчук О.В. Оптимізація процесу адсорбційного очищення стічних вод підприємств харчової промисловості від фосфатів .....	120
83. Данько В.П., Дорошенко А.В. Сонячні холодильні системи на основі тепломасообмінних апаратів з рухомою насадкою .....	121
84. Евдокимов А.В. Исследование удерживающей способности и среднего времени пребывания материала в объеме рабочей камеры установки.....	122
85. Киркор М.А., Махлов Р.В., Никитин И.Н. Разделение тонкодисперсных пищевых порошков на фракции .....	124
86. Сукманов В.О., Громов С.В. Дослідження впливу високого циклічного тиску на структуроутворення і дисперсійність вершкового масла.....	125
87. Захаревич В.Б., Мироненко С.М., Бородавка Я.С. Удосконалення процесу формування і розформування штабеля мішків із цукром .....	128
88. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Пазюк В.М. Ефективна технологія отримання антиоксидантних порошків .....	129
89. Коляновська Л.М. Інтенсифікування екстрагування олії із сої та ріпаку впливом електромагнітного поля.....	131
90. Маяк В.И., Ляшенко Б.В., Сардаров А.М. Компрессионные свойства сухих конфитуров при воздействии вибрации.....	132
91. Лісовенко О.Т., Стадник І.Я. Розвиток конструктивних схем для безлопатевого змішування .....	134
92. Закалов О.В., Бортник А.І. До питання підвищення довговічності робочих органів кутера .....	136
93. Бандура В.М. Основи моделювання процесу екстрагування олієвмісної сировини .....	138
94. Постнов Г.М., Червоний В.М. Аналіз існуючого обладнання для проведення процесу ультразвукового емульгування жиромісткої сировини.....	139
95. Соколов С.А., Севаторов М.М. Використання високого тиску для виробництва реструктурованої шинки з м'яса кролів .....	141
96. Черевко О.І., Кінтєла Л.В., Загорулько О.Є. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі у роторному плівковому апараті.....	142
97. Гвоздев О.В., Самойчук К.О., Паляничка Н.О. Метод оцінки якості гомогенізації молока .....	144
98. Червоткіна О.О., Олексієнко В.О. Огляд конструктивних схем пресів ....	145
99. Бородін В.О. V-технологія збивання .....	146
100. Сімахіна Г.О., Миколів Т.І. Використання сублимаційного висушування та дезінтеграційного подрібнення для отримання біодобавок зі збагаченого мікроелементами зерна.....	148
101. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Дослідження структурно-механічних характеристик сирної пилюки .....	149

Наукове видання

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
І ОБЛАДНАННЯ — ЗАПОРУКА ІННОВАЦІЙНОГО  
РОЗВИТКУ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

10 – 11 квітня 2012 р.

**МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ**

Комп'ютерна верстка **М.О. Каленкової**

Підп. до друку 06.04.12 р. Формат 70×100/16.  
Обл.-вид. арк. 13,92. Ум. друк. арк. 12,58. Наклад 100 прим.  
Вид. № 11/12. Зам. № 11-12

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68  
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.