Міністерство освіти і науки України

Одеський національний технологічний університет

Факультет Нафти, газу та екології

Кафедра Екології, води та природоохоронних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 101 «Екологія»

Освітня програма Екологічний контроль і аудит

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему « Дослідження процесу сушіння рослинних відходів харчової промисловості»

Здобувача Глущенко А.А.

СВО «Магістр» 2 курсу

Керівник : доцент Бондар С.М.

Консультанти: доцент Бондар С.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 20____ р., протокол №

Завідувач кафедри Е,ВтаПТ Олексій ГАРКОВИЧ

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет НГтаЕ
Кафедра Екології, води та природоохоронних технологій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма Екологічний контроль і аудит

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Олексій ГАРКОВИЧ

«____»_____ _____р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Глущенка Анатолія Анатолійовича

1.Тема роботи «Дослідження процесу сушіння рослинних відходів харчової промисловості»

Затверджена наказом ОНТУ від 27.01.23 наказ 21-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 13 листопада 2023р

3. Вихідні дані роботи

Обєкт роботи-яблучні вичавки, сушильні процеси рослинних відходів, лабораторні сушильні установки,методики проведення експериментів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Огляд літератури за темою досліджень, вибір методів аналізу та методик проведення експериментів, Визначення основних параметрів сушильних процесів та вибір найкращого, розрахунки характеристик сушильних процесів, побудова графіків, розробка та опис технологічної схеми, розробка питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень) графіки залежностей вмісту вологи від часу сушіння при різних температурах і способах.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1Літературний огляд	Бондар С.М	10.09.	13.11.
2. матеріали та методи досліджень	Бондар С.М	10.09.	13.11.
3.Результати та обговорення	Бондар С.М	10.09.	13.11.
4. Охорона праці	Бондар С.М	10.09.	13.11.

7. Дата видачі завдання_____

Керівник _____ Бондар С.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Глущенко А.А.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел з проблематики досліджень	01.09.	
2.	Проведення аналізів сировини	1.09-20.09	
3.	Проведення дослідів з сушіння яблучних вичавків	20.09-25.10.	
4.	Обробка експериментальних даних, проведення необхідних розрахунків	26.10-05.11	
5.	Аналіз показників якості готової продукції	26.10-5.11	
6.	Оформлення роботи та презентації	26.10-12.11	
7.	Представлення роботи на кафедру	13.11.	
8.			
9.			

Здобувач-дипломник _____ Анатолій ГЛУЩЕНКО

Керівник роботи _____ Сергій БОНДАР

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Глущенко А,А. _____

ПІБ Підпис

АНОТАЦІЯ

Робота складається із 4 розділів, розрахунково-пояснювальної записки обсягом сторінок машинописного тексту, рисунків, таблиць, 18 посилань на літературні джерела. Тема роботи пов’язана із актуальною проблемою утилізації рослинних відходів і вторинних матеріальних ресурсів харчової промисловості, а саме дослідженням процесу сушіння яблучних вичавків, що є рослинними відходами харчової промисловості.

Проведено аналіз літературних джерел, у яких висвітлено проблеми: цінності яблучних відходів, методів їх переробки, відомості про сушильні процеси та обладнання, сучасні технології утилізації рослинних відходів.
Наводиться характеристика об’єкта досліджень.

Наведено методики проведення досліджень, вказані стандартні і розроблені методики контролю показників, що характеризують якість сушильних процесів та готового продукту. Наводиться характеристика об’єкта досліджень. Наводяться основні результати експериментів і їх обговорення. Пропонується технологічна схема утилізації рослинних відходів.

Зроблено висновки і надано рекомендації, щодо використання сушіння в технологіях утилізації рослинних відходів. Розглянуті питання охорони праці, щодо проведення робіт у науковій лабораторії при виконанні експериментальної частини кваліфікаційної роботи магістра.

Ключові слова: яблучні вичавки, сушіння, інтенсифіковані сушильні процеси, технології утилізації відходів, харчова промисловість.

ЗМІСТ арк.

ВСТУП

Задоволення потреб населення України у товарах народного споживання тісно пов’язане з одним з ключових напрямків екологізації харчової промисловості – раціональним і економним використанням матеріальних ресурсів. Широке використання у харчовій промисловості прогресивних рецептур продуктів, сучасних норм витрат сировини, заходів енергоощадження, маловідходних технологій, комплексної переробки сировини повинне супроводжуватись впровадженням технологій утилізації відходів сировини рослинного та тваринного походження.На відміну від інших галузей народного господарства харчова промисловість має за мету задовольнити найважливіші потреби людини – потреби у харчових продуктах, їжі.Харчова промисловість є однією з матеріаломістких галузей. Ось чому раціональне використання не тільки сировини, але й її відходів є важливим з точки зору підвищення виробництва харчових продуктів і росту ефективності виробництва.

Багато галузей харчової промисловості переробляють надзвичайно велику масу сировини і отримують відносно невелику кількість цільового продукту, який являє собою один або декілька найбільш цінних компонентів. Наприклад, вихід олії з соняшникового насіння становить не більше 50%, отримання 1 т спирту потребує переробки більше 10 т картоплі, 3 т зерна тощо.

При переробці багатьох видів сільськогосподарської сировини отримують побічні продукти і технологічні відходи. У ряді випадків ролинні відходи є вторинними матеріальними ресурсами, тобто термін „відходи” є доволі умовним. Рослинні відходи, по суті, є тими ж побічними продуктами, які отримують у виробничому процесі. Внаслідок різних факторів таку сировину не можна ефективно використовувати, наприклад, з технологічних, санітарно-

гігієнічних або економічних міркувань. Переробка рослинних відходів також може бути чинником як економічного зиску, так і збитку для підприємства.

Використання рослинних відходів харчової промисловості у залежності від технології їх утилізації може бути розгалуженим. Відходи можуть бути використанні у галузі харчової промисловості, де вони утворюються, і давати додатковий приріст готової продукції. Їх можна використовувати як сировину, або технологічний компонент у інших виробництвах, наприклад, комбікормових, мікробіологічних, хімічних і навіть будівельних і фармацевтичних. Відходи у багатьох випадках є цінною кормовою базою для годівлі сільськогосподарських тварин і птиці навіть без додаткової обробки. Однак, треба зважити на те, що такі відходи можуть швидко псуватися. Використання відходів харчової промисловості у якості добрива є відомим і звичним прийомом утилізації, хоча в цьому випадку не виключене можливе негативне навантаження на навколишнє середовище.

Світова практика свідчить про те, що рослинні відходи харчової промисловості можуть бути матеріальною базою для отримання органічних кислот, олії, ефірних олій, барвників, спирту, ефірів, вітамінів, фосфатидів, комплексних кормових і харчових добавок і навіть палива. В Україні цей потенціал використовується далеко неповно. Ще за часів СРСР у кращому випадку 40...50% відходів харчової промисловості використовувались для виробництва цінних продуктів. Однак і у цьому випадку утворювались великі кількості вторинних відходів, які аж ніяк не утилізувались. Сьогодні є багато наукових розробок, пов*язаних поводженню з відходами харчової промисловості. Вдосконалюються технології, обладнання, апаратурне оснащення. Набувають бурхливого розвитку біотехнологічні дослідження у галузі технології утилізації відходів, у тому числі – з отриманням паливних ресурсів. До переробки рослинної сировини харчової промисловості треба

підходити комплексно, із урахуванням впливу на довкілля і його можливі негативні наслідки.

Одним з надійних і широковживаних способів обробки рослинних відходів є сушіння, що дозволяє значно зменшити навантаження на довкілля і розширити сфери застосування рослинних відходів харчової промисловості.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика рослинних відходів переробки яблук

Яблука є надзвичайно популярним фруктами. Вони розповсюджені в різних регіонах [1,2]. Світове виробництво яблук - це 60 мільйонів тонн із площі близько 6 мільйонів га. Більша частина яблук споживається у свіжому виді . Чверть переробляється у різні продукти, з яких безумовним лідером є яблучний сік-концентрат. Все інше-це упаковані натуральні готові до вживання плоди ,яблучний сік, яблучний сидр, вино та вермут, яблучне пюре та джеми та сушені яблучні продукти [3,4] . Україна є солідним виробником яблук у світі. Це одна з основних фруктових сільськогосподарських культур нашої країни.

Переробка яблук призводить до накопичення великої кількості вичавок та інших яблучних відходів .Вичавки містять клітковину, цукри, целюлозу, геміцелюлози, пектин . що визначає широкий спектр їх використання в хлібопекарській промисловості для виробництва продуктів ,збагачених харчовими волокнами. Вміст сирої клітковини в яблучних вичавках становить до третини сухої маси. Це більше, аніж містять пшеничні та вівсяні висівки. Вони мають високе водопоглинання, що є корисною властивістю для низки харчових продуктів. Яблучну клітковину включають в кондитерські,хлібобулочні та навіть м*ясні вироби лікувально-профілактичної дії. Яблучні вичавки –цінна сировина для біотехнологічних процесів отримання вітамінів,спирту, кормових добавок .

У публікації [3] зроблено висновок , що яблучні вичавки традиційно використовуються як корм для худоби. Однак це лише невелика кількість, тому що швидке псування вологих вичавків є результатом мікробіологічних та ферментативних процесів. Одним з перспективних процесів обробки вичавків є сушіння. Сушені яблучні відходи є зручно та ефективно потім використати як кормову добавку або сировину для подальшої обробки, наприклад виробництва харчових добавок, сумішей для компостування або для живлення

мікробів в біотехнологічних процесах. Сушіння людство застосовувало з давніх часів. Сьогодні – це потужна галузь, що бурхливо розвивається.Дослідження в цій є численними і кількість їх і надалі росте. Цей феномен можна пояснити тим,що сушіння є одним з домінантних технологічних процесів з високим енергоспоживанням у публікаціях [4,5,6] вказують на четверту частину всього енергоспоживання промисловості. Автори роботи [13] вважають , що яблучні вичавки потрібно спочатку висушити для ефективного зберігання при виробництві пектину. Вони вважають. що сушіння позитивно впливає на вихід пектину. Зазвичай на окремих яблукопереробних підприємствах не встановлюють сушильні лінії для вичавок. а кооперують декілька виробництв з єдиним потужним сушильним заводом.

Технології виробництва яблучного соку та сокових продуктів передбачають накопичення солідної кількості вичавок, оскільки вони становлять 25-35% маси перероблених яблук [15]. У всьому світі накопичується у сезон переробки яблук колосальна кількість яблучних вичавок. Вони мають до 75% вологи. Це визначає їх великий обсяг та робить вичавки чудовим живильним середовищем для мікроорганізмів [11]. псування вичавок є причиною неприємних запахів. Можливе також накопичення у вичавках небезпечних для людини метаболітів, наприклад, мікотоксинів. Вихідна сировина відрізняється балансом розчинних і нерозчинних сполук.. У свіжих яблуках на 100г міститься близько 0,50 г нерозчинної клітковини та 0,40 г розчинної[13]. Вичавки мають вищу за інші харчові волокна якість, через наявності присутність великої кількості біологічно активних сполук. Серед них присутні флавоноїди, поліфеноли та каротини. Пектини вичавок здатні добре утримувати воду та жир.Низька енергетична цінність та вмісту фітинової кислоти ще більше додають вичавкам дієтичних властивостей [13].

Використання вичавок на корм тваринам має недоліки через невисокий вміст протеїну, який є необхідним фактором нарощування маси .

Високий вміст пектину та пентозанів додатково гальмують цей напрямок використання без додаткової обробки. Вичавки вважаються фінною сировиною для виробництва не тільки пектину пектину, ксилоглюкану, натуральних ароматичних добавок, але навіть біопалива / 2,3.4 /. Порошок яблучних є зручною формою для споживачів. Сушені вичавки мають подовжений термін зберігання при звичайній температурі. Вони легко можуть бути подрібнені до бажаного стану дисперсності навіть у домашніх умовах, що дуже зручно. Цікаві данні / 2,5 / свідчать про можливість використання сушених вичавок для виробництва ферментів. Автори / 4,7.8 /стверджують, що яблучні вичавки є перспективні як субстрат для виробництва мікробної β-фруктофуранозидази. Вона каталізує ферментативний гідроліз фруктофуранозиду до спирту та D-фруктози. Тцей фермент широко використовується для перетворення для виробництва глюкозно-фруктозних сиропів.Яблучні вичавки є сировиною для виробництва молочної та лимонної кислоти, та біоетанолу / 3,6.9 / .

Таким чином . перспективні напрями використання вичавок можуть суттєво поліпшити проблеми забруднення довкілля. Додатково покращиться ефективність сокового виробництва. Використовуючи рослинні відходи для отримання додаткової продукціїі дає зиск отримання додаткового прибутку, що є позитивним економічним фактом.

1.2 Сушіння рослинних відходів харчової промисловості- процес забезпечення стабільного зберігання.

1.2.1 Причини псування рослинних відходів харчової промисловості

Рослинні відходи харчової промисловості у більшості випадків мають високий вміст вологи, яка зв’язана з компонентами хімічного складу і

структурними елементами тканин різними видами зв’язків: хімічними, фізико-хімічними і механічними. Вода у відходах є середовищем обміну речовин і розвитку мікроорганізмів. Мікроорганізми живляться сполуками хімічного складу відходів тільки тоді, коли вони є розчинними у воді. Спеціальної травної системи у мікроорганізмів на відміну від вищих організмів немає. Мікроорганізми всмоктують тільки водні розчини живильних сполук всією поверхнею клітини за рахунок осмотичного ефекту. Це явище виникає внаслідок напівпроникності цитоплазмової оболонки клітини і різниці у концентрації сухих речовин всередині і зовні клітини. У нормальних умовах клітини мікроорганізмів містять у цитоплазмі більшу концентрацію сухих речовин ніж зовні. Ось чому вода і низькомолекулярні живильні сполуки проникають в середину клітини і трансформуються у пластичний і енергетичний матеріал, необхідний для дихання і росту мікроорганізмів. Якщо концентрація сухих речовин зовні клітини більше, ніж в середині, то виникає явище осмотичного відтоку води і розчинних сполук з клітини, обмінні процеси гальмуються, або повністю припиняються, клітина впадає у стан анабіозу, мікроорганізми не розвиваються.Саме внаслідок таких явищ більшість мікроорганізмів не розвивається на висушених об’єктах, у яких остаточний вміст води низький, ця волога міцно пов’язана з харчовим матеріалом. Пов’язана волога на відміну від вільної є поганим розчинником органічних і неорганічних сполук. Ось чому при видаленні більшої частки вологи з відходів харчової промисловості втрачається основа для розвитку мікроорганізмів – водне живильне середовище.

Розвиток мікроорганізмів є однією з основних причин псування харчових об’єктів і відповідно їх відходів, що виникають у наслідок проведення різних технологічних операцій на шляху перетворення сировини у готові продукти харчування. Середовище для розвитку мікроорганізмів в цьому випадку ідеальне. Більшість необхідних сполук розчинені у воді і легкодоступні для включення їх у обмін речовин мікробної клітини.

Іншою стороною псування рослинних відходів є дія ферментних природних систем. На певних етапах харчових технологій ферменти, що містяться у сировині, продовжують регулювати обмінні процеси, пов’язані з обміном клітин тканин сировини. Це явище має місце до тих пір, поки ферменти не будуть інактивовані. В харчових технологіях здебільшого дія ферментів гальмується або припиняється під впливом тепла. Такі теплообмінні процеси як бланшування, підігрівання, обжарювання, випікання та інші завжди необхідні з кулінарних і технологічних міркувань. Однак, якщо відходи утворюються на стадіях технології до моменту теплової обробки, то ферменти природного походження продовжують активізувати розпад сполук хімічного складу цих об’єктів.

Внаслідок дії гідролітичних ферментів структура тканин розм’якшується. Окислювальні ферменти негативно впливають на вітамінний комплекс сировини, речовини, які обумовлюють колір. В сукупності дія ферментів призводить до накопичення низькомолекулярних водорозчинних компонентів, що додатково дає поштовх до інтенсивного розвитку мікрофлори.

У відходах рослинного і тваринного походження не тільки втрачається ціла низка цінних компонентів, які обумовлюють їх харчову і кормову цінність. Внаслідок розвитку мікрофлори накопичується ряд метаболітів (продуктів обміну речовин), серед яких можуть бути не тільки ті, що надають неприємного запаху. У певних випадках, коли у відходах розвивається пліснява і гнильні форми бактерій, можуть накопичуватися мікотоксини широкого спектру і отруйні речовини (похідні меркаптану, індол, скатол та ін.).

Таким чином, щоб зберегти рослинні відходи як цінну сировину, треба запобігти насамперед розвитку мікроорганізмів і інактивувати ферментну систему. Одним з надійних і широковживаних способів зберігання технологічних відходів є сушіння.

1.2.2 Основні відомості про процес сушіння з теоретичними посиланнями.

Сушіння являє собою досить складний технологічний тепломасообмінний процес видалення вологи сировини під впливом тепла, або інших факторів з метою подовження терміну зберігання.Рослинні та тваринні відходи харчових виробництв можуть мати рідку або тверду консистенцію і уявляють собою водні розчини високо- і низькомолекулярних сполук або капілярно порожнинні об’єкти з дуже розвинутою поверхнею контакту з повітрям.В сушильних процесах вологі відходи розглядають як суміш абсолютно сухих речовин і води. Якщо через M_C позначити масу всіх сухих речовин сировини, а W - масу вологи (води), то справедливе буде рівняння для маси вологого матеріалу M (кг):

$$M=Mc+W \qquad (1.1)$$

Важливою характеристикою вологих відходів вологість

$$W^0 = \frac{W}{M} \cdot 100, \%. \qquad (1.2)$$

Під час видалення вологи методом сушіння вологість має тенденцію змінюватись від початкового значення до 0% (абсолютно сухий матеріал).

Кількість вологи, котра видаляється з об’єкту:

$$W = M_1 - M_2, \qquad (1.3)$$

де M_1, M_2 - маса вологого об’єкту до і після сушіння відповідно.

Кількість вологи, котра видаляється в процесі сушіння може бути обчислена за виразом:

$$W = M_1 \frac{W_1^o - W_2^0}{100 - W_2^0} = M_2 \frac{W_1^0 - W_2^0}{100 - W_1^0}, \qquad (1.4)$$

де W_1^0 і W_2^0 - вологість відходів відповідно до і після сушіння.

В технології сушіння у більшості випадків при розрахунках і наукових дослідженнях поняттям “вологість” не користуються. В процесі сушіння маса вологого матеріалу безперервно зменшується. Це унеможливлює чіткий розрахунок процесу сушіння. Незмінною величиною, як вважають, залишається маса абсолютно сухих речовин M_C, тому введено поняття вологовміст:

$$\mu = \frac{W}{M_C} \cdot 100, \%. \qquad (1.5)$$

Таким чином кількість вологи, що випаровується під час сушіння:

$$W = M_1 \frac{\mu_1 - \mu_2}{100 + \mu_1} = M_2 \frac{\mu_1 - \mu_2}{100 + \mu_2}. \qquad (1.6)$$

Вологовміст і вологість відходів пов’язані рівнянням

$$\mu = \frac{\mu^0}{100 - \mu^0} \cdot 100, \qquad (1.7)$$

$$\mu^0 = \frac{\mu^0}{100 - \mu} \cdot 100. \qquad (1.8)$$

Наведені вище досить прості формули є дуже корисними при розрахунках і прогнозуванні кількостей отриманої сушеної продукції, випареної вологи, при підборі технологічного обладнання для практичного застосування розробленого сушильного процесу тих або інших відходів харчової промисловості. Неодмінним етапом при розробці процесів сушіння є складання матеріального балансу:

$$M_1(100 - \mu_1^0) = M_2(100 - \mu_2^0), \qquad (1.9)$$

де M_1, M_2 - відповідно маса відходів до і після сушіння, кг

μ_1^0, μ_2^0 - відповідно вологість відходів до і після сушіння, %.

Для детального розрахунку сушильних процесів необхідні також теплофізичні характеристики відходів, такі як питома теплоємність, коефіцієнт теплопроводності, коефіцієнт температуропроводності, реологічні показники, наприклад, в’язкість. Значення потрібних коефіцієнтів і величин досить повно вивчені стосовно харчових об’єктів і наведені у літературі [12,14].

1.2.3 Способи сушіння рослинних відходів харчової промисловості і конструкції сушильних установок

В умовах зростання дефіциту і подорожчання енергетичних ресурсів одним з визначальних критеріїв вибору способу сушіння є енерговитрати на проведення процесу. На рис. 1.1 для порівняння наведені енерговитрати різних способів сушіння [1, 16].

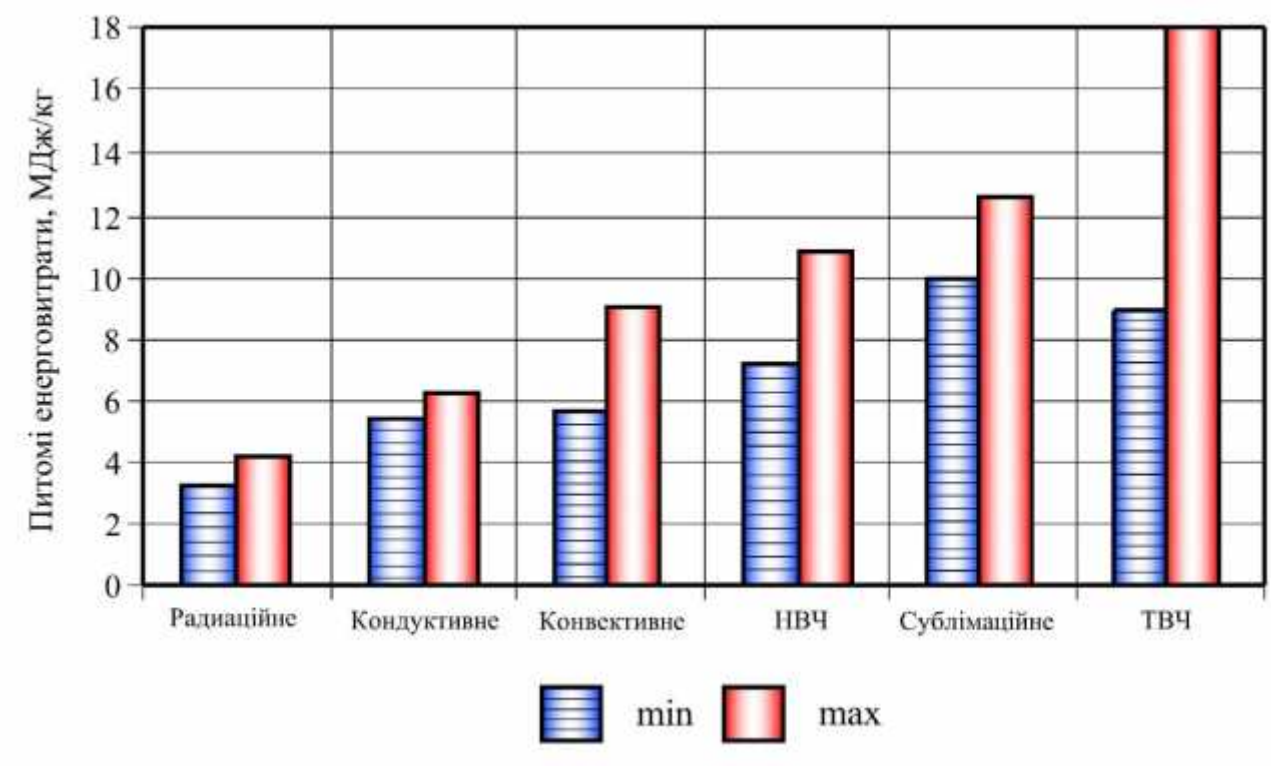


Рис. 1.1. Питомі енерговитрати різних способів сушіння

Відомі на сьогодні способи сушіння відрізняються в першу чергу способом підводу тепла до об’єкту сушіння. Застосовують найширше конвективний і кондуктивний (контактний) способи. Рідше, внаслідок дороговизни, використовують підвід тепла термовипромінюванням, наприклад, інфрачервоними променями, і у полі токів високої і надвисокої частоти.

Конвективний спосіб відрізняється від інших тим, що сушильний агент (повітря, перегрітий пар, гази) водночас виконує функції теплоносія і водопоглинача. Відносна простота способу і можливість регулювати температуру відходів визначають його широке застосування на практиці. Однак видалення вологи з матеріалу в цьому випадку гальмується різним напрямком градієнтів температури і вологовмісту (вологості). До недоліків можна віднести також відносно невелике значення коефіцієнту тепловіддачі від сушильного агенту до поверхні об’єкту сушіння.

Інтенсифікація конвективного способу сушіння може здійснюватись у широких межах за рахунок збільшення швидкості і температури сушильного агента, подрібнення об’єкту сушіння.

Кондуктивний спосіб підведення тепла до об’єкту сушіння базується на явищі теплопередачі при контакті його з нагрітою поверхнею. В цьому випадку повітря є тільки поглиначем водяної пари, котра видаляється з об’єкту. Тепловіддача за даним способом значно інтенсивніша у порівнянні з конвективною. Коефіцієнт тепловіддачі кондуктивним способом більше ніж у 10 разів перевищує подібний при конвекції.

Вибір конструкції сушарки для промислового сушіння відходів харчової промисловості залежить від їх консистенції і хімічного складу. Для сушіння відходів з твердою консистенцією можна застосовувати конвективні камерні, тунельні, шахтні, барабанні і стрічкові конвеєрні сушарки, найбільше застосування знаходять також сушарки з завислим шаром і вібраційні апарати.

Конвеєрні, барабанні сушарки, вібраційні і апарати з завислим шаром об’єкта сушіння мають найбільшу перспективу для випуску сушених технологічних відходів рослинної сировини.

Принципова схема стрічкової конвеєрної сушарки представлена на рис. 3.1. Сушарка комплектується загрузочною стрічкою 1, по якій сировина подається в сушильну камеру корпуса сушарки 2. На початку загрузочної стрічки зазвичай розсташовують розподільний пристрій для рівномірного завантаження сировини тонким шаром. В сушильній камері по висоті розсташовуються чотири або п’ять однотипних конвеєрних стрічок, виготовлених з металевої сітки, натягнутої на барабани 5. Швидкість переміщення конвеєрів узлагоджена і може регулюватись за допомогою редуктора. Переміщаючись з стрічки на стрічку сировина підігрівається повітрям, що проходить через па рові калорифери 7. Свіже повітря поступає у сушарку знизу. Відпрацьоване повітря видаляється за допомогою вентилятора 4 і містить водяну пару.Нижня стрічка сушарки не обігрівається, а слугує для охолодження сушеної сировини. Готовий продукт по спеціальному лотку передається на подальшу обробку.

Стрічкові конвеєрні сушарки забезпечують безперервність сушіння технологічних відходів і знижують витрати ручної праці на їх обслуговування. Недоліками конвеєрних сушарок є обмеженість швидкості і нерівномірний розподіл нагрітого повітря і вологи. Це призводить іноді до місцевого перегрівання матеріалу. З огляду на це для збереження якості відходів температуру сушильного агенту не слід піднімати вище 80…82°С. У випадках, коли товарний вид сушеного продукту не має особливого значення, температуру сушіння можна скласти і вище.

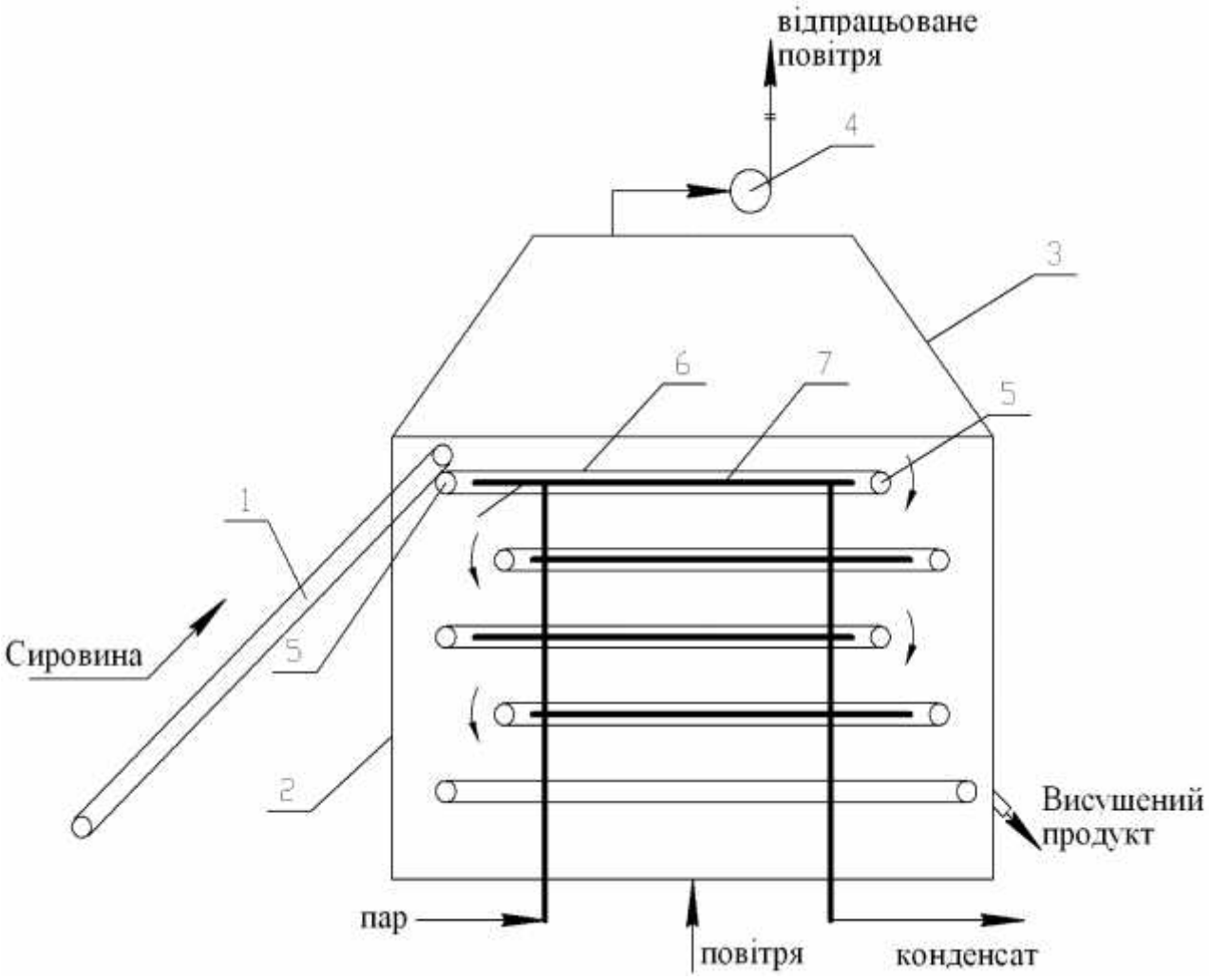


Рис. 1.2. Принципова схема конвеєрної сушарки

1. Завантажувальний конвеєр 2. Корпус 3. Витяжний ковпак

4. Вентилятор5.Барабан 6. Стрічка конвеєра7. Калорифер

Поліпшення якісних показників сушеної сировини завжди тісно пов’язане зі скороченням тривалості процесу, тобто тривалості теплової дії на об’єкт, а

також з рівномірністю нагрівання сировини в процесі сушіння і максимально можливим видаленням вологи. Інтенсифікувати процес сушіння в значній мірі дозволяє застосування сушарок з завислим шаром сировини, що обробляється.

Взагалі у сушарках, котрі працюють за принципом руху повітря через шар матеріалу, теплообмін збільшується майже удвічі у порівнянні з рухом повітря паралельно матеріалу. Подальша інтенсифікація сушіння проходить за рахунок зміни нерухомого стану сировини у завислий.

Завислий шар характеризується безперервним і хаотичним рухом часток, що супроводжується інтенсивним перемішуванням у фіксованому об’ємі по висоті. Перехід до такого стану досліджується, коли швидкість проходження через шар сировини повітрям досягає критичного значення. В цьому випадку перепад тиску шару наближається по значенню до маси шару, що розподілена на одиниці площі решітки. У завислому стані маса часток матеріалу урівноважена силою тертя обтікаючого потоку повітря.

Висота завислого шару для кожної швидкості повітря має певне значення в залежності від значень порожнистості шару і дійсної швидкості повітря у каналах, утворених порожнинами між частками матеріалу. Збільшення швидкості повітря призводить до збільшення висоти завислого шару і порожнистості.

У початковій фазі завислого шару повного перемішування відходів сировини у процесі сушіння немає. Інтенсивно частки починають перемішуватись у розвинутій стадії завислого шару, тоді, коли рух часток проходить вихроподібно. Висота шару в цьому стані більше, ніж висота шару нерухомого матеріалу.

В завислому стані шар сировини набуває розвинутої площі випаровування вологи, рівномірно і швидко нагрівається, частки всебічно омиваються повітрям і тим самим досягається різке скорочення тривалості

процесу сушіння. Перед сушінням технологічні відходи подрібнюють. Кращі результати сушіння досліджуються, якщо частки сировини мають щонайменший розмір і більш-менш правильну геометричну форму. Цього можна досягти не тільки розрізанням, але й перетворенням сировини у гранули циліндричної, наприклад, форми. Промисловість випускає подібні гранулятори, котрі застосовуються у виробництві кормів для тварин. У порівнянні з стрічковою конвеєрною сушаркою тривалість сушіння зменшується у разі застосування завислого шару у десять і більше разів і зменшуються питомі витрати тепла, що дуже важливо у контексті енергоощадження.

Підготовлені технологічні відходи проходять обробку у сушарках завислого шару, конструкція яких представлена на рис. 1.2.

Сушарка уявляє собою циліндричну камеру 3. Сировина поміщається між двома обмежувальними решітками 5 для запобігання виносу часток із зони сушіння. Повітря за допомогою вентилятора через калорифер 2, де воно підігрівається, подається під нижню решітку. Температура сушіння складається набагато вища, ніж у випадку конвеєрних сушарок і становить 120°С і більше. Її регулюють зміною потужності обігрівача (калорифера). Швидкість повітря для досягнення завислого шару регулюється продуктивністю вентилятора і заслінкою, котра встановлюється у системі подавання повітря у камеру. Вібраційні сушарки теж застосовують для утворення завислого шару сировини. Він утворюється або під впливом тільки вібраційних коливань, або при комбінованій дії віброколивань і швидкості повітря. У першому випадку нагрівання сировини виконують інфрачервоним випромінюванням або контактним способом, у другому – конвективним способом.

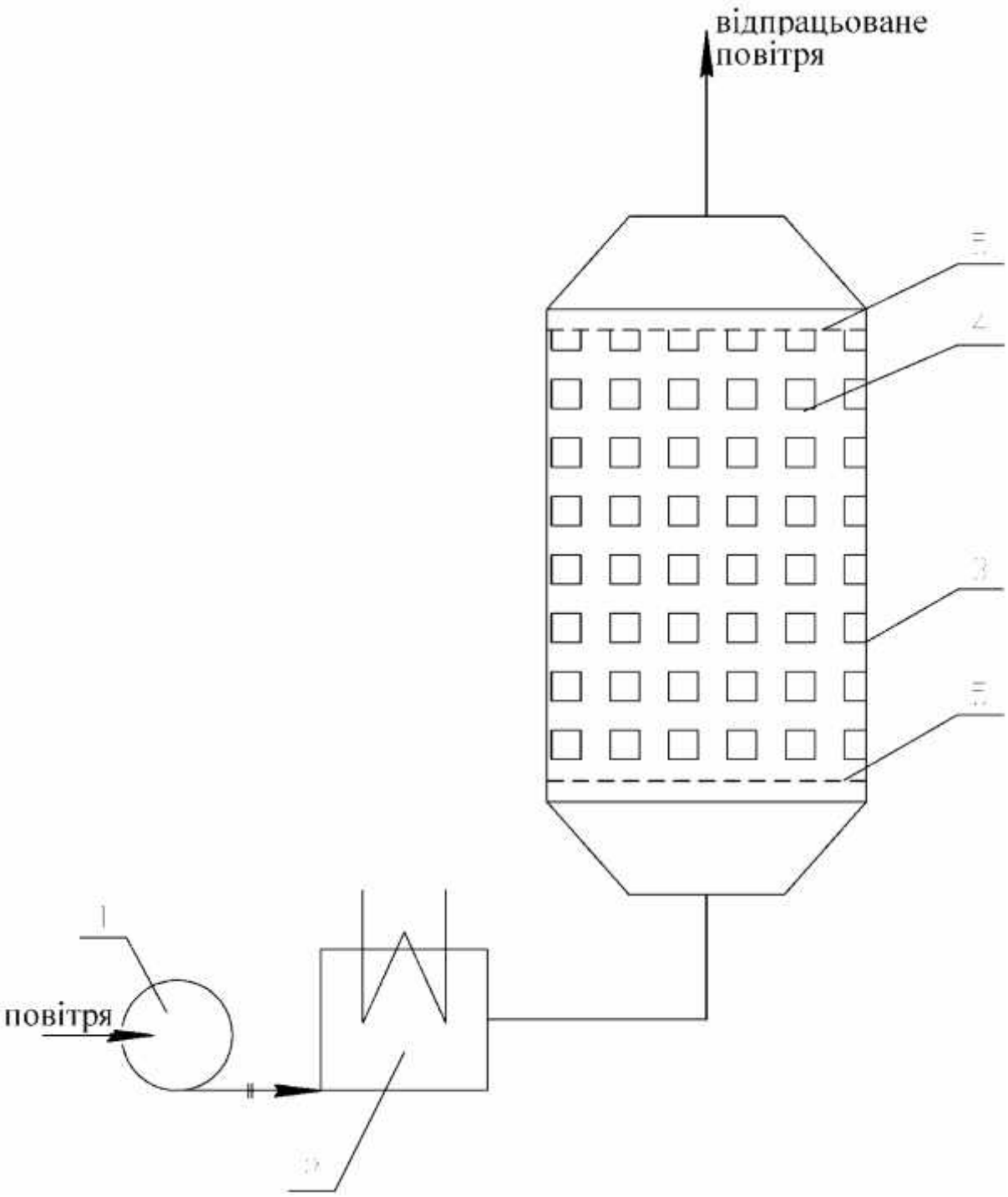


Рис. 1.3. Принципова схема сушарки з завислим шаром об’єкту сушіння

1. Вентилятор2. Калорифер3. Сушильна камера 4. Частки сировини 5. Решітка

Подібні сушарки використовують для обробки дрібнозернистих відходів харчової промисловості. Сушарки мають камери зазвичай прямокутної форми,

у середині котрих є одна або декілька ступінчастих сіток. Для утворення рівномірного завислого шару сушильний агент подається під решітку і розподіляється рівномірно по всій її площі. Вологий матеріал подається на решітку у верхній частині або збоку сушильної камери. Видалення сушеного продукту проходить на рівні шару матеріалу у нижній частині сушильної камери. Схема вібраційної сушарки завислого шару представлена на рис. 3.3. Подрібнені технологічні відходи подаються у сушарку зверху через спеціальний живильний пристрій 7. В середині сушильної камери 1 за допомогою спеціального каркасного пристрою змонтовані сушильні короба 4, які мають розподільні решітки 5, над якими розташовується продукт. Короба в кінці мають патрубки для передачі продукту на сусідній знизу короб і через систему тяг з'єднані з віброприводом 6, який змушує короба вібрувати у вертикальній площині. Нагріте за допомогою калориферів 3 повітря за допомогою вентиляторів 2 подається у сушильний короб під розподільну решітку так, що через спеціальні пази у сітці виходить через шар продукту у вертикальному і похилому напрямку у сторону розвантажувального патрубка до нижнього короба. Таким чином за допомогою нагрітого повітря і вібрації утворюється завислий шар, котрий переміщається уздовж сушильного короба, передається у наступний короб і потім з останнього короба видаляється з сушарки. Кожна сушильна секція сушарки (короб) має свою систему подачі сушильного агента, котра дозволяє регулювати температуру окремо у кожній секції. Переміщення продукту вздовж короба проходить під впливом подачі свіжої порції сировини через живильник 7. Висота порогів коробів, подача сировини змінні і дозволяють варіацією співвідношення їх величин регулювати продуктивність сушарки і тривалість перебування продукту у зоні сушіння. Зазвичай висота порогів не перевищує 100 мм. Тривалість сушіння може становити від декількох до 20 хвилин в залежності від характеристик вихідних технологічних відходів.

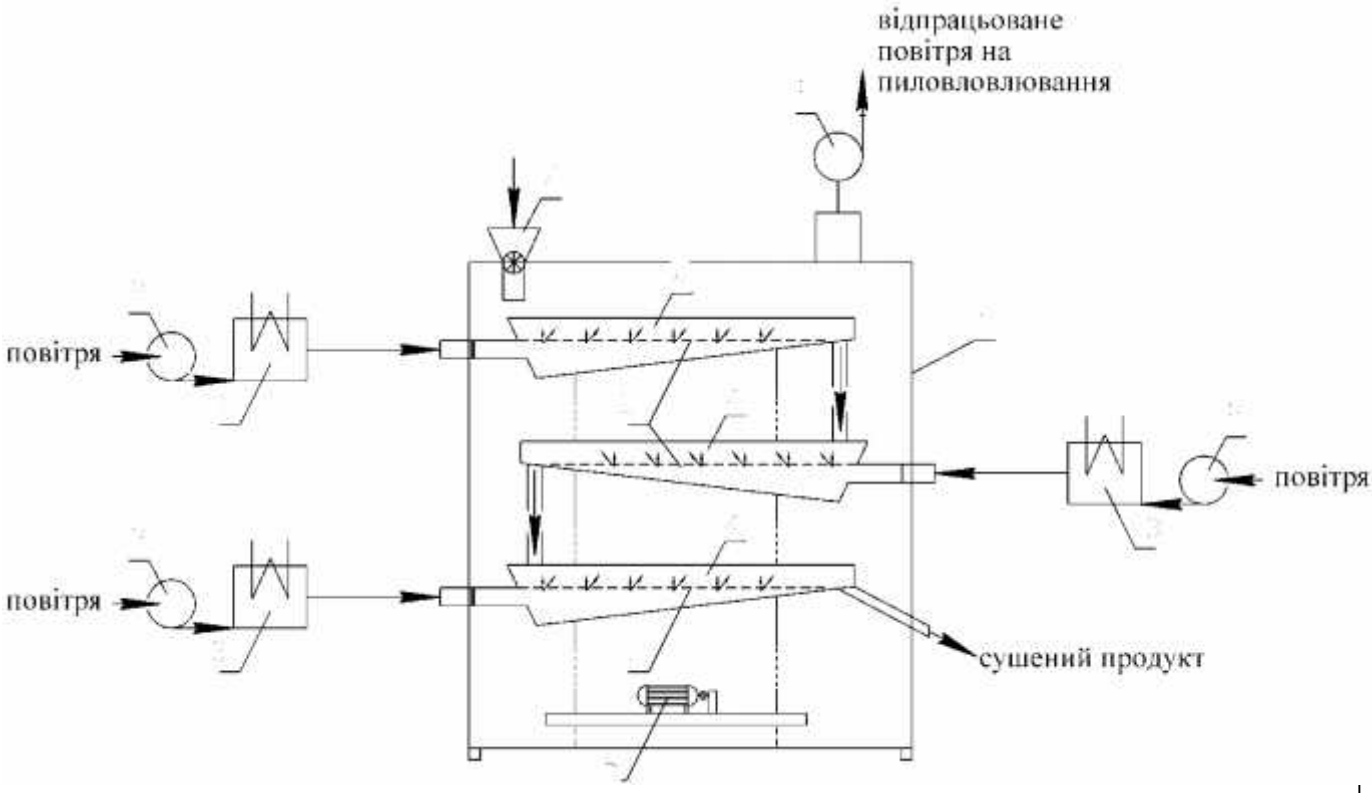


Рис. 1.4. Принципова схема вібраційної сушарки завислого шару

1. Корпус сушильної камери

2. Вентилятор

3. Калорифер

4. Короб

5. Розподільна решітка6. Вібропривід7. Живильний пристрій

Для сушіння рідких рослинних відходів харчової промисловості можна застосовувати розпилювальні сушарки, сушарки з завислим шаром інертних носіїв і валкові сушарки. Перші два типи відносяться до конвективних апаратів сушіння.

В розпилювальних сушарках складається дуже розвинута площа випаровування дрібнодисперсних часток розчину, котрі втрачають вологу у потоці нагрітого сушильного агенту. Сучасні розпилювальні пристрої можуть у декілька тисяч разів збільшувати площу випаровування розчинів. Так, 1 кг розчину можна розпилити до стану, коли сумарна площа поверхні крапель складає 600 м^2. Така велика питома площа поверхні матеріалу, котра контактує з нагрітим повітрям, обумовлює тривалість сушіння декілька секунд.

Перевагою такого способу сушіння є дуже невеликий розмір часток, що знімає гальмівну дію термовологопроводності.

Швидкість внутрішньої дифузії у такому разі практично не впливає на швидкість сушіння. Тому з великої поверхні диспергованих часток випаровується поверхнева волога, що дозволяє проводити процес сушіння при 180°С і навіть до 200°С.

Коротка тривалість сушіння виключає перегрівання часток сушильного матеріалу і це позитивно впливає на якість продукту і збереження лабільних компонентів з високою біологічною активністю (білків, ферментів, амінокислот, вітамінів). Розпилювальні сушарки тому часто застосовують для сушіння продуктів мікробіологічного синтезу. Основним недоліком розпилювальних сушарок є складність конструкції і відносно великі габарити, недостатнє використання об’єму сушильної камери, підвищені витрати тепла на випаровування вологи (на 1 кг вологи, що випаровується, до 2,5…4 кг водяної пари як енергоносія).

Типова схема розпилювальної сушарки представлена на рис. 1.4. Перед сушінням для зменшення енерговитрат на сушіння зазвичай рідину концентрують вакуумним випаровуванням. Рідкі концентровані відходи подаються у розпилювальний пристрій 6 відцентрового типу або форсунку . Повітря після фільтрування вентилятором 5 подається у сушильну камеру через калорифер 4, де підігрівається до 180…200°С. Утворені краплі рідини вступають у контакт з гарячим повітрям і миттєво випаровують вологу, висихають. Сушені частки частково осідають на стінки і дно камери, звідки за допомогою скребкового механізму 2 видаляються у гвинтовий конвеєр 3 і далі у збірник. Частина висушеного продукту потоком відпрацьованого повітря виноситься з камери сушіння і подається на розділення у циклон і рукавний фільтр. Пилові частки продукту відокремлені у циклоні і рукавному фільтрі додаються до основної маси висушеного продукту. Розміри промислових розпилювальних сушарок залежать від продуктивності і досягають у діаметрі 2,5…12,5 м висотою 3…25 м. Внутрішня поверхня сушильної камери повинна бути рівною, відшліфованою для запобігання налипанню висушеного продукту.

Інтенсифікація розпилювального сушіння реалізується у сушарках із завислим шаром інертних носіїв. Схема такої сушарки представлена на рис. 1.5. В сушарці складають завислий шар носіїв 5 з інертного матеріалу (скла, фторопласту), котрі мають форму кульок або кубиків невеликого розміру, наприклад, з діаметром або розмірами ребра 5 мм. Нагріте до температури 150…180°С повітря вентилятором подається через газорозподільну плиту 4 з отворами меншими розмірів носіїв із швидкістю, що забезпечує розвинуту фазу завислого шару, коли вони починають інтенсивно і хаотично переміщатись у об’ємі сушильної камери. На нагріту поверхню інертних носіїв безперервно наноситься розчин за допомогою, наприклад, пневматичного

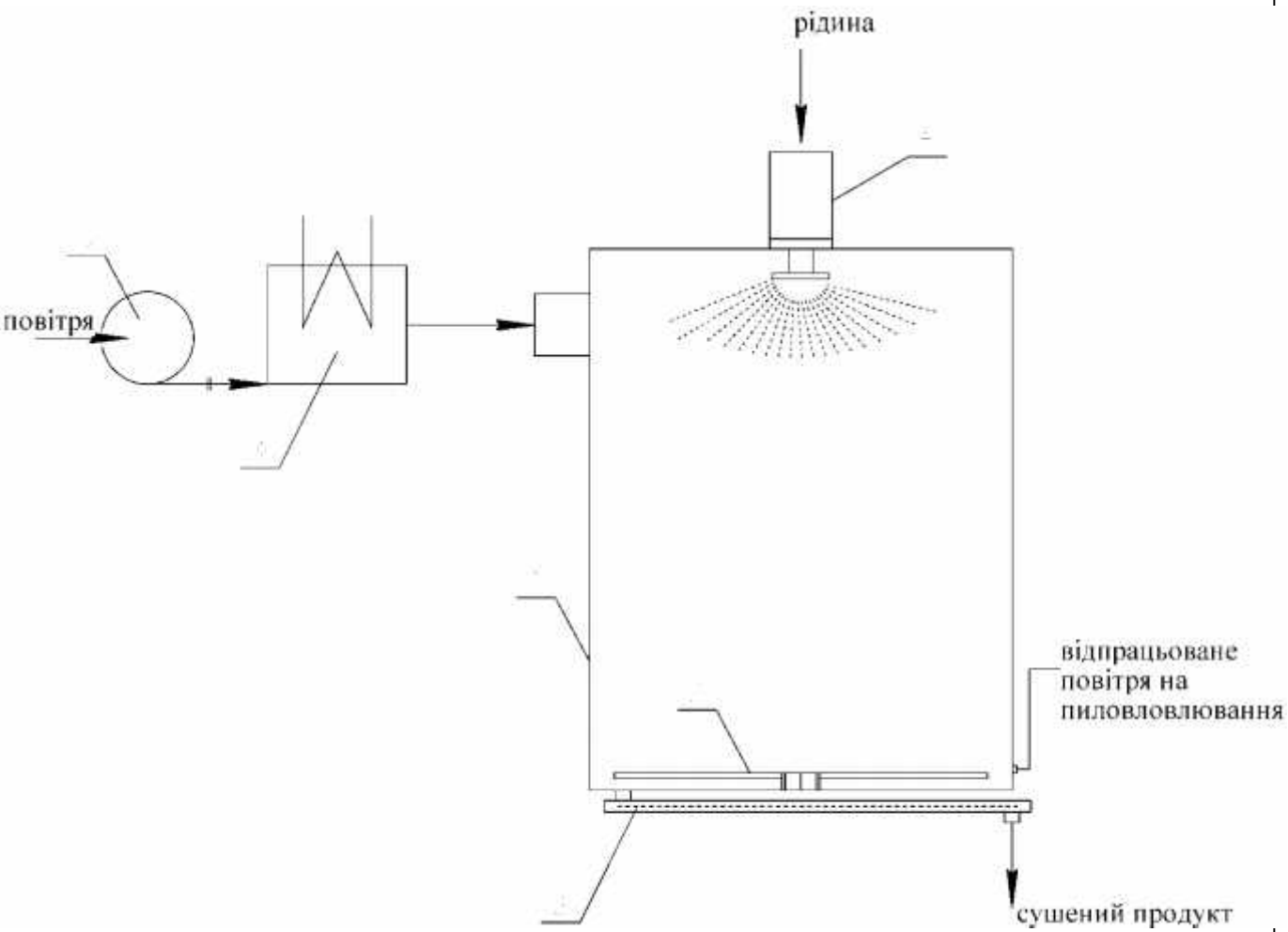


Рис. 1.5. Принципова схема розпилювальної сушарки

1. Циліндричний корпус

2. Скребковий механізм

3. Гвинтовий конвеєр

4. Калорифер

5. Вентилятор

6. Розпилювальний пристрій

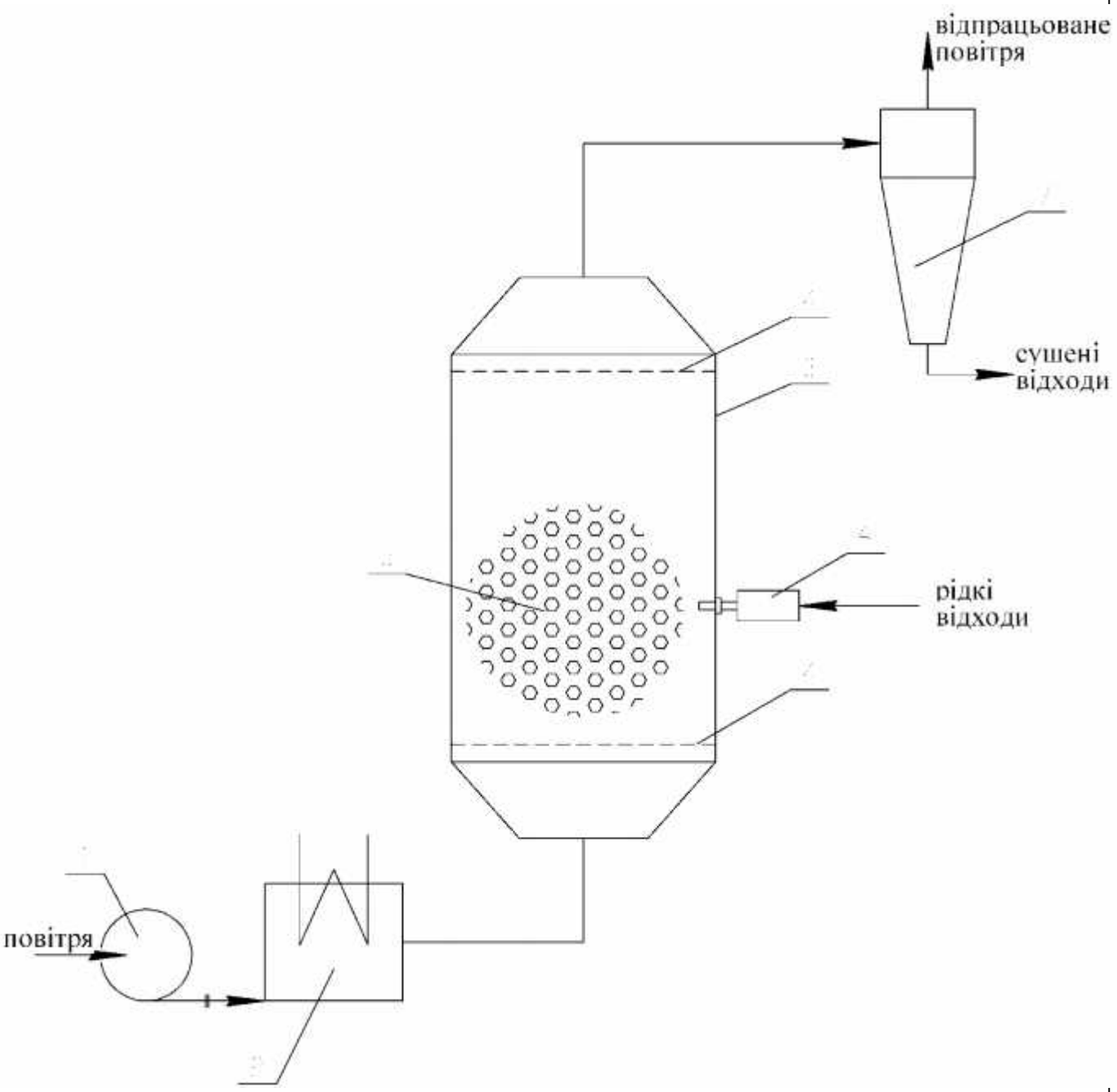


Рис. 1.6. Принципова схема сушарки з завислим шаром інертних носіїв

1. Вентилятор

2. Калорифер3. Корпус камери4. Газорозподільна плита5. Інертні носії6. Розпилювальний пристрій7. Циклон

розпилювача 6. На поверхні носіїв миттєво утворюється плівка висушеного матеріалу. Частина рідини випаровується при утворенні крапель на вході у сушильну камеру. Інтенсивне тертя носіїв між собою і стінками камери призводить до відокремлення плівки висушеного продукту, котра виноситься з камери потоком повітря у циклон 7. У циклоні повітря очищається від пилу. Сушений продукт зсипається у накопичувач, а відпрацьоване повітря подається на додаткове очищення у рукавний фільтр. Подібні сушарки добре зарекомендували себе при сушінні рідин багатих білком або полісахаридами (пектином, крохмалем).Для сушіння рідких рослинних концентрованих відходів харчової промисловості придатні кондуктивні сушарки вальцевого типу. На таких сушарках можна сушити рідини з високою в'язкістю, навіть пюреподібні за консистенцією. Спрощена схема сушарки представлена на рис. 1.6. Сушарка має два вальци 1, які уявляють собою порожнинні сталеві барабани діаметром до 1 м і довжиною 1…1,5 м. Внутрішній простір барабанів герметизується системою сальникових ущільнень. В середину вальців подають гостру водяну пару під тиском 0,3…0,5 МПа. Пар віддає теплоту конденсації і нагріває до відповідної тискові температури поверхню вальців. Вальци обертаються назустріч один одному. Один з вальців має механічну систему, що дозволяє йому переміщатись. Тим самим можна регулювати відстань між поверхнями вальців. Густа рідина подається у ванну, що утворюється між поверхнями вальців, і закипає. З торців ванна обмежується спеціальними клинами. На поверхні вальців продукт розтікається рівним тонким шаром, поступово висихає і знімається з поверхні вальців спеціальними ножами 3, які щільно пристають до поверхні. Зовнішні поверхні вальців відшліфовані «на дзеркало» для запобі гання налипання і пригоряння продукту. Плівка висушеного продукту має товщину 1,5…2 мм і далі передається на подрібнення на частки потрібного ступеня дисперсності. Витяжний ковпак 6 допомагає інтенсивно видаляти водяну пару, що утворюється на поверхні вальців. Витрати пари становлять 1,2…1,4 кг на 1 кг вологи, що випаровується.

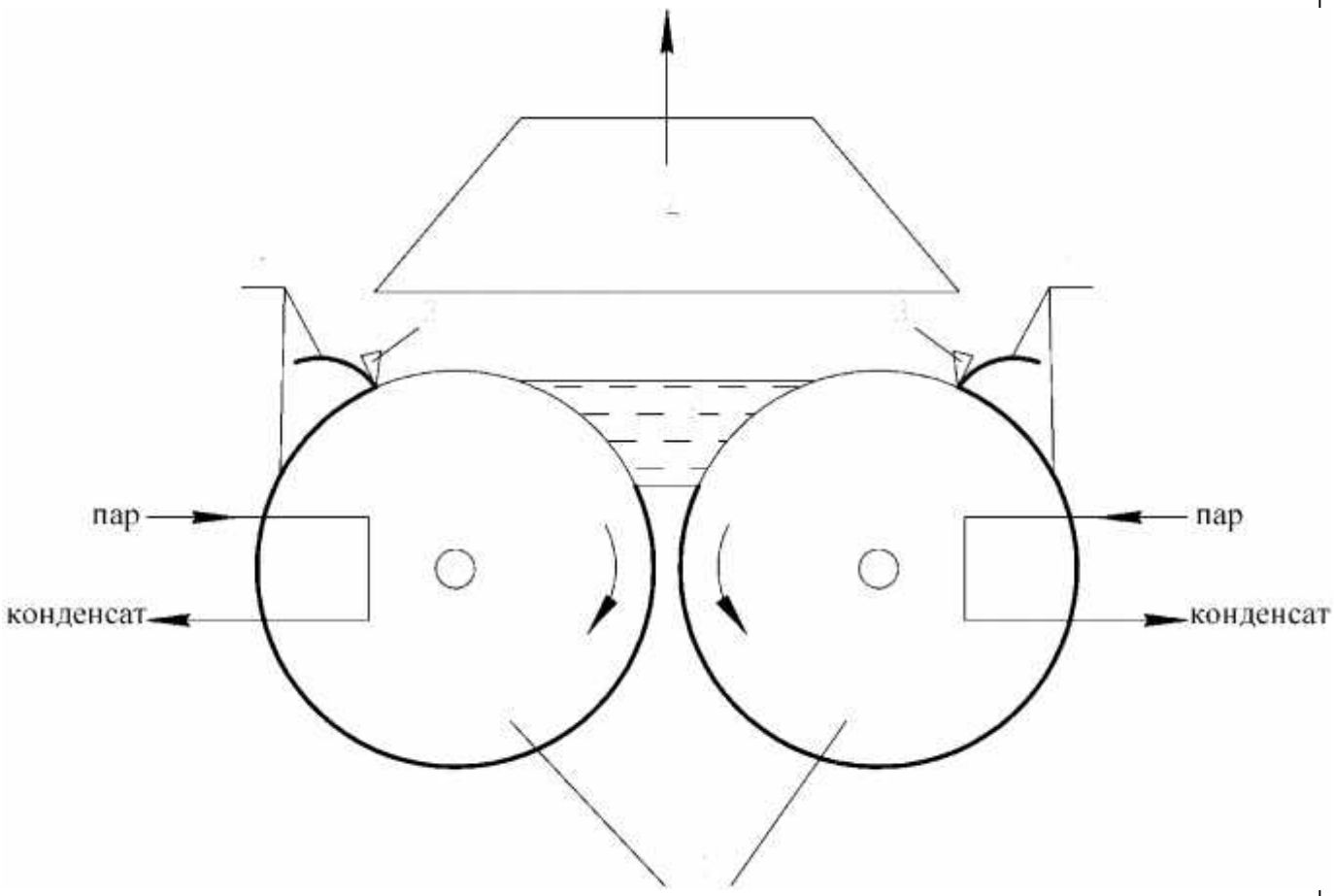


Рис. 1.7. Принципова схема вальцової сушарки

1. Валець 2. Рідина 3. Ножі 4. Плівка сушеного продукту 5. Витяжний ковпак

Звісно, що описаними конструкціями сушильних установок не обмежується все різноманіття сушильної техніки вітчизняних і закордонних виробників. Кожен виробник технічно удосконалює базові варіанти, що описані вище, застосовує ноу-хау при інтенсифікації сушіння твердих і рідких об’єктів. Однак уявлення про конструкції сушарок, гадаємо, з наведеної інформації досить повне. Вибір же конкретного способу сушіння і конструкції сушарки завжди буде за замовником. Тому перед рішенням щодо впровадження сушильних процесів у переробку рослинних відходів харчової промисловості проблема повинна бути ретельно осмислена як з урахуванням економічних зисків, так і з екологічних,

соціальних та інших чинників, котрі можуть іноді і переважати економічні.ть 1,2…1,4 кг на 1 кг вологи, що випаровується.

1.3 Технологічні схеми сушіння рослинних відходів харчової промисловості

В загальному випадку у залежності від консистенції отриманих технологічних відходів обирають одну з двох схем, які відображені на рис. 1.8 і рис. 1.9. У будь-якому випадку технологічна лінія сушіння відходів повинна розсташовуватись у окремому приміщенні, тому як і у харчових виробництвах відходи певним видом транспорту доставляють у цех сушіння. Для твердих відходів використовують контейнери з пластмаси, металу або причіпні до транспорту засоби у вигляді кузовів. Перед переробкою сировину обов’язково приймають представники лабораторної служби. Особлива увага приділяється сировині, що надходить з сусідніх однопрофільних підприємств. Приймання виконується за певними правилами, притаманними харчовим виробництвам шляхом відбору середньої проби і її аналізу за показниками, що визначаються відповідною нормативно-технічною документацією. Така документація, наприклад, розроблена для тих технологічних відходів, що за своєю цінністю розглядаються як вторинні матеріальні ресурси (відходи сокових виробництв для виробництва пектину тощо).

Використання неякісної сировини ніколи не дасть якісного сушеного продукту з високою харчовою і кормовою цінністю. Перед сушінням відходи нетривалий час зберігають на сировинній площадці. Термін зберігання повинен бути мінімальний, оскільки відходи зі значною вологістю швидко псуються. Ідеальною була б схема безперервної схеми отримання і сушіння, однак, не завжди є можливість повністю завантажити сушарку. З урахуванням того, що промислові сушарки довго виходять на визначений режим сушіння, слід ретельно розробляти графік надходження сировини для виключення простоїв сушарок. Тверду сировину обов’язково візуально інспектують на предмет

присутності сторонніх предметів для запобігання псування технологічного обладнання і вилучення некондиційних часток рослинної сировини. Зазвичай цю технологічну операцію проводять на стрічкових конвеєрах. Для рівномірного сушіння відходи підлягають подрібненню до стану окремих часток певного розміру на дробарках різного типу. Вибір подрібнювальних пристроїв залежить від вологості вихідної сировини (шротодробарки, подрібнювачі кормів, зелені і т.д.). Дробарки розташовують на майданчиках над завантажувальною стрічкою сушарки. Під дробаркою встановлюють проміжний бункер, з якого подрібнені відходи потрапляють у розподільний пристрій, наприклад, гвинтового типу, котрий дозволяє механізувати рівномірне розподілення сировини по площині завантажувальної стрічки. Такий прийом є необхідним для поліпшення умов сушіння, запобігання утворенню конгломератів. Після сушіння, коли остаточна вологість продукту доведена до сталого значення проходить охолоджування і просіювання висушених відходів для відокремлення шматків, котрі можуть утворюватися при сушінні, мілкої фракції (пилу) і забезпечення безпечних умов при наступному інспектуванні. Охолодження проводять шляхом подавання холодного повітря з невеликою швидкістю під решітку, на якій проходить просіювання. На цій технологічній операції доцільно використовувати вібраційні сита різних конструкцій, що забезпечують відокремлення небажаних фракцій продукту з міркувань товарного вигляду. Після повторного інспектування висушені відходи певний час повинні знаходитися у термоізольованому бункері. Цю операцію називають кондиціонування. Вона призначена для вирівнювання вологості по об’єму готового продукту. З накопичувального бункера висушені відходи фасують у мішки з поліетилену або крафт-паперу по 10…14 кг. Мішок встановлюють під бункером на ваги поряд з пристроєм для зашивання мішків (швацькою машиною). Розфасовані і зашиті мішки транспортують у склад на дерев’яних піддонах (по 25 мішків) і розташовують їх так, щоб забезпечити вільний проїзд складського транспорту.

Згідно з нормами проектування площа для проїзду становить не менше 30% загальної площі складу. В складі підтримують умови 18...20˚С і не вище 75% відносної вологості.

У разі сушіння плодових кісточок як сировини для отримання ядер, оболонки тощо, у технологічній схемі передбачають миття сировини у барабанних мийних машинах для видалення залишків шкірки і м'якоті перед інспектуванням. В цьому випадку відпадають операції, пов'язані з подрібненням. Рідкі рослинні відходи сушать за подібної до схеми рис. 1.8. технології. Перед сушінням відходи концентрують під вакуумом для підвищення концентрації і зниження витрат тепла при наступному сушінні. Інші операції подібні до вище описаних. При застосуванні вальцевих сушарок передбачають подрібнення продукту після сушіння у молоткових дробарках для надання продукту дрібнодисперсного стану.

Рідкі рослинні відходи сушать за подібної до схеми рис. 1.8 технології. Перед сушінням відходи концентрують під вакуумом для підвищення концентрації і зниження витрат тепла при наступному сушінні. Інші операції подібні до вище описаних. При застосуванні вальцевих сушарок передбачають подрібнення продукту після сушіння у молоткових дробарках для надання продукту дрібнодисперсного стану.Все наведене вище є справедливим і у разі застосування сушіння задля обробки яблучних вичавок, що накопичуються у значних кількостях у сезон переробки яблук на сік,пюре та інші продукти на консервних заводах України.


Технологічні відходи
Доставка, приймання, зберігання
Підігрівання
Концентрування під вакуумом
Сушіння
Просіювання і охолодження
Фасування
Складське зберігання

Рис. 1.8. Технологічна схема сушіння рідкихрослинних відходів


Технологічні відходи
Доставка, приймання, зберігання
Інспектування
Подрібнення
Сушіння
Просіювання
Охолодження
Інспектування
Кондиціювання
Подрібнення
Фасування
Складське зберігання

Рис. 1.9. Технологічна схема сушіння твердих рослинних відходів

Рідкі рослинні відходи сушать за подібної до схеми рис. 1.8 технології. Перед сушінням відходи концентрують під вакуумом для підвищення концентрації і зниження витрат тепла при наступному сушінні. Інші операції подібні до вище описаних. При застосуванні вальцевих сушарок передбачають подрібнення продукту після сушіння у молоткових дробарках для надання продукту дрібнодисперсного стану.Все наведене вище є справедливим і у разі застосування сушіння задля обробки яблучних вичавок, що накопичуються у значних кількостях у сезон переробки яблук на сік,пюре та інші продукти на консервних заводах України.

1.4 Сучасні технології сушіння яблучних вичавок.

Як відмічалось раніше, яблучні вичавки дуже швидко псуються через високий вміст вологи. Практична більшість розроблених напрямків використання вичавок потребують зневоднення як попередньої обробки. Видалення вологи подовжує термін зберігання.що позитивно впливає на мінімізацію витрат на обробку при подальшому використанні вичавок. при висушуванні ,однак, є негативні зміни природних цінних речовин і біоактивних лабільних при високих температурах сполук /5,6 /.

Для сушіння вичавок витрачається велика кількість теплоти, яку здебільшого отримують від спалювання органічного палива. Отже , сушіння має як економічний, так і екологічний чинники негативного впливу на довкілля.

Споживання до 25% енергії промислового використання – відомий факт для сушильних процесів. Сушені продукти зазвичай отримують видаленням вологи шляхом кристалізації та подальшої сублімації (сушіння сублімацією) і видалення вологи через випаровування/7.8 /. Вибір способу сушіння яблучних вичавок залежить від енергетичної складової витрат, зміни харчової цінності та подальшого використання. Здавна сонячна енергія використовувалася для сушіння різних продуктів і яблучних вичавок на відкритому повітрі. Метою

було збереження та зменшення об*єму. Сонячне сушіння дає продукт поганої якості через потемніння яблучних вичавок (ферментативне або не ферментативне) і може зробити їх непридатними для подальшого використання як добавки до спеціальних харчових продуктів /2 /.

Сушіння на повітрі протягом багатьох років використовувалося для подовжнення строку зберігання харчових продуктів шляхом додаткового підігрівання потоком гарячого повітря. Таке сушіння ускладнюється проблемою, пов’язаною з одночасним переносом маси та енергії в гігроскопічній системі, якими є вичавки. Сушіння у потоці повітря призводить до зневоднених продуктів. значно подовжує термін зберігання. Але якість продукту, висушеного у таких умовах зазвичай різко погіршується порівняно з вихідною сировиною / 9 /.

Сулімаційне сушіння, процес, розроблений у другій половині 20-го століття, мінімізує пошкодження під час сушіння біологічних продуктів, є хорошим методом зневоднення харчових продуктів, фармацевтичних препаратів та інших продуктів. Перед сушінням вологий твердий матеріал необхідно заморозити; на етапі первинного сушіння відбувається сублімація замерзлої вільної води. Нарешті, зв’язана вода видаляється на вторинній стадії сушіння шляхом десорбції . Ліофілізаційне сушіння відбувається під високим вакуумом, що дозволяє сублімувати воду із замороженого продукту. Кінцеві продукти, отримані в результаті сублімаційного сушіння, мають чудову якість завдяки відсутності рідкої води та низьким температурам, необхідним для процесу, який припиняє більшість псування та мікробіологічних реакцій. Твердий стан води в продуктах під час сублімаційного сушіння захищає первинну структуру та форму з мінімальними змінами об’єму. Незважаючи на згадані вище переваги, сублімаційне сушіння завжди вважалося найдорожчим процесом зневоднення продукту .

Сулімаційна сушка не має широкого застосування в харчовій промисловості через високу вартість її експлуатації. Щоб зменшити вартість

сублімаційного сушіння, протягом останнього десятиліття були досліджені нові вдосконалення, такі як адсорбція, псевдозрідження та мікрохвилі, вакуумне сублімаційне сушіння використовується лише в промислових масштабах для сушіння деяких видів кави, спецій, м’яса, харчових інгредієнтів. та інші високоцінні продукти харчування. Однак цей процес можна вважати цінною альтернативою для збереження інших харчових продуктів із зростаючим занепокоєнням щодо якості їжі.

Сушіння розпиленням — це одинична операція, за допомогою якої розпилений рідкий продукт проходить через струми гарячого газу, щоб миттєво стати порошком. Як газ зазвичай використовується повітря або інертний газ, наприклад азот. Для обприскувача можна використовувати розчин, емульсію або суспензію. За допомогою розпилювальної сушарки можна виготовити або дуже дрібний порошок, або гранули з великим розміром частинок, залежно від вихідного вихідного матеріалу та робочих умов.

Сушіння в завислому шарі вважається одним із найуспішніших методів дегідратації. Основними перевагами сушіння в киплячому шарі є високий тепло- та масообмін, хороший контроль температури, рівномірна температура та висока продуктивність сушіння. Хоча швидкість сушіння залежить від температури сушіння, під час процесу сушіння в киплячому шарі швидкість сушіння не повинна бути надто високою, оскільки висока температура може призвести до псування частинок.

Псевдозріджені шари зазвичай використовуються для сушіння матеріалів, таких як гранульовані матеріали, злаки, полімери, хімічні речовини, фармацевтичні препарати, добрива, кристалічні продукти та мінерали через їх характеристики швидкого сушіння та вартість сушіння / 15.18 /

Вакуумна сушка має деякі відмінні характеристики порівняно з атмосферною. Висока швидкість сушіння, відносно низька температура сушіння та середовище з дефіцитом кисню можуть допомогти покращити якість і поживну цінність сушених продуктів, особливо тих харчових матеріалів

з високою поживною цінністю, які схильні до окислення стрічкова сушка - це напівбезперервний метод сушіння для зневоднення . Він застосовувався у виробництві чистих фруктових соків . Прискорений час сушіння з високоякісними продуктами сушіння є перевагою вакуумних стрічкових сушарок.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

У якості матеріалу досліджень використовувались яблучні вичавки сезону переробки 2023 року, отримані на Уманському консервному заводі. Яблучні вичавки отримували безпосередньо зі стрічкового преса після віджимання соку із суміші яблук осінніх сортів. Після подрібнення яблука змішували з лушпинням рису (2% за масою м'язги). Це відомий прийом,що поліпшує соковіддачу подрібнених яблук.. Вичавки одразу задля запобігання потемнінню внаслідок окислення змішували з антиокислювачем- 1,5 % розчином лимонної кислоти. В такому стані розфасовані у полиетиленові пакети і зберігали в такому стані до проведення експериментів. Перед сушінням вичавки розморожували та гранулювали в лабораторних умовах за допомогою м*ясорубки з спеціальною насадкою, що дозволяла отримувати частки приблизно циліндричної форми(диаметр3-4 мм) довжиною 5-6мм.

2.2 Методи досліджень.

2.2.1 Сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з природним обміном повітря.

Теоретичні дослідження.

Волога з матеріалу на різних етапах процесу сушіння видаляється з різною швидкістю. Швидкість видалення вологи залежить від режиму сушіння і від фізико-хімічних властивостей матеріалу, що висушується.

Характер процесу випаровування вологи значною мірою залежить також від застосовуваного методу сушки, способу підведення теплоти (конвективний, кондуктивний, термовипромінювання) [3].

Роботу сушильних установок різної продуктивності навіть при одному і тому ж методі сушіння не можна порівнювати за зменшенням маси матеріалу. Для цього користуються графічним зображенням зміни [$W = f(^2)$] – крива сушіння.

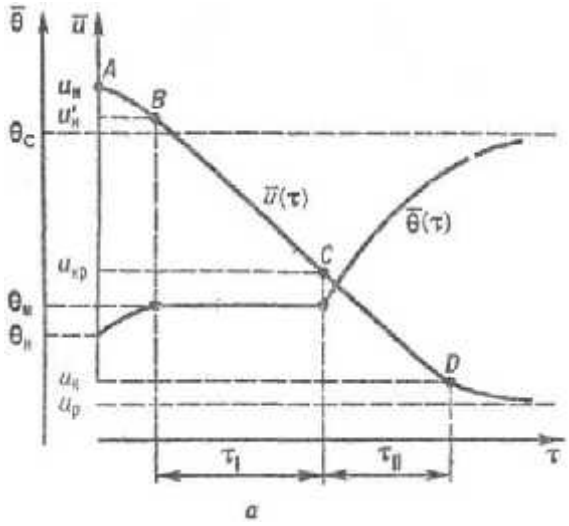
На кривій сушіння (рис. 5) розрізняють три основні відрізки. Відрізок АВ характеризує період підігріву матеріалу, при якому вологовміст змінюється незначно. Цей період спостерігається тільки при низькотемпературних режимах

сушіння великорозмірних матеріалів.

За періодом підігріву матеріалу йде період постійної швидкості сушіння – ділянка ВС (I-й період), який характеризується постійними: швидкістю зменшення вмісту вологи (за рівні проміжки часу видаляється однакова кількість вологи) і температурою матеріалу, що дорівнює температурі «мокрого» термометра сушильного агента.

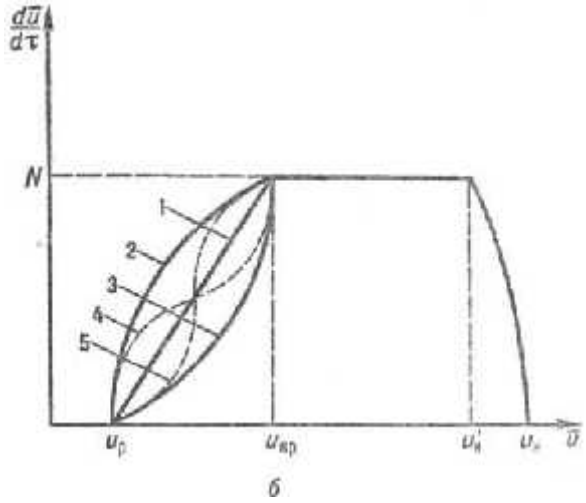
В цей період сушіння тиск пари над матеріалом буде постійним і рівним тиску насиченої пари при температурі «мокрого» термометра, а інтенсивність процесу випаровування вологи визначається тільки параметрами сушильного агента і не залежить від вмісту вологи та фізико-хімічних властивостей матеріалу.

Період постійної швидкості сушіння продовжується до настання критичного вологовмісту $w^c_{кр}$. На кривій сушіння це точка С, яка лежить в місці переходу прямої ВС в криву CD. Критичний вологовміст є межею між періодами постійної (I-й період) і падаючої (II-й період) швидкостями сушіння. У періоді падаючої швидкості сушки в міру зменшення вологовмісту матеріалу швидкість сушіння зменшується, тому що в цей період зв’язана волога випаровується і поступове зменшення швидкості сушіння пояснюється збільшенням енергії зв’язку вологи з сухими речовинами матеріалу, що висушується. Температура матеріалу поступово збільшується і до кінця періоду наближається до температури сушильного агента.



а

Рис. 2.1. Крива сушіння (теоретична)



б

Рис. 2.2. Криві швидкості сушіння для матеріалів тонколистових пористих (1), колоідних (2), капілярно-пористих (3), керамічних (4), деяких полімерних (5).

Криві швидкості сушіння (рис. 2.2.) за потреби глибокого аналізу процесу будують методом графічного диференціювання по кривих сушіння.

$$tg\sim = \frac{dw^{c}}{d^{2}} = N \quad , \%/\text{хв}$$

Швидкість сушіння *N* визначається як тангенс кута нахилу дотичної, проведеної через точку на кривій сушіння, що відповідає певному вологовмісту

матеріалу (рис.7):

Максимальна швидкість сушіння $N_{макс.}$ в І-му періоді сушіння:

$$tg\sim_{макс.} = (\frac{dw^c}{d^2})_{макс.} = N_{макс.}\ \text{%/мин}$$

При умові рівноважного вологовмісту $w^c_р$ швидкість сушіння

$$\frac{dw^c}{d^2} = 0 \text{, %/хв}$$

Експериментальні дослідження

Установка для вивчення кінетики сушіння в нерухомому шарі з природним обміном повітря складається з сушильної шафи 1 з електронагрівального елементу 8, технохімічних вагів 2 з чашкою для наважок 3 і сіткою для матеріалу 7, датчиків 10 та 11, потенціометра 12.

Для підтримки постійної заданої температури установка обладнана напівавтоматичним регулюючим пристроєм 9. Крім того, в сушильній шафі для визначення відносної вологості через спеціальні отвори вставлені "сухий" 4 і "мокрий" 5 термометри. Принципова схема установки зображена на рис.2.3.

На чальці вагів 3 попередньо встановлюють важки . Підготовлену для проведення досліду наважку досліджуваного матеріалу рівним шаром поміщають у сітку 7, підвішують на коромисло 2 вагів, закривають дверцята шафи 1, відзначають час початку досліду (включають секундомір), записують значення температури «сухого» і «мокрого» термометрів, відкривають ваги.

Внаслідок різниці мас на плечах коромисла вагів стрілка займе положення "б". Через деякий час, протягом якого випариться 5 г вологи, стрілка займе положення "а". У цей момент відзначають час, за який випаровувалася задана маса вологи – 5 г, фіксують показання термометрів 4 та 5, потім з чашки 3 знімають ще 5 г вагів. Стрілка вагів знову займе положення "б" і повторюється вищевказана операція.

Надалі з чашки 3 знімають по 3 г до тих пір, поки маса матеріалу

перестане зменшуватися або досягне вказаного викладачем кінцевого значення. Час відзначають у секундах та хвилинах з наростаючим підсумком (без зупинки секундоміра).

Під час досліду необхідно постійно стежити, щоб пробірка 6 була заповнена водою, тобто щоб термометр 5 постійно змочувався.

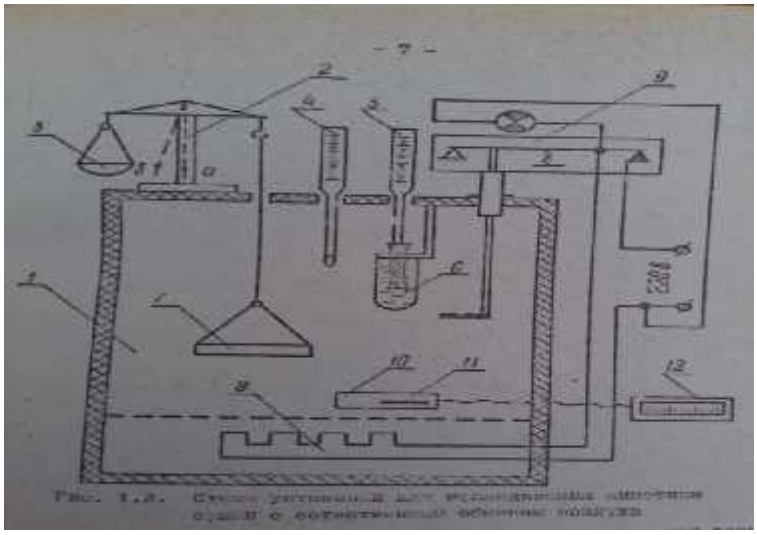


Рис.2.3. Схема установки для дослідження кінетики сушіння з природним обміном повітря

Масу вологи в матеріалі (г) розраховують за формулою:

$$W = \frac{M \cdot W^0}{100}$$

Отже, знаючи початкову масу матеріалу і масову частку вологи в ньому, розраховують початкову масу вологи. Для всіх наступних вимірів ΔW знаходять вирахуванням випаруваної вологи від попередньої ($W - \Delta W$). Масу матеріалу для кожного наступного заміру також знаходять вирахуванням маси випаруваної вологи від попередньої маси матеріалу ($M-\Delta W$).

Вологість (W^0) розраховують за формулою:

$$W^0 = (W/M_0) \cdot 100\ \%$$

де W та M_0 – маса вологи і матеріалу відповідно в кожному вимірі, г.

Вологовміст W розраховують за формулою:

$$W^0 = (W/M_c) \cdot 100\%$$

де M_c – маса абсолютно сухої речовини у матеріалі, яку для кожного виміру знаходять за формулою

$$M_c = M_0 – W$$

2.2.2 Сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з примусовим обміном повітря.

Теоретичні дослідження.

Механізм висушування вологих матеріалів визначають в основному умовами випаровування вологи з поверхні матеріалу в навколишнє середовище і дифузії її з внутрішніх шарів матеріалу до поверхні.

При штучній сушці газоподібним сушильним агентом перехід вологи, що знаходиться в матеріалі, з рідкої фази в газоподібну і розподіл її в сушильному агенті (повітрі) може відбуватися лише в тому випадку, якщо парціальний тиск пари, що утворюється на поверхні матеріалу, буде більше парціального тиску його в газоподібному сушильному агенті ($h_м > h_в$).

Режим сушіння, що визначає механізм процесу при рухомому сушильному агенті, за найбільш поширеною методологією, характеризується наступними основними параметрами: температурою сушильного агента, що показується «сухим» термометром психрометра, відносною вологістю, питомим навантаженням і розміром матеріалу, а також швидкістю руху агента
У тому випадку, коли парціальний тиск водяної пари у навколишньому середовищі буде більше парціального тиску в поверхневому шарі матеріалу, що висушується ($h_м < h_в$), відбувається зворотній процес – зволоження матеріалу

(сорбція) до тих пір, поки не настане стан рівноваги парціальних тисків у поверхневому шарі матеріалу і в навколишньому середовищі ($h_м = h_в$). Вологовміст, який встановиться при цьому в матеріалі, називають рівноважним вологовмістом. Сушити матеріал слід до вмісту вологи не нижче рівноважного, інакше після сушіння воно може зростати за рахунок

сорбційних процесів / 15 /.

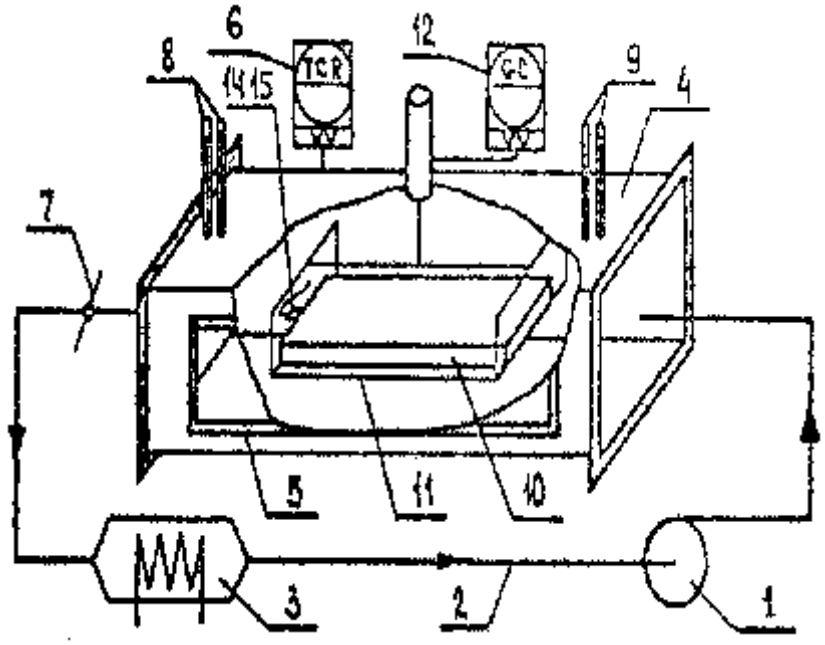
Екпериментальні дослідження

Дослідження проводились на двох установках.

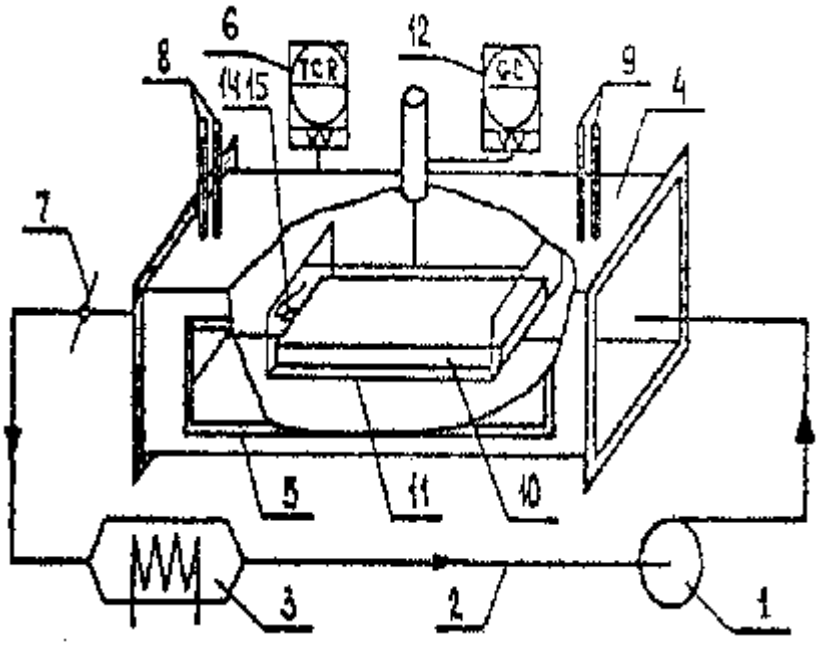
Перша експериментальна конвективна циркуляційнійна сушарка (рис. 2.4), складається з вентилятора 1, замкнутого повітропроводу 2, що створює циркуляційний контур, у який для підігріву повітря вбудований електрокалорифер 3. Центральна царга 4 циркуляційного повітропроводу 2 використовується як робоча сушильна камера, для візуальних спостережень і розміщення зразків у ній є засклені дверцята 5.

Необхідна температура повітря підтримується регулюючим потенціометром 6, а задана швидкість установлюється заслінкою 7. Для виміру вологовмісту сушильного агента в повітропроводі 2 встановлені два психрометри 8, 9. «Мокрий» термометр зволожується дистильованою водою.

Досліджуваний зразок 10 поміщається на траверсу 11, з'єднану з терезами 12, по яких реєструється вага зразка. Зважування здійснюється без вимикання вентилятора, тобто в потоці повітря й, отже, можна, не порушуючи умови досліду, зняти криву зміни ваги зразка протягом усього експерименту – криву сушіння.



Термограма сушіння *T(²)* – температурна крива, що характеризує середньо-об'ємну



температуру зразка протягом усього експерименту, знімається потенціометром 16, з'єднаним з термопарою 14, що впаяна в голку 15.

Рис. 2.4 – Схема експериментальної установки

Друга лабораторна сушильна установка для сушіння харчових продуктів та інших вологих матеріалів у нерухомому шарі з примусовою циркуляцією повітря (рис.2.5) складається з сушильної камери (шахти) 1, електрокалорифера 3, вентилятора низького тиску 4, пульта керування 7.

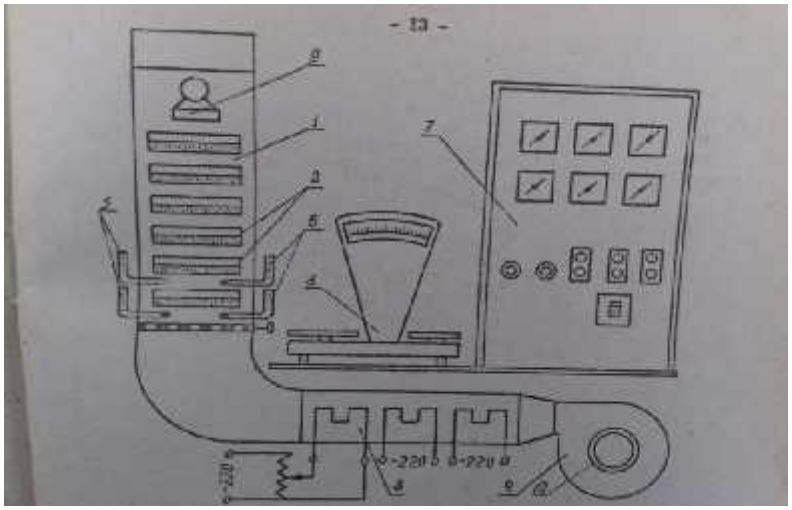


Рис.2.5. Схема лабораторної сушильної установки для сушіння харчових продуктів у щільному нерухомому шарі з примусовою циркуляцією повітря.

Сушильна камера по висоті умовно розділена на шість ярусів, у кожному з яких поміщена касета для матеріалу 2. Така конструкція сушильної камери дає можливість при необхідності одночасно висушувати матеріал у шести шарах.

Для вимірювання температури повітря (сушильного агента) в сушильну камеру через спеціальні отвори вставлено по сім (на рис.1 показано тільки по два) «сухих» 5 і «мокрих» 6 термометрів, що дозволяє одночасно контролювати

температуру під і над кожною касетою.

Для визначення швидкості руху повітря в сушильній камері установлено крильчастий анемометр 9. Регулюють швидкість заслонкою 10, встановленої на вході в вентилятор.

Для зважування касети з матеріалом і визначення маси випареної вологи в процесі сушіння встановлені ваги 8.

Перед початком роботи під наглядом викладача або лаборанта включають сушильну установку в наступному порядку: спочатку включають вентилятор 4 і після того, як він набере повні оберти, по черзі з невеликими інтервалами включають нагрівальні елементи електрокалорифера 3. За допомогою заслонки 10 і анемометра 9 встановлюють швидкість руху повітря, а включенням регульованого і одного або двох постійних нагрівальних елементів калорифера встановлюють задану температуру в сушильній камері.

На терезах 8 зважують касету 2, врівноважують її вагами, тобто встановлюють стрілку вагів на нуль, і рівним шаром поміщають в неї наважку досліджуваного матеріалу. Для зручності в роботі масу матеріалу на технічних вагах врівноважують важками, а на циферблатних – стрілку встановлюють на кінцеве показання шкали і потім зменшення маси матеріалу у процесі сушіння встановлюють за показаннями на циферблаті.

Підготовлену касету (сито) з матеріалом поміщають в сушильну камеру, відзначають час початку досліду і через 25 – 30 сек записують показники «сухого» і «мокрого» термометрів під і над касетою з матеріалом. Якщо сушіння проводять одночасно в кількох шарах, то такі ж операції, тобто зважування і т.д. проводять з кожною касетою, але при цьому початок досліду для кожного шару фіксують окремо. Показання «сухого» термометра під першою (нижньої) касетою протягом всієї роботи повинні бути постійними і відповідати заданому режиму, який встановлюють на початку досліду.

Зменшення маси матеріалу в процесі сушіння і визначення маси випареної вологи проводять в наступному порядку: за 25 – 30 сек до закінчення

заданого проміжку часу від початку сушіння у встановленій послідовності, якщо сушіння проводять в декількох шарах, записують свідчення відповідних термометрів, виймають касету з сушильної камери, зважують її, знову поміщають у сушильну камеру і відзначають початок наступного проміжку часу сушіння. Усі наступні визначення проводять в такій же послідовності. Час, що витрачається на зважування, в тривалості сушіння не враховується, однак щоб уникнути охолодження матеріалу проводити його необхідно дуже швидко. Процес сушіння вважають закінченим, якщо маса матеріалу при двох наступних зважуваннях не зменшується або зменшується дуже незначно.

Експериментальна сушильна установка була більш зручною у використанні.

Здебільшого вона використовувалась у роботі. Хоча результати експериментів, отриманих на обох установках були майже однакові.

2.2.3 Сушіння яблучних вичавків у завислому шарі

Теоретичні дослідження

У сушильних установках, що працюють при проходженні нагрітого повітря через шар матеріалу, значно збільшується теплообмін і прискорюється процес сушіння в порівнянні з установками, де рух сушильного агента відбувається паралельно матеріалу. Подальша інтенсифікація процесу сушіння здійснюється за рахунок переходу матеріалу, крізь шар якого продувається нагріте повітря, з нерухомого стану під зважене.

Інтенсифікація процесу сушіння в розвинутій стадії завислого шару в порівнянні з сушінням в нерухомому шарі пояснюється іншими умовами взаємодії частин матеріалу з нагрітим повітряним потоком, тобто, гідродинамікою процесу. Завислий стан шару характеризується безперервним безладним рухом і перемішуванням частинок в певному обсязі по висоті. Перехід шару частинок матеріалу з нерухомого стану в киплячий (зважений) відбувається при досягненні певної швидкості повітря (критичної $v_{кр}$), що

проходить через шар матеріалу, коли сила маси частинок матеріалу врівноважується силою тертя оточуючого їх потоком повітря.

Нижньою межею завислого шару є нерухомий стан матеріалу, а верхньою – явище пневмотранспорту, при якому відбувається спільний рух матеріалу і повітря. Критична швидкість повітря повинна бути менше швидкості вітання, оскільки в іншому випадку матеріал несеться з повітрям [15]. Ефективність проведення процесу сушіння і оцінки роботи сушильної установки в залежності від багатьох факторів (питомого навантаження матеріалу на робочу поверхню сушильної установки, форми різання і розміру частинок матеріалу, температури і швидкості сушильного агента та ін.), проводять за потреби по кривих сушіння – графічному зображенню зміни вологовмісту в часі. Для побудови графіка такої залежності (кривої сушіння) щодо зменшення маси матеріалу в процесі сушіння необхідно визначити динаміку зміни його вмісту вологи. Методом графічного диференціювання по кривій сушіння можна побудувати криву швидкості сушіння. Зіставляючи криві сушіння різних зразків, а також одного і того ж зразка при різних режимах за потреби, роблять відповідні висновки і рекомендації. Однак в даній роботі така обробка результатів не ставилась за мету. Основні кількісні показники розраховувались за спрощенною методикою, що представлена у розділі 2.2.5.

Експериментальні дослідження

На рис. 2.5 наведена лабораторна сушильна установка завислого шару. До початку досліду включають сушильну установку в наступному порядку:

-спочатку включають вентилятор і після того, як він набере повні оберти, по черзі з невеликими інтервалами включають нагрівальні елементи електрокалорифера.

-за допомогою заслонки 4 і манометра 6 встановлюють задану швидкість повітря, а включенням одного або двох постійних і одного регульованого

нагрівальних елементів встановлюють *1* задану температуру на вході в сушильну камеру.

Касета одночасно є зйомною сушильної камерою. Для зручності в роботі на час виведення сушильної установки в заданий режим використовують іншу таку ж касету, а основну (робочу) в цей час готують до роботи, тобто, зважують, поміщають в неї наважку досліджуваного матеріалу.

Для зручності визначення зменшення матеріалу в процесі сушіння, масу попередньо зваженої касети на вагах 9 врівноважують важками, тобто, встановлюють стрілку вагів на нуль, потім підготовлену для проведення досліду наважку досліджуваного матеріалу висипають у касету і ретельно розрівнюють. Масу досліджуваного матеріалу на технічних вагах так само врівноважують важками. Натискаючи на педаль 19 звільняють притискний пристрій, знімають допоміжну касету і на її місце в робочу зону встановлюють касету з матеріалом і відзначають час початку досліду. Через 25 – 30 с від початку досліду знімають показання «сухого» і «мокрого» термометрів на виході з сушильної камери. Показання відповідних термометрів на вході в сушильну камеру повинні відповідати сталому заданому режиму і протягом всієї роботи підтримуватися постійними. Допускаються відхилення показань «сухого» термометра ± 1 ^{0}С.Зменшення маси матеріалу в процесі сушіння, тобто визначення маси випареної вологи, проводять в наступному порядку: за 20 – 25 с до закінчення заданого проміжку часу від початку сушіння записують показання «сухого» і «мокрого» термометрів на виході з сушильної камери і біля входу до неї, знімають касету з матеріалом, зважують її (встановлюють масу матеріалу, що залишилася після випаровування частини вологи), знову встановлюють у робоче положення і відзначають початок наступного проміжку часу сушіння. Усі наступні визначення (зважування) проводять в такій же послідовності. Час, що витрачається на зважування, в тривалості сушіння не враховується, однак робити зважування необхідно максимально швидко, щоб уникнути охолодження касети і матеріалу.

Процес сушіння вважають закінченим, якщо маса матеріалу при двох наступних зважуваннях не зменшується або зменшується дуже незначно. Висушують матеріал до вмісту вологи не нижче рівноважного (див . теоретичну частину рис 2.1).

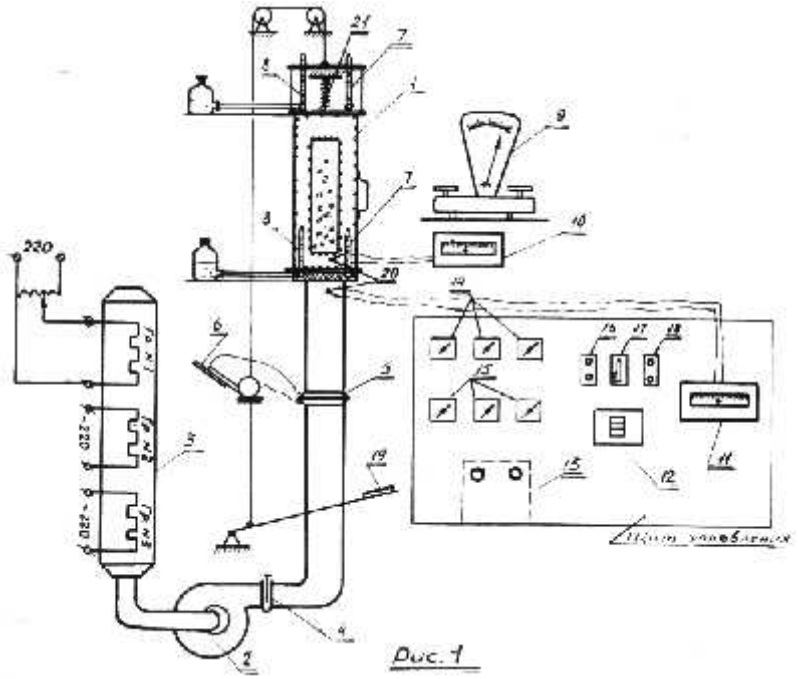


Рис. 2.5 Лабораторна сушильна установка завислого шару.

1 – робоча камера; 2 – вентилятор високого тиску; 3 – калорифер; 4 – шибер; 5 – діафрагма; 6 – мікроманометр; 7 – «сухий» термометр; 8 – «мокрий» термометр; 9 – ваги; 10, 11 – потенціометр КСП-4; 12 – центральний рубильник; 13 – автотрансформатор 250-10; 14 – вольтметри; 15 – амперметри; 16 – кнопка включення грілки № 3; 17 – ключ вимикання грілки № 2; 18 – кнопка включення грілки № 1; 19 – педаль; 20 – термопари; 21 – пружина.

2.2.4 Визначення основних характеристик зразків яблучних вичавків та сушильного процесу.

Вміст вологи:

Вміст вологи та маса сухих речовин визначались методом висушування зразків до постійної ваги запропонованим у роботі [ ]. Вміст вологи (% від маси) зразка обчислювали за виразом

ВВ =(початкова вага - кінцева вага) Х100%/ початкова вага зразка,% (2.1).

Маса сухих речовин(Мс.р. - показник . що залишається постійним протягом вього процесу сушіння яблучних вичавок. Цей показник встановлюється дя вихідних зразків і потім застосовується для обчислення вологості зразків у наступних дослідах за виразом

ВВ=(М- Мср)/ М * 100% (2.2)

Де М-маса зразка вичавок,г; Мср-маса сухих речовин,г.

Ступінь зневоднення :

Цей показник визначали через співвідношення маси вихідних зразків, що поміщались у сушильну камеру, і висушених зразків за виразом

СЗ= М1/ М2 (2.3)

де,СЗ-ступінь зневоднення; М1-початкова вага зразка,г; М2-кінцева вага висушеного зразка,г.

Середня швидкість сушіння

Усереднену швидкість сушіння за певний проміжок часу процесу розраховали за допомогою наступного рівняння , запропонованого автором [11]

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{avg} = \frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \qquad (2.4)$$

M_t, $M_{t+\Delta t}$ - маси зразків на початку періоду часу Δt та у кінці періоду,г;
t = час у будь-який момент, хв;

t+ Δt = час після інтервалу Δt, хв.

.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Результати теоретичних та експериментальних досліджень процесів сушіння яблучних вичавків.

Результати сушіння яблучних вичавків у щільному шарі з примусовим обміном повітря, у щільному шарі з природним обміном повітря та у завислому шарі при трьох різних температурах представлені нижче.

Зразки яблучних вичавків сушили до припинення видалення вологи, коли досягалась практично незмінна маса зразка. За даними експериментів розраховували вміст вологи (масові %), ступінь зневоднення та середню швидкість сушіння за вищенаведеними формулами. Ступінь зневоднення є головним показником,що характеризує зменшення ваги зразка.

Спочатку проводили експерименти з щільним шаром яблучних вичавків для порівняння двох варіантів - з природнім та примусовим обміном повітря у сушарці. Результати були наступними.

Сушіння яблучних вичавків у щільному шарі з примусовим обміном повітря.

Яблучні вичавки обробляли у сушарці щільному шарі з примусовим обміном повітря при температурах 60, 70 і 80 °С.

Отримані результати свідчать,що вміст вологи становив показники у діапазоні 84,48… 11,34 при 60 °С. Ступінь зневоднення та середня швидкість сушіння становили відповідно 5,71 … 1,00 та 2,66 … 0,01 (табл. 3.1). При 70 °С вміст вологи становив 84,48 … 6,91. Ступінь зневоднення та середня швидкість висихання були в діапазоні 6,00 … 1,00 та 2,71 … 0,01 відповідно (табл. 3.2). При температурі 80 °С вміст вологи мав діапазон значень 84,48 … 1,75. Ступінь зневоднення та середня швидкість сушіння знаходилися в діапазоні 6,33 … 1,00 та 2,81 … 0,01 відповідно (табл. 3.3). **Сушіння яблучних вичавків з природним обміном повітря.**

Яблучні вичавки сушили за допомогою сушарки з з природним обміном повітря при температурах аналогічних попередньому варіанті для зручності порівняння (при 60, 70 і 80 °С). Отримані дані доводять про наступні тенденції.

Сушіння при 60 °С призводило до змін вмісту вологи коливається від 84,48 до 16,03. Ступінь зневоднення та середня швидкість сушіння коливались у межах 5,41 … 1,00 і 0,97 … 0,04 відповідно (табл. 3.4).

Для сушіння при температурі 70 °С характерними були зміни вмісту вологи коливається 84,49 … 11,65. Зміни ступеня зневоднення та середньої швидкості сушіння були відповідно 5,69 … 1,00 і 1,07 … 0,03 (табл.3. 5). При 80 °С сушіння показники змінювались таким чином: вміст вологи 84,49 … 6,65. Ступінь зневоднення та середня швидкість сушіння потерпали змін 5,69 … 0,95 і від 1,17 … 0,04 відповідно (табл.3. 6).

Таблиця 3.1- Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з примусовим обміном повітря при 60 °С.

Час,хв	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**170**	**180**
$М_з$,г	400.00	300.83	241.11	182.78	138.94	113.55	99.94	91.77	84.77	80.51	77.28	75.05	73.44	72.38	71.75	70.88	70.00
ВВ,%	84.48	79.37	74.26	66.05	55.33	45.35	37.90	32.38	26.79	22.91	19.69	17.31	15.49	14.26	13.51	12.44	11.34
СЗ	5.71	4.30	3.44	2.61	1.98	1.62	1.43	1.31	1.21	1.15	1.10	1.07	1.05	1.03	1.03	1.01	1.00
$ШС_{ср.}$	0.00	2.66	1.00	0.97	0.73	0.42	0.23	0.14	0.12	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01

Таблиця 3.2-Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з примусовим обміном повітря при 70 °С.

Час,хв	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**170**	**180**
$М_з$,г	400.00	299.17	237.11	179.78	134.94	110.05	95.94	88.44	81.11	76.17	73.28	71.05	70.11	69.05	68.42	67.55	66.67
ВВ,%	84.48	79.26	73.83	65.48	54.01	43.61	35.32	29.83	23.49	18.52	15.31	12.66	11.48	10.13	9.30	8.13	6.91
СЗ,	6.00	4.49	3.56	2.70	2.02	1.65	1.44	1.33	1.22	1.14	1.10	1.07	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
$ШС_{ср.}$	0.00	2.71	1.03	0.96	0.75	0.41	0.24	0.13	0.12	0.08	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01

Таблиця3.3- Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з примусовим обміном повітря при 80 °С.

Час,хв	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**170**	**180**
$М_з$,г	400	295.51	232.45	176.12	131.28	105.72	92.28	84.78	77.31	72.51	69.68	67.39	66.45	65.39	64.26	63.89	63.17
ВВ,%	84.49	79.00	73.30	64.76	52.73	41.30	32.75	26.80	19.72	14.41	10.93	7.92	6.60	5.10	3.42	2.86	1.75
СЗ,	6.33	4.68	3.68	2.79	2.08	1.67	1.46	1.34	1.22	1.15	1.10	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01	1.00
$ШС_{ср}$.	0.00	2.81	1.05	0.94	0.75	0.43	0.22	0.13	0.12	0.08	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01

Таблиця 3.4- Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з природним обміном повітря при 60 °С.

Час,хв	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**160**	**170**	**180**	**190**	**200**
$М_з$,г	400.00	363.85	329.24	295.38	265.74	234.88	206.08	179.71	161.40	146.03	130.30	116.13	101.80	92.35	83.74	79.41	77.1	75.47	73.90
ВВ,%	84.48	82.94	81.15	78.99	76.65	73.58	69.89	65.47	61.55	57.50	52.37	46.56	39.04	32.80	25.89	21.85	19.5	17.77	16.03
СЗ,	5.41	4.92	4.46	4.00	3.60	3.18	2.79	2.43	2.18	1.98	1.76	1.57	1.38	1.25	1.13	1.07	1.04	1.02	1.00
$ШС_{ср}$.	0.00	0.97	0.93	0.91	0.80	0.83	0.77	0.71	0.49	0.41	0.42	0.38	0.38	0.25	0.23	0.12	0.06	0.04	0.04

Таблиця- 3.5 Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з природним обміном повітря при 70 °С.

Час,хв	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**160**	**170**	**180**	**190**	**200**
$М_з$,г	400.00	360.19	325.74	292.38	261.08	231.38	202.08	176.38	157.74	141.69	126.30	112.13	98.47	89.02	80.41	76.08	73.80	71.47	70.24
ВВ,%	84.49	82.77	80.95	78.77	76.23	73.18	69.29	64.82	60.66	56.20	50.86	44.66	36.97	30.29	22.82	18.43	15.90	13.16	11.65
СЗ,	5.69	5.13	4.64	4.16	3.72	3.29	2.88	2.51	2.25	2.02	1.80	1.60	1.40	1.27	1.14	1.08	1.05	1.02	1.00
$ШС_{ср}$.	0.00	1.07	0.93	0.90	0.84	0.80	0.79	0.69	0.50	0.43	0.41	0.38	0.37	0.25	0.23	0.12	0.06	0.06	0.03

Таблиця- 3.6: Основні показники сушіння яблучних вичавок у щільному шарі з природним обміном повітря при 80 °С.

Час,хв	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**120**	**130**	**140**	**160**	**170**	**180**	**190**	**200**
$М_з$,г	400	356.5	321.0	288.7	257.0	227.0	198.4	172.7	153.9	138.0	122.	108.4	94.8	85.3	76.2	72.4	70.3	67.8	66.4
ВВ,%	84.4	82.59	80.67	78.51	75.86	72.67	68.72	64.07	59.69	55.04	49.4	44.79	36.5	29.3	24.4	19.3	16.7	11.5	9.65
СЗ,	5.69	5.08	4.57	4.11	3.66	3.23	2.82	2.46	2.19	1.97	1.75	1.54	1.35	1.22	1.09	1.03	1.00	0.97	0.95
$ШС_{ср}$.	0.00	1.17	0.95	0.87	0.85	0.81	0.77	0.69	0.50	0.43	0.41	0.38	0.37	0.25	0.24	0.10	0.06	0.07	0.04

Примітка. Для всіх таблиць ВВ, % - вміст вологи (вологість) у зразках, СЗ- ступінь зневоднення, $ШС_{ср}$. - середня швидкість сушіння, %/ хв , Мз-маса зразка,г.

Таким чином встановлено, що для повного висихання яблучних вичавок час сушіння становить 180 хвилин у сушарці з щільним шаром з примусовим обміном повітря та 200 хвилин у сушильній установці з природні обміном повітря. Цей феномен можна пояснити тим,що при сушінні з примусовим обміном повітря відбувається значно інтенсивніше перенесення вологи між матеріалом зразків та повітрям , ніж у сушарці з природнім повітряним обміном. Ретельний розгляд отриманих результатів практично повністю співпав з теоретичними посиланнями масового та вологого обміну. Наприклад, зневоднення яблучних вичавків з часом сушіння становить нелінійну залежність . На початку процесу сушіння видалення вологи проходить більш інтенсивно через те, що в цей період в основному видаляється вільна волога. Лише потім починає видалятись зв'язана волога. На випаровування цієї форми вологи треба більше часу при однакових енерговитратах, що визначаються теплопередачею нагрітого повітря при певній температурі.

Органолептичні показники сушених вичавків були найкращими при використанні примусового обміну повітря при сушінні за температури 80 °С.

Подальший інтерес досліджень становило порівняння кращого з попередніх варіантів сушіння з обробкою вичавків у сушарці з завислим шаром. Такий спосіб сушіння іноді називають сушінням у виpуючому шарі. Зовні поведінка окремих часток вичавків нагадує хаотичне переміщення шарів води при кипінні. За аналогією цей спосіб сушіння отримав ще одну назву сушіння у киплячому шарі.

Аналізи якості отриманих зразків при сушінні у температурному режимі 60^0 С дали підстави вважати таке сушіння негативним через активне потемніння зразків, що визначається відносно активним впливом окислювальних реакцій не ферментативного характеру. Попередні експерименти з сушінням у виpуючому шарі та аналіз літературних джерел показали , що температурний діапазон , який дає пристойні результати сушіння за цим варіантом повинен

складати 100^0 С і більше. Для подальших експериментів застосовували температури 100 та 105 ^{0} С. Результати експериментів та розрахунків , що виконувались аналогічно випадку сушіння вичавків у щільному шарі подано у таблицях 4.7 та 4.8. Вихідна маса зразка становила 400г з вологістю 85.2 %.

Таблиця- 3.7 Основні показники сушіння яблучних вичавків у завислому шарі з при 100 °С

Час,хв	5	10	15	20	25	30	35
М,г	286,76	166,20	109,67	88,60	76,00	69,00	66,5
ВВ,%	79,44	64,50	46,25	33,40	22,45	14,45	11,30
СЗ,раз	1,40	1,72	1,52	1,24	1,17	1.10	1,04
ШСср,%/хв	1,15	2,98	3,65	2,57	2.19	1,6	0,63

Таблиця- 3.8 Основні показники сушіння яблучних вичавків у завислому шарі з при 105 °С

Час,хв	5	10	15	20	25	30	35
М,г	250,42	153,25	109,76	83,57	70,62	65.70	64,55
ВВ,%	76,44	61,50	46,25	29,40	16,45	10,20	9,50
СЗ,раз	1,59	1,63	1.39	1,31	1.18	1.07	1,01
ШСср,%/хв	1.75	2.99	3,05	3.37	2,59	1,25	0,14

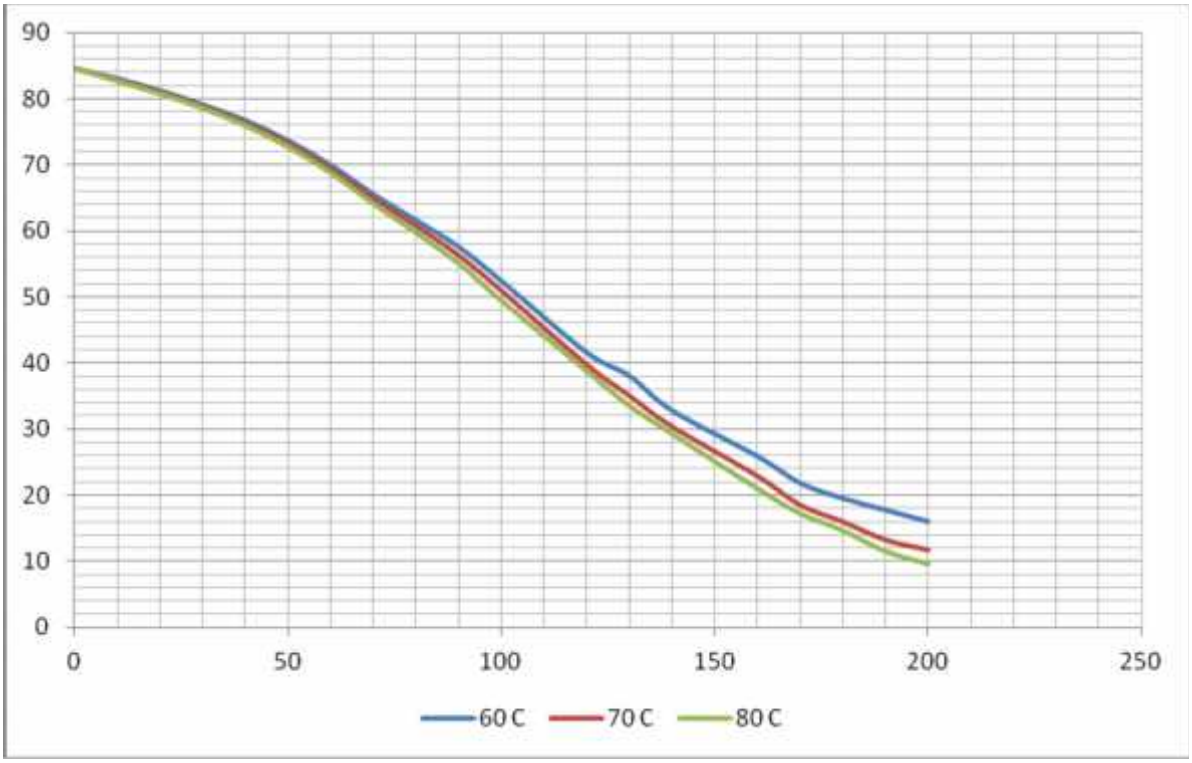
Примітка. Для всіх таблиць ВВ, % - вміст вологи (вологість) у зразках, СЗ-ступень зневоднення,раз; $ШС_{ср}$. - середня швидкість сушіння, %/ хв ; Мз-маса зразка,г.

Аналіз табличних даних свідчить про докорінні відмінності даного методу сушіння яблучних вичавків з попередніми. Тривалість процесу сушіння скорочується значно і становить 35 хв до досягнення стабільного показника вмісту вологи, який приблизно дорівнює рівноважному для даних умов сушіння. При температурі сушіння 105 °С на 35 хвилині від початку процесу вологість складає 9.5 %, що є трохи кращим за аналогічний показник при 70 °С (11,3%).

При сушінні яблучних вичавків при температурі 100 °С ступінь зневоднення коливався у межах 1,04- 1,72. Швидкість сушіння для кожного проміжку часу не була стабільною і становила максимум 3,65 %,хв. При зміні вологості з 64,5 до 46,25 %%. Ймовірно саме на цей період припадає видалення більшої частини вільної вологи, що міститься у зразку. Максимальна швидкість сушіння для температурного режиму 105 °С припадає на період зневоднення зразка з 46,25 до 29,4 %% на 20 хвилині процесу.

Органолептичні показники зразків сушених яблучних вичавків були найкращими серед усіх для останнього варіанту процесу сушіння. Це дозволяє зробити висновок,що сушіння яблучних вичавків у завислому шарі При температурі 105 °С має певні перспективи. Особливо з огляду на різке скорочення тривалості процесу в порівнянні з сушінням у щільному шарі. Тривалість скорочується з 180 хвилин до 35, що становить 5 разів. Однак для остаточного висновку про переваги сушіння в завислому шарі можна буде зробити ретельно обчисливши всі витрати на процес, який у останньому випадку буде більшим через періодичність процесу та великі витрати повітря на створення завислого шару вичавків відповідне нагрівання великих його обсягів. Графічні залежності,що побудовані за табличними даними наведені на графіках рис. Рис. 3.1, 3.2, 3.3

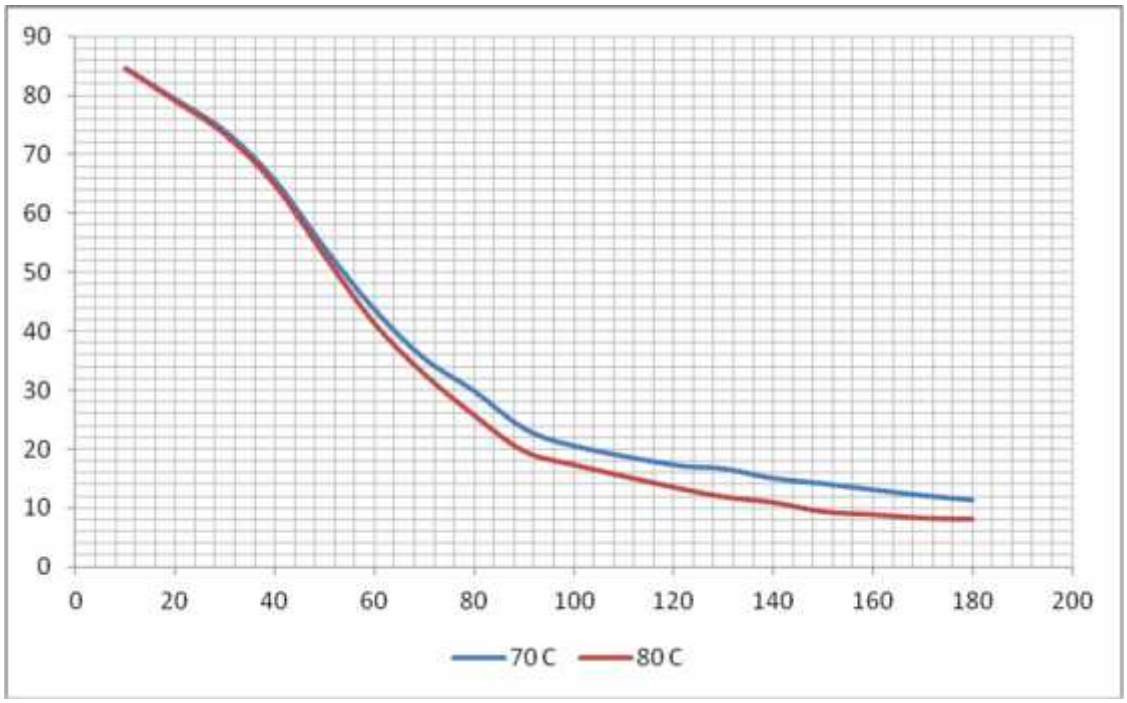
ВВ,%



Час,т, хв

Рис .3.1. залежність вмісту вологи у вичавках від часу сушіння у щільному шарі з природним обміном повітря.

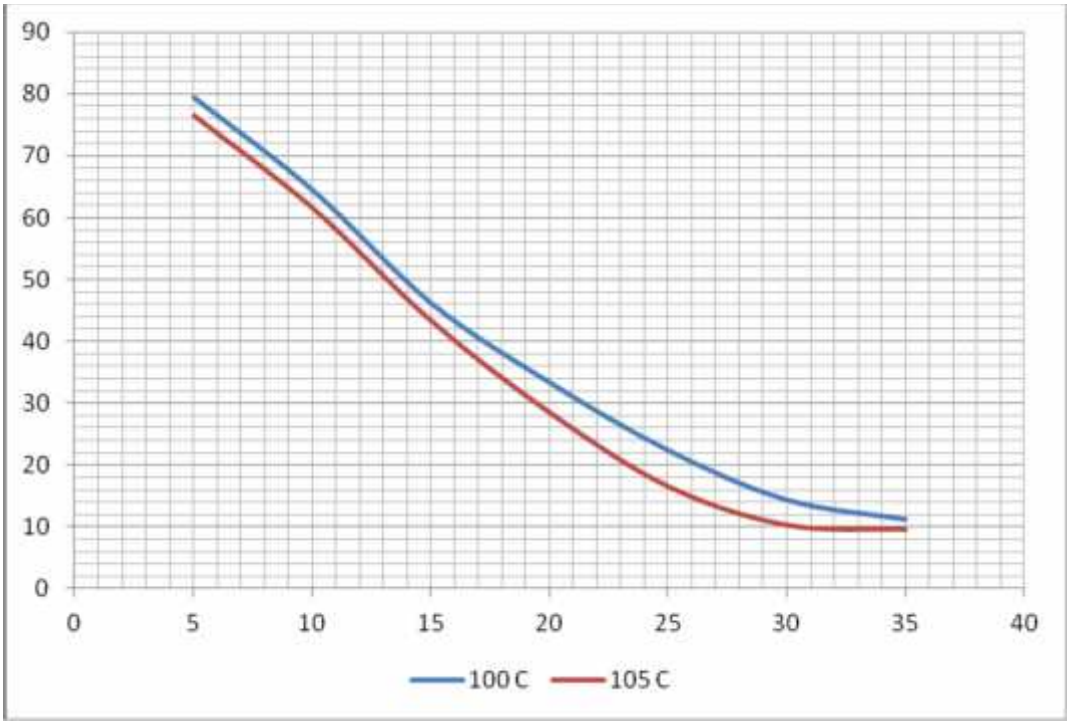
ВВ,%



Час,т,хв

Рис .3.2. Залежність вмісту вологи (ВВ) у вичавках від часу сушіння у щільному шарі з штучним обміном повітря (швидкість повітря 1,5 м/с за анімометром)

ВВ,%



Час,т,хв

Рис 3.3 Залежність вмісту вологи (ВВ)у вичавках від часу сушіння у виpуючому шарі .(швидкість повітря 5 м/с за анімометром)

3.2 Розробка технологічної схеми утилізації рослинних відходів яблучних вичавків)із застосуванням сушильних процесів.

Пропонується наступна технологічна схема утилізації за допомогою процесу сушіння яблучних вичавків, що відображена на рис 3.1Вичавки після доставки й короткочасного зберігання приймають за сталою процедурою і передають на переробку, що складається з операцій,що зазвичай застосовують у сушильній галузі. Вичавки обов'язково візуально інспектують на предмет присутності сторонніх предметів для запобігання псування технологічного обладнання і вилучення некондиційних часток рослинної сировини. Зазвичай цю технологічну операцію проводять на стрічкових конвеєрах. Для рівномірного сушіння відходи підлягають подрібненню до стану окремих часток певного розміру на дробарках різного типу. Вибір подрібнювальних пристроїв залежить від вологості вихідної сировини .Дробарки розташовують на майданчиках над завантажувальною стрічкою сушарки. Під дробаркою встановлюють проміжний бункер, з якого подрібнені відходи потрапляють у розподільний пристрій, наприклад, гвинтового типу, котрий дозволяє механізувати рівномірне розподілення сировини по площині завантажувальної стрічки. Такий прийом є необхідним для поліпшення умов сушіння, запобігання утворенню конгломератів. Після сушіння, коли остаточна вологість вичавків доведена до сталого значення проходить охолоджування і просіювання висушених відходів для відокремлення шматків, котрі можуть утворюватися при сушінні, мілкої фракції (пилу) і забезпечення безпечних умов при наступному інспектуванні. Охолодження проводять шляхом подавання холодного повітря з невеликою швидкістю під решітку, на якій проходить просіювання. На цій технологічній операції доцільно використовувати вібраційні сита різних конструкцій, що забезпечують відокремлення небажаних фракцій продукту з міркувань товарного вигляду. Після повторного інспектування висушені відходи певний час повинні знаходитися у термоізольованому бункері.

Цю операцію називають кондиціонування. Вона призначена для вирівнювання вологості по об’єму готового продукту. З накопичувального бункера висушені відходи фасують у мішки з поліетилену або крафт-паперу по 10…14 кг. Мішок встановлюють під бункером на ваги поряд з пристроєм для зашивання мішків (швацькою машиною). Розфасовані і зашиті мішки транспортують у склад на дерев’яних піддонах (по 25 мішків) і розташовують їх так, щоб забезпечити вільний проїзд складського транспорту


Технологічні відходи
Доставка, приймання, зберігання
Інспектування
Подрібнення
Сушіння
Просіювання
Охолодження
Інспектування
Кондиціювання
Подрібнення
Фасування
Складське зберігання

Рис. 3.4. Технологічна схема сушіння яблучних вичавків

.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ «Охорона праці» виконується щодо лабораторії Е № 55 кафедри ЕВта ПТ , в якій безпосередньо виконувалась дана магістерська робота. Він базується на наступних розділах:

4.1. Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

4.2.Заходи з безпечної експлуатації основного лабораторного обладнання.

4.3. Заходи для забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці.

4.4. Розробка заходів із забезпечення безпечних умов праці.

4.1. Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних факторів.

Табл. 4.1.Небезпечні і шкідливі виробничі фактори, нормоване значення, нормативний акт, джерело виникнення та можливі наслідки від їх дії

№ п. п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
1	2	3	4	5	6
1.	**Фізичні:** - пересувні вироби; - підвищена або занижна температура поверхні обладнання; - підвищена або знижена вологість повітря;	**-** опт. 40-60% 75%при24º С	 ДСТУ12.0.003-2004	хімічний посуд	Травми, переохолодження, опіки, ураження електричним струмом, роздратованість,

Продовження табл. 4.1.

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
1	2	3	4	5	6
1.	- підвищений рівень електричної напруги; - недостатне освітлення; - підвищений рівень вібрації	65% при26ºС 220 – 380 В 100 -150 Лк	ДСТУ 12.1.038-2005 ДСН 3.3.6.037-99		преохолод-женість організму, зниження ефективності праці, порушення зосередженості робітників
2.	**Хімічні:** - токсичні; - подразнювальні; - канцерогенні;. - патогенні мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності.	**-**		при роботі з кислотами, гідроксидом натрію, ізоаміловим або етиловим спиртом	опіки шкіри, подразнення шкіри або слизових оболонок, отруєння
3.	**Біологічні** - патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, простіші) та продукти їх життєдіяльності.	-	ДСТУ12.0.003-2004	при проведенні мікробіоло-гічних дослідів або експериментів	зараження небезпечними вірусами, ймовірні алергічні реакції
4.	**Психофізичні** **-** фізичні перегрузки; - нервно-психічні перегрузки.	-		монотонність праці або велика чисельність паралельних дослідів	розумові або емоціональні перевантаження

4.2. Визначення категорії приміщень за умовами виробничого середовища з небезпеки ураження електрострумом та за пожежовибухонебезпекою

Відповідно до ОНТП 24-86, приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою розділяють на п ять категорій: А,Б,В,Г,Д. Розподіл здійснюється за двома критеріями: наявність у приміщенні речовин з певними показниками вибухопожежної небезпеки і надмірний тиск, який може розвинутися при вибуху максимально можливого скупчення речовин у приміщенні.

Табл. 4.2.1. Виробничі та допоміжні приміщення, категорія приміщень за чинниками виробничого середовища, категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом

№ п/п	Виробничі та допоміжні приміщення	Категорія приміщень за чинниками виробничого середовища	Категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом
1. 2.	Корпус Е Аудиторія Е55	III II	С А

За категорією з пожежовибухонебезпеки, класом можливих пожеж і класом зони з пожежовибухонебезпеки виробничі та допоміжні приміщення наводені у табл.4.2.2.

Табл. 4.2.2. Виробничі та допоміжні приміщення, категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки, клас пожеж, клас зони з пожежовибухонебезпеки

№ п/п	Виробничі та допоміжні приміщення	Категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки	Клас пожежі	Клас зони з пожежовибухонебезпеки
1. 2.	Корпус Е Аудиторія Е-27	В В	С С	П-II П-IIа

Корпус та хімічна лабораторія відносяться до класу (Е) - пожежі, що пов’язані із горінням електроустановок.

Відповідно до цього обираємо кількість та тип засобів пожежогасіння з Норм первинних засобів пожежогасіння:

Відповідно до Норм первинних засобів пожежогасіння рекомендуємо встановити 2 порошкові вогнегасники по 5 л кожен, або 1 порошковий вогнегасник на 10 л, або 2 хладонові вогнегасники на 2(3) л відповідно до площі приміщення. Також рекомендуємо встановити автоматичну систему пожежогасіння. Також у приміщенні обов'язково повинний бути бункер з піском.

4.3.Заходи з безпечної експлуатації основного лабораторного обладнання.

4.3.1. Вимоги безпеки щодо вибору устаткування та технічних засобів керування технологічним процесом

Усе обладнання в хімічній лабораторії встановлене з урахуванням умов його технічного обслуговування відповідно до вимог технічного паспорта, НАОП 8.1.00-1.01-88 (НПАОП 15.0-1.01-88) .

4.3.2. Заходи з безпечної експлуатації основного лабораторного обладнання

Для забезпечення необхідних умов праці в лабораторії кафедри необхідно провести наступні заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання, необхідного для проведення досліджень:

- при роботі з дистилятором слідкувати, щоб до нього весь час поступала вода, забороняється залишати без нагляду працюючий дистилятор. При припиненні постачання води або виявленні несправності дистилятора, негайно вимкнути його з електромережі;
- при роботі з термостатом і сушильною шафою необхідно періодично слідкувати за їх справністю, у випадку пошкодження під час роботи, негайно вимкнути з мережі електропостачання, повідомити завідуючого кафедрою;
- при роботі з електроплиткою не торкатися нагрітої поверхні, користуватися захисними рукавичками;

- для зниження рівня вологості біля робочої зони необхідно біля умивальнику встановлювати резинові килимки для запобіганню слизькості;
- для запобіганню ураження електричним струмом в аудиторії слід встановлювати на розетки захисні ковпачки, використовувати мережі з зануленням, заземленням;
- для компенсування нестачі природнього освітлення необхідно додатково встановити місцеве освітлення (лампи місцевого освітлення, люмінесцентні лампи);
- при роботі з концентрованими розчинами кислот та лугів необхідно використовувати захисні рукавички, захисні окуляри, захисні маски, захисний одяг та захисне взуття (спецодяг, гумовий фартух тощо);
- випадково розбите скло чи розбитий хімічний посуд скласти спеціальну скриню окремо від паперів та іншого сміття, перед чим нейтралізувати його, якщо він був забруднений кислотами, лугами та іншими отруйними речовинами;
- для захисту органів дихання необхідно використовувати респіратори та періодично провітрювати приміщення за допомогою природньої та примусової вентиляції, роботу з реактивами виконувати тільки під витяжною шафою;
- залишати в приміщенні лабораторії забруднений отруйними речовинами розбитий хімічний посуд заборонено;
- для компенсування монотонності праці необхідно робити періодичні перерви у роботі.

4.3. Заходи для забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці.

Стан повітряного середовища виробничого приміщення повинно відповідати оптимальним значенням основних параметрів мікроклімату. Оскільки особливості технологічного процесу не дають можливості підтримувати значення параметрів мікроклімату необхідно щоденно після

роботи самостійно привести до порядку робоче місце, особливу увагу звернути на стан робочого стола:

- протерти поверхню стола;
- раціонально розташувати посуд;
- перевірити, чи не залишилось брудного хімічного посуду;
- протерти вологою ганчіркою склянки з реактивами;
- концентровані кислоти та луги, легкозаймисті речовини здати на збереження зав.лабораторією;
- опустити дверцята витяжної шафи.

Для забезпечення допустимого рівня шуму в хімічній лабораторії передбачені організаційні та технічні заходи:

- правильна експлуатація лабораторного обладнання;
- своєчасний профілактичний ремонт;
- організація режиму робочого часу;
- розміщення обладнання з підвищеним рівнем шуму в окремих ізольованих приміщеннях;
- використання засобів індивідуального захисту.

Контроль рівня шуму на робочому місці необхідно проводити не менш ніж 1 раз на рік.

Для забезпечення нормованих рівней теплового та електромагнітного випромінювання проектом передбачені наступні заходи:

- раціональне розміщення обладнання;
- встановлення раціональних режимів роботи обладнання та обслуговуючого персоналу;
- застосування попереджувальних засобів сигналізації;
- використання засобів індивідуального захисту;
- робота в лабораторії безпосередньо в білих халатах, хустках або ковпаках.

До заходів, що забезпечують необхідний санітарний стан хімічної лабораторії, відносять:

- мийка та профілактична дезінфекція приміщення та обладнання, яке безпосередньо там знаходиться;
- відповідальність за якість дезінфекції лежить на зав.лабораторією;
- підлогу у приміщенні повинні бути оброблені лужними розчинами.

Для виконання правил особистої гігієни передбачається:

- регулярне проходження працівниками медичного огляду кожні 6 місяців;
- складання заліку за програмою санітарного мінімуму 1 раз в 2 роки;
- дотримання правил використання спецодягу, взуття та засобів індивідуального захисту.

4.4. Розробка заходів із забезпечення безпечних умов праці.

4.4.1. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ № 5/41

Правила роботи в хімічних лабораторіях кафедри Е,ВтаПТ

1. В лабораторії заборонено:

- загромаджувати коридори, проходи і лабораторні столи, а також проходи до засобів пожежогасіння;
- прибирати випадково пролиті вогнебезпечні речовини при пальниках і включених електронагрівальних приладах;
- зберігати і приймати їжу, молоко, а також палити на робочому місці;
- зберігати в робочих приміщеннях будь-яку тару, посуд з невідомими пожежонебезпечними речовинами.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. В кожній лабораторії повинна бути шафа-аптечка з набором медикаментів, перев'язочних засобів та інших матеріалів, необхідних для надання першої медичної допомоги при випадках.

2.2. При вході в приміщення лабораторії визначити по запаху, чи нема в повітрі скопичення шкідливих речовин.

2.2.1. При наявності запаху шкідливих речовин відкрити вікна, двері, квартирки, і провітрити приміщення.

2.3. Одягнути і привести в належний порядок спецодяг, халат ретельно застібнути на всі ґудзики, волосся прибрати під головний убір (ковпак, хусточку). Приготувати до роботи індивідуальні засоби захисту.

2.4. Ретельно оглянути своє робоче місце, перевірити стан електрообладнання, приладів і інших технічних засобів, а також електропроводки, арматури і заземлюючих пристроїв.

2.5. Перевірити наявність відповідних нейтралізуючих речовин.

2.6. Перевірити засоби пожежогасіння на випадок запалення легкозаймистих речовин.

2.7. Перед виконанням кожної роботи зі шкідливими речовинами треба ознайомитися з фізичними і хімічними властивостями цих речовин та застосувати відповідні заходи безпеки.

2.8. Про всі виявленні недоліки негайно повідомити зав.лабораторією або безпосередньо керівника робіт.

3.Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1. Вимоги безпеки при роботі з кислотами і лугами:

- кислоти, які димлять, (сірчана, соляна, азотна) і 25% аміачна вода відносяться до групи сильнодіючих хімічних речовин, тому працювати з ними треба з особливою обережністю;
- при роботі з концентрованими кислотами та лугами без захисних засобів (окуляри, гумові рукавички, фартухи) заборонено;
- розфасовку з великих бутлів в маленькі слід проводити за допомогою спеціальних засобів, сифонів з гумовою грушою і ручних насосів. Використання в якості сифона гумових шлангів для переливу концентрованих кислот заборонено;
- при подрібненні великих шматків їдких луг їх слід накривати тканиною. При цьому працюючому треба користуватися захисними окулярами чи щитком. Ця робота проводиться в спеціально відведеному місці;

- при розбавленні концентрованої сірчаної кислоти і азотної кислоти, а також при змішуванні інших речовин, яке відбувається з виділенням тепла, слід користуватися порцеляновим посудом;

- під час приготування сірчаної, азотної та інших кислот їх необхідно приливати потроху весь час помішуючи у воді. Приливати воду в кислоти заборонено;

- кислоти, луги і інші рідкі отруйні речовини в малій кількості в піпетку необхідно набирати за допомогою гумової груші або спеціальної автоматичної піпетки. Заборонено набирати рідину у піпетку за допомогою рота, так як при цьому можливі опіки порожнини рота чи отруєння;

- відпрацьовані кислоти і луги слід збирати окремо в спеціальний посуд і після нейтралізації зливати в каналізацію;

- розчиняти тверді луги слід помірно, додаючи їх невеликими шматочками в воду при постійному перемішуванні. Шматочки лугу треба брати тільки спеціальним інструментом;

- злив в каналізацію концентрованих кислот чи луг заборонено.

3.2. Вимоги з техніки безпеки при роботі з легкозаймистими і горючими речовинами:

- всі роботи з легкозаймистими і горючими речовинами слід проводити в витяжній шафі з працюючою вентиляцією, при вимкнених газових пальниках та електронагрівальних приладах;

- нагрів та перегонку легкозаймистих та горючих речовин, слід проводити в витяжній шафі на банях, заповнених теплоносієм (вода, олія та інші) електроплитки з закритим нагрівальним елементом;

- переганяти та нагрівати низько киплячі рідини (ацетон, бензол та інші) слід в круглодонних колбах на банях, заповнених водою або маслом;

- посуд, в якому проводились роботи з легкозаймистими речовинами, після закінчення роботи слід негайно звільнити від залишків рідин та промити пожежобезпечними речовинами;

- спецодяг, забруднений легкозаймистими та горючими речовинами слід негайно зняти, щоб запобігти займанню;
- діетиловий ефір слід зберігати в посуді з темного скла в холодному приміщенні, так як при цьому зберігання утворюється вибухова речовина.

3.3. Вимоги безпеки під час роботи з хімічним посудом:

3.3.1. Основні травмуючи фактори, пов'язані з використанням скляного посуду є осколки скла, які здатні спричинити порізи працюючого, а також опіки рук при необережному поводженні з нагрітою до високої температури рідиною.

3.3.2. При проведенні робіт по зборці приладів з скломатеріалів та посуду необхідно дотримуватися наступних правил:

- скляні трубки невеликого діаметру можна ламати тільки після надріз їх спеціальним ножем для різки скла, руки захистити тканиною;
- для полегшення зборки, кінці скляних трубок оплавити та замастити водою або гліцерином;
- перед збіркою скляного приладу, шліфи необхідно замастити вазеліном або спеціальною змазкою.

3.3.3. Якщо реакція іде з нагріванням реакційної суміші або при перегонці, слід користуватися круглодонними, товстостінними сосудами.

3.3.4. При нагріванні рідин в пробірці або колбі, сосуд необхідно тримати спеціальним утримувачем так, щоб отвір був направлений в бік від працюючого.

3.3.5. При пересуванні сосудів з гарячою рідиною їх слід тримати двома руками: однією за дно, другою – за горловину, користуючись при цьому рушником.

3.3.6. При закриванні товстостінного посуду пробкою слід тримати його за верхню частину горловини. Нагрітий сосуд не можна закривати притертою пробкою поки не охолоне.

3.3.7. При митті від агресивних рідин необхідно користуватись гумовими рукавичками, окулярами чи маскою.

1. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи необхідно:

4.1. Провести до порядку робоче місце, особливу увагу звернути на стан робочого стола;

- протерти поверхню стола;
- раціонально розташувати посуд;
- перевірити, чи не залишилось брудного хімічного посуду;
- протерти вологою ганчіркою склянки з реактивами;
- концентровані кислоти та луги, легкозаймисті речовини здати на збереження зав. лабораторією;
- опустити дверцята витяжної шафи.

4.2. Випадково розбите скло чи розбитий хімічний посуд скласти спеціальну скриню окремо від паперів та іншого сміття, перед чим нейтралізувати його, якщо він був забруднений кислотами, лугами та іншими отруйними речовинами.

4.3. Залишати в приміщенні лабораторії забруднений отруйними речовинами розбитий хімічний посуд заборонено.

4.4. Вимкнути усе газове обладнання, електроустановки, а останньому вимкнути загальний газовий кран та зняти напругу загальним рубильником (вимикачем), якщо нема спеціально залишених працюючих апаратів.

Примітка. Не вимикати електроприлади та апарати ті, які повинні цілодобово (термостати, холодильники та інші). В цьому випадку на дверях приміщення повинна бути табличка «Вимкни термостат», «Вимкни холодильник».

4.5. Про всі негаразди проінформувати свого керівник.

4.6. В випадку розливу легкозаймистих речовин необхідно це місце засипати піском, потім забруднений пісок зібрати лопатою чи совком і засипати його в небезпечне місце.

4.7. У випадку займання будь-яких речовин для тушіння необхідно використовувати вогнегасник, пісок, кошму, а де можливо і воду. Якщо запалена рідина легше води (ефір, бензол та ін.), то гасити полум'я водою забороняється, так як горюча рідина підіймається на поверхню і продовжує горіти. Тушити такі горючі рідини слід вуглекислотними вогнегасниками ОУ-2, ОУ-5.

4.8. При виникненні пожежі треба закрити вікна, квартирки, вимикати вентиляцію, електродвигуни винести на подвір'я горючі речовини і сповістити пожежну охорону міста по телефону - 01.

4.9. В кожної лабораторної кімнати повинні бути в певному місці засоби пожежогасіння, всі співробітники кафедри повинні вміти ними користуватися.

5. При роботі з концентрованими кислотами та лугами без захисних засобів(окуляри, гумові рукавички, фартухи) заборонено.

5.1. Про всі негаразди інформувати свого керівника.

4.4.2. Забезпечення нормованих показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату згідно ГОСТ 12.1.005-88:

- припустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні опалювальних приміщень у холодний та перехідний період року повинні відповідати даним табл. 4.2.2

Таблиця 4.2.2

Припустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні опалювальних виробничих приміщень у холодний та перехідний період року.

Температура повітря,◦С	Відносна вологість повітря, %, не більше	Швидкість руху повітря, м/с, не більше	Температура повітря поза постійних робочих місць, ◦С
20-24	75	0,2	17-25

4.4.3. Заходи і засоби забезпечення нормованих значень шуму і вібрації

Шум та вібрація є подразниками, які можуть викликати загальне захворювання людини. Для зниження рівня шуму та вібрації передбачені організаційні та технічні заходи:

а) правильна експлуатація (згідно технічного паспорту) обладнання і проведення профілактичних ремонтних робіт;

б) розміщення гучного обладнання в окремих приміщеннях, які відділені звукопоглинаючими перегородками;

в) закривати обладнання звукопоглинаючими кожухами;

г) застосовувати засоби індивідуального захисту (протишумні каски,беручи,навушники);

ж) використання фундаментів для віброактивного обладнання;

д) використання глушників шуму.

Гранично допустимі величини шуму в робочій зоні згідно ДСН 3.3.6.037-99 не перевищують 80 дБа.

4.4.4. Забезпечення нормованих показників освітлення

Одним з найважливіших елементів умов праці є освітлення. Освітлення може бути природнім та штучним.

Природне освітлення.У лабораторії передбачено бічне природне освітлення. У денний час приміщення лабораторії освітлюється через віконні

отвори. Велике значення для природної освітленості має чистота і колірна обробки стін і стелі приміщення. Тому необхідно не рідше 2-х разів на рік очищати стекла і 1 раз на рік білити стіни і стелі. КПО при бічному освітленні при виконанні робіт 2-го розряду повинен бути мінімум 1,0%

При недостатньому освітленні або в темний час доби застосовується *штучне освітлення.* Для освітлення лабораторії застосовують лампи розжарювання або люмінісцентні лампи. У молочній лабораторії мають бути такі види освітлення:

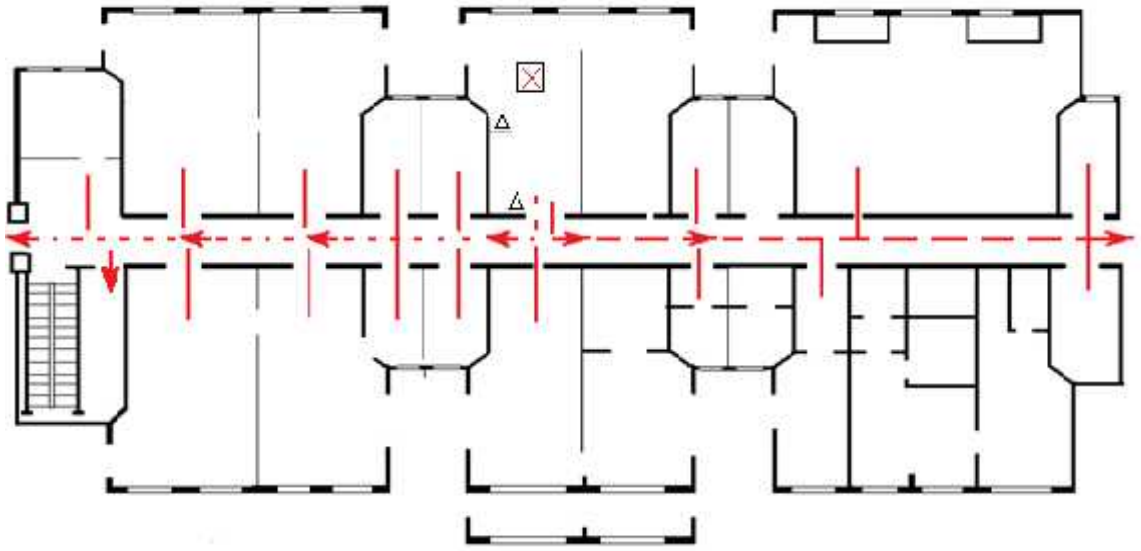
Таблиця 4.4.4.

Види штучного освітлення

Приміщення	Штучне освітлення			
	Газорозрядні лампи, лк		Лампи розжарювання, лк	
	Комбіноване	Загальне	Комбіноване	Загальне
Виробничі лабораторії	1000	300	750	200

План евакуації з лабораторії 27 представлений на рис.4.1

План евакуації з корпусу «Е», хімічної лабораторії № 55



Умовні позначення:

 - знак просторової орієнтації;

 - вогнегасник переносний;

 - основний вихід;

 - основний евакуаційний шлях;

 - запасний вихід;

 - запасний евакуаційний шлях;

Рис. 4.1. План евакуації з хімічної лабораторії

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Яблучні вичавки є одним з масових видів рослинних відходів харчової промисловості.
2. Застосування технологій утилізації яблучних вичавків є перспективним напрямком екологізації харчових виробництв.
3. Сушіння яблучних вичавок широко застосовують на практиці, однак широкому впровадженню сушильних технологій перешкоджають значні тривалість процесу і енерговитрати.
4. Сушені яблучні вичавки широво застосовують як кормові та харчові добавки.
5. Розроблено багато теоретичних та практичних підходів до впровадження сушильних процесів щодо рослинних відходів.
6. Сушіння у щільному шарі є довготривалим процесом, що становить 180-220 хв залежності від температури.
7. Якість вичавків отриманих сушінням у щільному шарі є невисокою.
8. Застосування ефекту завислого шару дає змогу скоротити тривалість сушіння до 35-40 хв.
9. При прийнятті рішення про вибір варіанту сушіння вичавків слід врахувати значні енерговитрати на складання ефекту завислого шару та високої температури.
10. Розроблено технологічну схему утилізації рослинних відходів із застосуванням ефекту завислого шару, що дасть змогу отримати сушений продукт високої якості для застосування у якості кормової та харчової добавки.
11. Впровадження технологій утилізації рослинних відходів методом сушіння дасть значний ефект зниження навантаження на довкілля через економію земельної площі, необхідної для складування відходів і убезпечення від мікробіологічного забруднення довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Петрук В. Г. Технології поводження з відходами харчових виробництв / В. Г. Петрук // Технології захисту навколишнього середовища / В. Г. Петрук. – Вінниця, 2019. – С. 340.
2. Mishra AK. Drying behavior of Patato cubes. Thesis, M.Tech. G.B. Pant University of Agriculture andTechnology, Pantnagar, 2021
3. Agrahari PR, Khurdiya DS. Studies on preparation and storage of RTS beverage from pulp of culled apple pomace. Indian Food Packer. 2020; 57(2):56-61.

4.AOAC. Official methods of analysis. 14^{tfi} Edition. Edited by Sidney williums. Published by the Association of official analysis chemists, Inc. Arlinton, Virginia, 22209, USA, 2010.

5. Wang HJ, Thomas RL. Direct use of apple pomace in bakery products. J Food Sci 2007; 54:618-620, 639

6.Bates AW, Roberts JS. The utilization of apple pomace as apres aid in fruit juicing. In: IFT annual meeting - New Orleans, Louisiana: session 88E, Fruit and vegetable products: Processing. 2018, 8281.

6.Chen H, Ruben TGL, Lung HK, Baranowski JD. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. Cereal Chem 2018; 65:244 -247.

7.Downing DL. Apple cider. In: Processed apple product, Downing DL (ed), AVI Publ, West Port, Conn, 2015, 168-186

8.ПАТ. 48642. Україна, МПК(2009)A23B 7/02 Спосіб виробництва сухих яблучних вичавок / Малежик І.Ф., Дубковецький І.В., Веселовська Т.Є. - №200910629; заявл. 21.10.2019; опубл.25.03.2010, Бюл.№6

9. Kaushal NK, Joshi VK. Preparation and evaluation of apple pomace based cookies. Indian Food Packer 2005; 49(5):17-24

10. Дубковецький І.В. Закономірності кінетики процесу терморадіаційногосушіння яблучних вичавок. / І.В. Дубковецький., І.Ф.

Малежик, Ю.П. Луцик,Т.Є. Веселовська // Матеріали 73-ї наукової конференції молодих учених, аспіран-18тів і студентів „ Наукові здобутки молоді – вирішенню проблемхарчування людства у XXI столітті” - К.: НУХТ, 2017. - С.

11. Веселовська Т.Є. Дослідження комбінованого способу сушіння яблучнихвичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова, В.Є.Носенко // Мате-ріали IX міжнародної науково-технічної конференції „Нові технології та техноло-гічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспекти-ви”.Ч. II - К.: НУХТ, 2015. - С. 140.

12. Малежик, І.Ф. Дослідження кінетики процесу інфрачервоного сушіння і зберігання порошку яблучних вичавок / І.Ф. Малежик, І.В. Дубковецький, Т.Є. Ве-селовська, Ю.П. Луцик // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса. 2017. -вип. 31, том 2 – С. 67-7.

13 . Joshi VK. Fruit wines. Directorate of Extension Education. 2nd edn, Dr YS Parmar University of Horticulture and Forestry, Solan, India, 1997, 1-35.

14. Joshi VK, Sandhu DK, Attri BL, Walia RK. Cider preparation from apple juice concentrate and its consumer acceptability. J Hortic. 2021; 48:321-327

15. Kaushal NK, Joshi VK, Sharma RC. Effect of stage of apple pomace collection and the treatment on the physical-chemical and sensory qualities of pomace papad

(fruit cloth). J Food Sci Technol. 2011; 39:388-393

16. Kaushal NK, Joshi VK, Sharma RC. Effect of stage ofapple pomace collection and the treatment on thephysical-chemical and sensory qualities of pomace papad(fruit cloth). J Food Sci Technol. 2018; 39:388-393.

17. Shahnaz G, Praveen M. Polyphenolic Compound and the Degree of Browning in Processing Apple Varieties:Review Article. J Mol Pharm Org Process doi:10.4172/2329-9053.1000111, 2014.

18. Wang HJ, Thomas RL. Direct use of apple pomace in

bakery products. J Food Sci 2017; 54:618-620, 639.