

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТЕНЮХ КОСТЯНТИН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 663.255.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ
ВИНОГРАДУ В ЩОКОВОМУ ПРЕСІ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Іваненко Анатолій Володимирович,
Одеська національна академія харчових технологій, кафедра
технологічного обладнання
харчових виробництв, професор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Чумак Ігор Григорович,
Одеська академія холоду,
радник ректора Одеської академії холода,
президент Українського відділення МАХ

кандидат технічних наук, доцент
Федоров Федір Олександрович,
Державний науково-дослідний та
проектно-конструкторський інститут
“Консервпромкомплекс”, заступник директора
з наукової роботи та нової техніки

Провідна організація: Національний університет харчових технологій,
кафедра процесів і апаратів харчових виробництв
та технології консервування, м. Київ,
Міністерство освіти і науки України

Захист відбудеться “16” червня 2005 р. о 10.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 41.088.01 в Одеській національній академії харчових технологій за адресою: вул. Канатна, 112,
м. Одеса, 65039.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної академії харчових
технологій за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039.

Автореферат розіслано “ _____ ” _____ 2005 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор

Моргун В.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Шоковий прес є першим впровадженням нового наукового напрямку у переробці винограду. Особливо це стосується шампанських та ігристих вин, при виготовленні яких сушло потрібно вилучати з гронів винограду при мінімальних окислювальних процесах. Руйнування ягід винограду повинно бути ощадливим, щоб тільки розривалася шкірка, і сік вільно витікав із м'якоті ягід. Шокові преси мають великі ще не використані можливості, які можуть бути реалізовані при подальшому вивченні процесів, створенні наукових засад і впровадженні їх у життя.

Для виноробної галузі України впровадження виробництва шокових пресів дозволить створити нові потокові лінії для переробки винограду, які не поступаються кращим закордонним зразкам, підвищити якість вин, заощадити кошти та завантажити вітчизняні машинобудівні заводи.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота відповідає Плану: “Науково-дослідних, науково-технічних, конструкторських, технологічних, проектних робіт, робіт з метрології і стандартизації в галузях садівництва, виноградарства та виноробної промисловості на 2003 рік по забезпеченню виконання Програми розвитку садівництва, виноградарства та розсадництва в сільськогосподарських та інших підприємствах України на 2002-2004 роки”.

Робота відповідає Закону України від 11 липня 2001 року № 2623-111 “Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки”. Роботу виконано відповідно до Держбюджетної тематики кафедри технологічного обладнання харчових виробництв Одеської національної академії харчових технологій.

Мета і задачі дослідження. Метою наукової роботи є підвищення виходу та якості сушла при пресуванні винограду у шоковому пресі на основі удосконалення цього процесу.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- розробити узагальнюючий показник оцінки якості сушла, об'єктивно оцінюючий пресування винограду, за допомогою якого оцінити ефективність пресування винограду у шоковому пресі шляхом порівняння процесу пресування у корзиночному та інших типах пресів;
- удосконалити процес деформування грон винограду у робочій зоні шокового преса на основі зменшення витрат енергії на зовнішнє та внутрішнє тертя;
- розробити фізичні та математичні моделі пресування гронів винограду у шоковому пресі;
- удосконалити на моделях процесу пресування винограду;
- удосконалити процеси взаємодії шокової та шнекової зон преса;
- розробити інженерну методику розрахунку шокового преса;
- провести оптимізацію процесу пресування в шоковому пресі;

– перевірити у виробничих умовах основні положення теоретичних розробок та практичних рекомендацій для пресування винограду у шоковому пресі.

Об'єкт дослідження – шоковий прес, грони винограду.

Предмет дослідження – процес деформації виноградної маси у робочій зоні шокового преса при виготовленні легких столових, шампанських та сортових вин.

Методи дослідження – загально прийняті і спеціальні: структурно-механічні, математичні та фізичні моделі; математична обробка експериментальних даних; порівняльна характеристика процесів вилучення сусла за критерієм інтенсивності енергетичної дії на сировину та якості сусла.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертації захищається наукове положення: комбінована дія тиску та зсуву на грона винограду у відкритій робочій зоні шокового преса та у гвинтових каналах транспортних шнеків відбувається циклічно при інтенсивності енергетичної дії у межах $\Omega = 5-4$, що дозволяє підвищити якість сусла, зменшити енерговитрати та металосмість шокового преса.

У результаті аналітичних і експериментальних досліджень уперше:

- здійснено класифікацію пресів за допомогою нового критерія інтенсивності енергетичної дії Ω , яка відповідає якісним показникам сусла;
- обґрунтовано, що на якість сусла впливає не тільки тиск, а й швидкість деформації сировини та кількість її повторних стискань (тривалість процесу);
- отримана залежність швидкості деформації та зміщення об'єму виноградної маси у робочій зоні шокового преса від кута повороту щоки;
- розроблені режими пресування при вибіркового вилученні сусла з гронів винограду у робочій зоні шокового преса за рахунок вільного ковзання шарів м'язги та переміщення маси по робочих поверхнях;
- обґрунтовано переваги відкритої робочої зони у шоковому пресі порівняно з закритою робочою зоною у корзиночних пресах;
- удосконалено процес взаємодії шокової та шнекової зон у шоковому пресі;
- складено гідромеханічну модель вилучення сусла з винограду в шоковому пресі;
- отримано число подібності B_0 , яке відповідає за якісні показники сусла, та рівняння в узагальнених перемінних, що враховує залежність B_0 від модифікованого числа Ейлера.

Практичне значення одержаних результатів. На основі виконаних розрахунків, підтверджених у виробничих умовах, впроваджено новий спосіб пресування грон винограду в шоковому пресі. Знижено критерій енергетичної дії на сировину Ω до 4. Масова концентрація зважених часточок зменшилась на 12-15 г/л. Враховуючи перспективність наукових досліджень і їх зв'язок з Планом науково-дослідних, науково-технічних, конструкторських, технологічних,

проектних робіт, “Програми розвитку садівництва, виноградарства і розсадництва в сільськогосподарських та інших підприємствах України на 2002-2004 роки” і перспективність розробки нового щокового преса ВАТ “Одеським СКТБ Продмаш” розроблена технічна документація, яка передана у виробництво для виготовлення дослідного зразка нового щокового преса продуктивністю 10 т/год при встановленій потужності 10 кВт і обмеженому критерію інтенсивності $\Omega = 4$ на дослідно-експериментальному заводі ВАТ “Одеське СКТБ Продмаш”.

Особистий внесок здобувача. Полягає у формулюванні і доказі наукових положень дисертації, розробці моделей, плануванні експериментів, проведенні дослідів у лабораторних і промислових умовах і опрацюванні результатів експериментів, складанні описів та формул винаходів, впровадженні критерія інтенсивності енергетичної дії на сировину, як головного чинника якості сусла, яке отримують на щоковому пресі, проведенні класифікації пресів за новим критерієм, впровадженні результатів досліджень процесів вилучення сусла з грон винограду на математичних та фізичних моделях, обґрунтуванні економічної доцільності нових розробок, формулюванні висновків, впровадженні результатів дисертаційної роботи у виробництво.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідали на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького персоналу і наукових співробітників ОНАХТ 1997-2004 р., на технічній нараді інституту винограду та вина “Магарач” у липні 2002 р., на технічній Раді в Агрофірмі “Золота балка” м. Севастополь, у вересні 2002 р. на науково-технічній Раді АВК “Виноградний” м. Сімферополь, на технічній Раді комбінату “Кримсовхозвинпром” м. Сімферополь у вересні 2002 р., у Міністерстві аграрної політики України Державного департаменту продовольства у травні 2003 р., наслідком чого були підписані дві угоди на виконання госпрозрахункових тем. Результати досліджень представлені на здобуття премії АР Крим і були позитивно оцінені комісією по преміям Верховної Ради АР Крим.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 11 робіт, у тому числі 2 монографії у співавторстві, 6 статей у наукових працях ОНАХТ, один патент та дві заявки на патенти.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків до них, загального висновка, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації 186 сторінки, з них 142 основного тексту. Робота ілюстрована 10 таблицями (на 4 стор.), 43 рисунками (на 24 стор.) Список використаних джерел охоплює 144 найменувань на 14 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і задачі досліджень, наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі “Сучасний стан та основні задачі досліджень” обґрунтована доцільність

пресування грон винограду у щоківному пресі при вилученні сусла для шампанських виноматеріалів, підкреслено важливість досліджень у цьому напрямку д.т.н. О.О. Преображенського, К.С. Попова, д.т.н. З.М. Кишковського та працівників наукової школи О.О. Преображенського.

Попередниками не досліджені деформації, які діють на виноградну масу у робочій зоні, не досліджені процеси переробки винограду за критерієм інтенсивності енергетичної дії, доцільне сполучення щоківної та шнекової зон, необхідна площа дренажних поверхонь, раціональний режим витікання сусла, застосування щоківних пресів при виготовленні сортових столових вин, переваги цих пресів порівняно з корзиночними.

Другий розділ “Виклад загальної методики та дослідження на математичних моделях” присвячено загальній методиці та основним методам досліджень. Основну роль відведено сумісній дії тиску та зсувним явищам у масі, які змінюють режим пресування та вилучення сусла. Проаналізовано співвідношення внутрішньої та зовнішньої робіт деформування, що дозволяє зменшити витрати енергії тертя маси об робочі органи. Проаналізовано зв'язки продуктивності, потужності, тривалості процесу, об'єму робочого простору з питомою потужністю та якістю сусла.

Порівняння процесів вилучення сусла, які відбуваються у пресах різних типів здійснено за допомогою критерія Ω , який дорівнює відношенню питомої потужності у даному пресі W до цієї величини у базовому пресі W_1 , за який взято прес (ГП-2,5), де масова концентрація зважених часточок становить 15-20 г/л. На цю масову концентрацію, як оптимальну вказують у своїх дисертаційних роботах Бобкова Л.М. та Фуркевич В.О. Це відношення прийнято, як критерій оптимальності

$$\Omega = W/W_1 \quad (1)$$

Аналіз розглянутих пресів за критерієм Ω подано в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність критерія інтенсивності енергетичної дії від типу преса при вилученні сусла з гронів винограду

| Показник | Корзиночні ГП-2,5 | Прес із ланцюгами | Пневматичний ГППД-1,7 | Шнековий ПНД-5 | Щоківний прес |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| P , кг/с | 0,1 | 0,36 | 0,16 | 1,4 | 5,5 (20) |
| N , кВт | 2,5 | 3,7 | 6,9 | 10 | 20 |
| m , кг | 1500 | 2600 | 1320 | 102 | 1542 |
| W , Вт/кг | 1,7 | 1,42 | 5,2 | 98 | 8,9 |
| Ω | 1 | 0,84 | 3 | 58 | 5,2 |

Найбільш розповсюджені в Україні потокові лінії мають ряд машин, у яких послідовно виконують операції подачі винограду, його подріблення, відокремлення гребінців, перекачування

м'язги, вилучення сусла з м'язги та остаточного відбору сусла. Критерії інтенсивності Ω для окремих машин подано в табл. 2 з якої видно, що сумарне число критерія Ω дорівнює 635.

Деформація маси винограду в щоківному пресі відбувається при періодичних коливаннях щоки. Домінуючою формою деформації є зсув, який проходить по лініях сковзання, спрямованих вздовж дотичних головних напруг. У клиновому просторі щоківного преса можна виділити головні нормальні напруги розташовані по радіусам і дугам з центром в точці осі щоки (рис. 1).

Таблиця 2

Аналіз потокової лінії ВПЛ-20 за інтенсивністю енергетичної дії

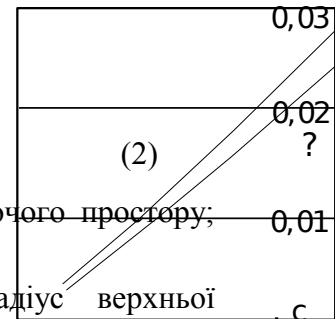
| Параметр | Розвантаження | Бункер-дозатор | ЦДГ-20 | ПМН-28 | ВСН-20 | Сума |
|-------------|---------------|----------------|--------|--------|--------|-------|
| N , кВт | 90 | 1,5 | 7,0 | 2,25 | 1,5 | 12,25 |
| P , кг/с | 3000 | 5,5 | 5,5 | 8,3 | 412 | (5,5) |
| q , Дж/кг | 30 | 272,7 | 1272 | 255 | 364 | 2194 |
| T , с | 1 | 54,5 | 1,7 | 0,85 | 379 | 437 |
| W , Вт/кг | 30 | 5 | 743 | 300 | 0,99 | 1079 |
| Ω | 18 | 3 | 437 | 176 | 0,6 | 635 |

Лінії сковзання перетинають лінії взаємоортогональних напруг під кутом 45° і утворюють логарифмічні спіралі. Формула, якої має вигляд $\rho = r \exp A\theta$, де $A = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 45^\circ = 1$; відповідно $\rho = r e^\theta$, де $\rho_k = R$, т.ч. $\theta = \ln R/r$; що дає змогу перейти до визначення геометричних розмірів робочої зони та визначення тиску на різних рівнях робочого простору щоківного преса

9

$$P = \sigma_S \ln R/r, \quad (2)$$

де P – тиск в нижній частині робочого простору;
 σ_S – головна зсувна напруга; R – радіус верхньої частини робочого простору, де тиск дорівнює нулю;
 r – радіус нижньої частини робочого простору де тиск максимальний.



Цю залежність підтверджено експериментально на модельних установках та реальних пресах. Інтенсивність зсуву впливає на якість сусла і повинна бути мінімальною і в той час достатньою для руйнування елементів ягоди. При цьому можна виділити три фази вилучення сусла з ягоди.

Перша фаза – розрив шкірочки, відбувається при напругах близьких до міцності шкірки, при значному перевищенні напруги відбувається небажане руйнування інших частин ягоди.

Рис. 1. Схема деформування сировини у клиновому робочому просторі

Друга фаза – витікання сусла з клітин м'я-коті іде повільно і потребує незначних періодичних стискань, які не руйнують більш міцних клітин, прилеглих до шкірки і насіння.

Третя фаза – вилучення сусла у шоковому пресі включає поверхнєве перетікання сусла у проміжках між елементами сировини та вихід його у суслозбірник. Це витікання проходить під дією гравітаційних сил.

Перевагою шокових пресів порівняно з корзиночними є потоковість їх дії, що змінює характер процесу від поступового затухання виділення сусла незалежно від тиску у корзиночних пресах до постійної середньої продуктивності та постійної питомої потужності у шокових пресах (рис. 2, 3).

Рис. 2. Схема деформування сировини у закритому робочому просторі

Рис. 3. Схема деформування сировини у відкритому робочому просторі

Процес деформування виноградної маси у шоковому пресі здійснюють за рахунок зміни частоти та амплітуди коливань шоки.

Рис. 4. Схема процесу витікання суслу з клітини ягоди

Безперешкодне витікання соку через перфорацію здійснюється шляхом несиметричного реверсування транспортуючих шнеків, при цьому тиск у масі зменшується і змінюється від максимального до нульового значення.

Проведено моделювання гідромеханічних процесів. За допомогою феноменологічного підходу проаналізовано витікання рідини з ягоди.

Фізична схема (рис. 4) передбачає зменшення розміру клітини на dh при деформуванні ягоди, підвищення тиску ($P_k > P_a$) і витікання суслу через окремий канал. Диференційне рівняння процесу витікання при швидкості w через n каналів для m клітин та l ягід має вигляд:

$$\frac{1}{\rho} \frac{dM_n}{\left(\varepsilon \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n F_{kij} \right) d\tau} = \left(\frac{P_k(\tau) - P_a(\tau)}{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \frac{1}{2g} \frac{w^2}{\left(2 + \frac{\lambda \delta_i}{d_{oi}} \right)}} \right)^{-1} \quad (3)$$

Суттєвий вплив на масові витрати суслу з сировини M_n мають пористість ε оболонки клітини, діаметр каналу d , товщина оболонки клітини δ , коефіцієнт тертя λ .

В інтегральній схемі на основі термодинамічного підходу можна записати масові витрати суслу з ягоди у формі

$$M_{я} = b V_{я} \Delta P, \quad (4)$$

де b – феноменологічний коефіцієнт, що визначає залежність $M_{я}$ від об'єму суслу $V_{я}$ та різниці тиску у ягоді та зовнішньому середовищі – ΔP .

Подальший аналіз дає модель тривалості витікання суслу з ягід з урахуванням коефіцієнтів витікання ϕ_u та укладки ягід:

$$\tau = \left(\left(\varepsilon \sum_1^m \sum_1^n F_{kij} \right) \varphi_u \psi_y \sqrt{(P_k - P_a) / \rho_c g} \right)^{-1} V_y \quad (5)$$

Виконаний аналіз показує, що визначальним технологічним параметром є величина тиску в ягоді, клітині P_k . При деяких значеннях P_k створюються умови для розриву оболонки ягоди.

Параметрична реалізація моделей (3)-(5) потребує знання параметрів $\delta_i, d_{oi}, \varphi_u, \psi_y, \lambda, F_{ki}$. Але отримані феноменологічні моделі дозволяють спростити рішення за допомогою теорії подібності.

В параметричній моделі процесу, в якій визначальним параметром є масова концентрація зважених часточок у суслі B , а руйнівальною силою процесу є тиск P_k , який замінено потужністю N з метою підвищення надійності вимірів

$$N = C_1 V_n (P_k - P_a) \quad (6)$$

Виразимо зв'язок параметра B з іншими параметрами $\tau, \omega_n, \rho_{np}, N, V_n$ у вигляді степеневого ряду:

$$B = A V_n^n N^m \rho_{np}^k \omega_n^p \quad (7)$$

Методом аналізу розмірностей отримано формулу

$$B_0 = A (Eu_M)^m \quad (8)$$

Задачами експериментальних досліджень є визначення констант A, m .

В третьому розділі “Експериментальні дослідження на фізичних моделях та промислових пресах” викладено матеріали за експериментальними дослідженнями на фізичних моделях та на промислових пресах.

Теоретичні розробки потребують експериментального підтвердження на реальній сировині та на фізичних моделях.

Лабораторну модель № 1 створено з об'ємом робочої зони 288 см³ при $\Omega = 5,2$. Схема моделі № 1 приведена на рис. 5.

За допомогою моделі № 1 визначали якість суслу, яке одержували з цілих ягід винограду при циклічному стисканні у робочій зоні.

Для оцінки характеру деформування маси у робочому просторі шокового преса було побудовано модель № 2. Для візуального спостереження явищ, які відбуваються в робочій зоні, передню стінку виконано з прозорого органічного скла. Модель представлено на рис. 6.

На моделі № 2 досліди проводили за тією ж методикою, що і на моделі № 1.

Суттєвих розбіжностей між виходом суслу і кількістю стискань, порівняно з моделлю № 1 немає.

На моделі № 2 досліджували переміщення маси при зміні кута повороту щоки. Спостереження вказують на наявність ліній сковзання ягід винограду в масі, та сковзання уздовж рухомої стінки (рис. 7).

Рис. 5. Схема лабораторного преса № 1

1 – корпус; 2 – нерухома перфорована стінка; 3 – датчик переміщення; 4 – датчик, який визначає величину підйому маси; 5 – рама рухомої щоки; 6 – кріплення щоки; 7 – привід рухомої щоки, який дозволяє підключити постійний тягар; 9 – суслозбірник; 10 – лоток; 11 – робочий простір; 12 – блок; 13 – гиря

Рис. 6. Схема моделі 2:

1 – каркас, який дозволяє змінювати положення осі рухомої щоки; 2 – нерухома щока; 3 – рухома щока; 4 – вертикальна прозора стінка; 5 – трос, прикріплений до рухомої щоки; 6 – динамометр; 7 – пристрій для повернення щоки в попереднє положення; 8 – пристрій для заміру величини підняття маси і розрихлення ягід після пресування; 9 – збирач сусла; 10 – гиря; 12 – шкала переміщень рухомої щоки

Рис. 7. Схема переміщення ягід винограду в робочому просторі щокового преса моделі 2:
а – положення рухомої щоки на початку переміщення; б – положення рухомої щоки в кінці переміщення

Експериментальні дослідження зони транспортуючих шнеків виконували на моделі № 3 (рис. 8). У цій моделі шнековий механізм захоплює масу винограду, яку до нього подають за допомогою поршня, що моделює процес переміщення маси під дією тиску, який спричиняє щока.

Для зменшення перетирання маси шнек обертають у різних напрямках, які межують із зупинками шнека, розпушуючи масу та знижуючи тиск. При цьому шнек очищає отвори дренажної сітки і забезпечує вільне витікання сусла. Зворотній рух гвинтових лопатей створює деформації, які дозволяють продовжити режим вибіркового вилучення сусла з грон винограду.

3

1

2

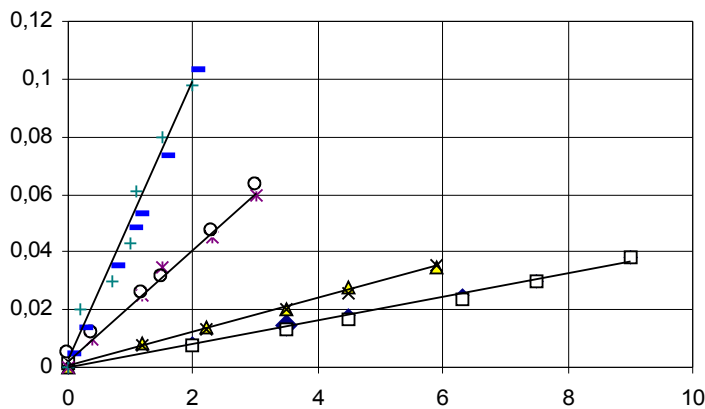
, ?

Рис. 8. Схема моделі № 3. Прес з перемішуванням і відокремленням вичавок: 1 – бункер; 2 – поршень; 3 – шнек; 4 – конус; 5 – сітка; 6 – суслозбірник; 7 – реверсивний приводний механізм

Пресування маси винограду на моделі № 3 при тих же значеннях Ω дозволило отримати результати подібні результатам, отриманим на моделях № 1 та № 2.

Для отримання більш достовірних результатів проведено дослід на промисловому шоковому пресі в АПК “Виноградний” АР Крим. Отримані залежності представлено на рис. 9-11. Обробку експериментальних даних проводили за допомогою програми Table Curve 3D.

При апроксимації експериментальних даних розходження між експериментальними і розрахунковими даними до 15 %.



$$P = (-2 \cdot 10^{-5} + 0,004 \tau - 0,001 \tau^2 + 3,6 \cdot 10^{-5} \tau^3 + 1,9 \cdot 10^{-4} \ln(n)) / (1 - 0,034 \tau - 0,341 \ln(n)). \quad (9)$$

Рис. 9. Порівняння експериментальних і розрахункових даних тиску у виноградній масі на протязі циклу τ при різних частотах коливань шоки n при $\Theta = 30^\circ$ та продуктивності 5,6 кг/с;

1 – $n = 2$ колів./хв; 2 – 4 колів./хв; 3 – $n = 8$ колів./хв; 4 – 14 колів./хв

$$W = (60,7 + 16 \ln(n) - 21,6 \ln(\Theta)) / (1 - 0,4 \ln(n) + 0,2 \ln(\Theta)). \quad (10)$$

Рис. 10. Експериментальна залежність питомої потужності W процесу пресування винограду від частоти коливань щоки n при сталій продуктивності 5,6 кг/с і при різних початкових кутах:

$$1 - \Theta = 30^\circ; 2 - \Theta = 20^\circ; 3 - \Theta = 10^\circ$$

$$\delta = (2,7 + 2 \ln \Theta + 0,4 (\ln \Theta)^2 + 0,9 \ln(\alpha)) / (1 - 2,3 \ln \Theta - 1,2 (\ln \Theta)^2 - 0,4 (\ln \Theta)^3 - 0,8 \ln(\alpha)). \quad (11)$$

Рис. 11. Розрахункова залежність швидкості деформування $\dot{\delta}$ від частки початкового кута Θ відхилення щоки при відносній тривалості руху:

$$1 - \Theta = 1 \text{ (повний кут)}; 2 - \Theta = 2 \text{ (половина кута)}; 3 - \Theta = 6 \text{ (шоста частина кута)}$$

На підставі узагальнення результатів експериментального моделювання отримано залежність числа Bo від Eu_m (рис. 12).

Рис. 12. Залежність числа Bo від Eu_m

Остаточні результати дослідів узагальнюються моделлю в числах подібності:

$$Bo = 0,224 Eu_m^{0,309}. \quad (12)$$

Порівняння розрахункових і експериментальних даних у трьох серіях експериментів наведено нижче (рис. 14).

Найкраще узгодження (у межах 5 %) отримано в серіях 1, 2. Найбільший розкид (у межах $\pm 12\%$) у серії 3.

Рис. 13. Узагальнення результатів дослідів

Рис. 14. Порівняння розрахункових і експериментальних даних

Таким чином відмінності розрахунків за моделлю (12) з даними дослідів не перевищують $\pm 12\%$. Отже розроблена модель (12) може бути використана для проведення обчислювального експерименту.

Проведено узагальнення бази експериментальних даних за критеріальним рівнянням.

Порівняння розрахунків із даними дослідів показано, що похибка моделі не перевищує 12 %.

У **четвертому розділі** “Інженерна методика розрахунку шокових пресів” наведена інженерна методика розрахунків шокових пресів та нові конструктивні рішення.

Експериментальними даними та перевіркою їх у виробничих умовах рекомендовано дотримання критерія інтенсивності енергетичної дії у межах $\Omega = 5-4$ для шокових пресів.

На підставі цього показника та продуктивності преса, який конструюють, визначають головні параметри майбутньої конструкції.

Інтенсивність енергетичної дії або питому потужність W визначають за формулою, що об'єднує енергію E , яку витрачено за певний час T при дії на певну масу m

$$W = E / (T \cdot m), \quad \text{Вт/кг} \quad (13)$$

Продуктивність шокового преса визначають за формулою

$$P = N / (W \cdot T) = V \cdot \rho / T, \quad (14)$$

де P – продуктивність шокового преса, кг/с; N – потужність в робочій зоні шокового преса, Вт; V – об'єм робочого простору, в якому відбувається поглинання енергії, м³; ρ – густина сировини, яку переробляють, кг/м³.

Такий підхід до визначення продуктивності технологічного обладнання новий по суті.

Питому потужність визначають з технологічних дослідів або за питомою потужністю кращого існуючого преса.

Потужність, яка входить у цю формулу, визначають за умови мінімальної сили деформування сировини та швидкості деформування у робочому просторі.

Швидкість деформування маси прямо пропорційна масі, яка знаходиться у робочому просторі, прийнятій питомій потужності і обернено пропорційна силі F

$$V = mW / F \quad (15)$$

Масу m , яка знаходиться у стані деформування у робочому просторі знаходять із залежності:

$$m = N / W \quad (16)$$

Об'єм робочого простору V визначали за умови певної густини виноградної маси $\rho = 600$ кг/м³.

Загальну тривалість технологічного циклу пресування у шоковому пресі знаходили за певними питомими енерговитратами q

$$\tau = q / W \quad (17)$$

Узагальнену структуру розрахунку процесу пресування наведено на рис. 15. Вхідними

даними є: об'єм завантаження пресу продуктом V_{np} ; сорт винограду; його початкова температура t_n ; мінімальний (τ_{min}) та максимальний (τ_{max}) час робочого циклу; мінімальна (ω_{min}) та максимальна (ω_{max}) швидкість руху щоки; геометричні параметри щоки (радіус руху R , площа поверхні F) та діапазон регламентацій із якісних показників суслу (B_{min}, B_{max}).

Рис. 15. Алгоритм розрахунку процесу пресування

В залежності від сорту винограду визначають питому щільність ягід ($\rho_{пр}$), м'язги (ρ_m) та суслу (ρ_c). Параметри ρ_m, ρ_c визначають в залежності від температури t_n .

Середнє значення тиску P та потужності N розраховують за рекомендаціями розділу 2. Далі виконують варіантні розрахунки для різних значень τ та ω_n . Ключовим в алгоритмі є критеріальне рівняння (12), що узагальнило бази експериментальних даних. Із цього рівняння отримуємо число Bo , а далі B і Ω . Розрахунки можна обмежувати умовою $B_{max} \geq B$.

Друкуються значення $\tau, \omega_n, B, N, V_n, \Omega$.

Проведено оптимізацію режимів пресування, запропонований алгоритм (рис. 15) був реалізований за допомогою пакету Mathcad. Приклади розрахунків параметрів процесу пресування наведено у дисертації (додаток Б). Діапазон зміни вихідних параметрів представлено у табл. 3.

Таблиця 3

Діапазон вихідних даних при варіаційній оптимізації процесу пресування

| Параметр | $V_{np}, \text{м}^3$ | $\omega_n, \text{м/с}$ | $\tau, \text{с}$ |
|----------------------|----------------------|------------------------|------------------|
| Мінімальне значення | 0,5 | 0,005 | 20 |
| Максимальне значення | 1,5 | 0,035 | 2000 |

Результати розрахунку наведені на рис. 16. Залежність різниці між параметром B , що розраховувався по алгоритму (рис. 15), та рекомендованим значенням ($B_p = 0,5 (B_{min} + B_{max})$) у логарифмічних координатах, дає змогу оцінити якість процесу при різних сполученнях τ, ω_n, V_{np} . Лінія (а) на рис. 16 розграничує варіанти, що не дають належної кількості зважених часток, яка перевищує рекомендоване значення B і варіанти, де параметр B знаходиться в допустимому діапазоні. Останні режими знаходяться під лінією a (рис. 16).

Рис. 16. Результати обчислювального експерименту

Проведено 3 серії обчислювального експерименту, що відрізнялись об'ємом завантаження пресу (дисертація, додаток Б). Результати розрахунків залежностей $|B - B_p| = f(V_{np}, \omega_n, \tau)$ наведені

на рис. 17. На цих рисунках зазначені області “А”, де значення параметру B знаходиться в межах технологічних рекомендацій. Таким чином, в областях “А” можна визначити параметри, які слід забезпечити при роботі преса (ω_n та τ) при завантаженнях $V_{np} = 0,5 \text{ м}^3$, $V_{np} = 1 \text{ м}^3$, $V_{np} = 1,5 \text{ м}^3$.

Рис. 17. Результати оптимізації при $V_{np} = 1 \text{ м}^3$. А – область доцільних режимів, що забезпечують вимоги до параметру B

Якщо прийняти до уваги конструктивні особливості шокових пресів, умови їх експлуатації, то треба обмежитись тривалістю циклу від 1 до 3 хвилин. В такому випадку із (рис. 17) швидкість руху щоки має бути $0,025 \dots 0,035 \text{ м/с}$.

Рис. 18. Визначення доцільних значень комплексу Ω

Розрахунки параметру Ω по алгоритму (рис. 15) показують, що для обґрунтованого діапазону ω_n відповідає діапазон $\Omega = 4 \dots 6$. Таким чином, для умов $V_{np} = 1 \text{ м}^3$ доцільне значення Ω становить 5 ± 1 (рис. 18).

Результати оптимізації (рис. 17) можна використовувати як режимну карту роботи шокового преса.

Конструктивні розміри бункерної частини преса визначали з урахуванням геометричних параметрів транспортних пристроїв.

На заводі АПК “Виноградний”, на шокових пресах (рис. 19) були проведені дослідження та встановлені нові режими пресування винограду, які захищені патентом на винахід № 62854А (акт від 28 липня 2003 р. АПК “Виноградний”).

Використання принципу всебічного деформування маси рекомендовано здійснювати у пристрої (Патентна заявка № 99084584 від 10.08.1999 р.) (рис. 20).

Рис. 19. Прес за № 1 для вилучення суслу з винограду: 1 – бункер; 2 – корпус; 3 – перфоровані стіни; 4 – перфоровані напівциліндри; 5 – рама; 6 – транспортуючі шнеки; 7 – суслоприймач; 8 – привідний вал; 9 – рухома щока

Рис. 20. Прес за № 2 для вилучення суслу з винограду: 1 – бункер; 2 – бокові похилі стінки; 3 – вертикальні стінки; 4, 6 – нерухома і рухома решітки; 5, 7 – активатори, які прикріплені до решіток; 8 – гідродвигун; 9 – золотник; 10 – сітчатий циліндр; 11 – шнек; 12 – привід шнека; 13 – суслозбірник; 14 – конус

На пристрій розроблено ескізні креслення, виготовлені основні вузли, та заплановано проведення дослідів у промислових масштабах у господарстві “Чорноморська перлина” Тарутинського р-ну Одеської обл.

Розроблено також патентні заявки за результатами досліджень за № 99020973 від 19.02.1999 р. “Щоковий прес за № 3 з решітчатою щокою”.

Економічне обґрунтування базується на промислових випробуваннях, які дали можливість значно покращити якість сусла за рахунок зменшення зважених часточок у суслі.

Економічний ефект на 1 тону винограду склав 6,13 грн.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Науково обґрунтована доцільність і технічна можливість покращання якості суслу з гронів винограду за рахунок удосконалення щокочних пресів, а саме: масова концентрація зважених у суслі часточок зменшена на 30 %.

2. Доведено перевагу деформування виноградних гронів у щокочному пресі, у якому відбувається вибіркоче вилучення суслу з гронів винограду у потоковому режимі при продуктивності 20-30 т/г порівняно з 3-5 т/г у корзиночних пресах.

3. Розроблено математичну модель деформування маси винограду, основою якої є зміщений об'єм та лінії сковаання, траєкторії яких описують логарифмічні спіралі, нахили яких до робочих поверхонь створюють кут близький до 45°.

4. Обґрунтовано необхідність встановлення суцільних поверхонь замість перфорованих у верхній частині робочої зони щокочного преса та створення краплевидної форми щоки, що дозволяє покращити умови санітарної обробки обладнання та зменшити питому металоємність преса на 20 %.

5. На основі аналітичних і експериментальних досліджень доведено, що пресування гронів винограду у щокочному пресі треба здійснювати при критерії енергетичної дії Ω від 5,2 до 4 (патент № 62854А).

6. Досліджено зв'язок щокочної та шнекової зон щокочного преса і доведено необхідність зниження критерія Ω на 30 % в шнековій зоні щокочного преса шляхом реверсування шнеків з проміжними вистоями.

7. Розроблена інженерна методика розрахунку процесу пресування дозволяє визначити значення критерія Ω , робочої потужності преса, кількості зважених часточок у суслі в залежності від часу пресування, швидкості руху щоки та об'єму завантаження.

8. На основі варіації оптимізації режимів пресування рекомендується використовувати об'єм завантаження винограду 1 м³, швидкість руху щоки 0,025-0,035 м/с, що відповідає діапазону $\Omega = 4-6$ при зниженні масової концентрації зважених часточок у суслі на 12-17 г/л.

9. Економічний ефект від впровадження розробок склав 6,13 грн на 1 т винограду (АПК "Виноградний").

Список опублікованих праць за темою дисертації:

1. Сербінов П.Р. Потокова лінія для переробки винограду шампанських сортів / К.М. Тенюх, А.В. Іваненко // Наук.пр. ОДАХТ. – Одеса, 1998. – Вип. 18. – С. 168.

Здобувачем проведено аналіз роботи потокової лінії ВПЛ-20 та доведено доцільність використання щокочного преса при виготовленні шампанських виноматеріалів.

2. Іваненко А.В. Важливий чинник підвищення якості шампанських вин / Ю.С. Мельник, К.М. Тенюх, О.Б. Моренко, Е.М. Дондиш // Наук. пр. ОДАХТ. – Одеса, 1999. – Вип.19. – С. 96.

Здобувачем доведено перевагу шокових пресів при вилученні сусла для шампанських виноматеріалів порівняно з корзиночними пресами і лінією ВПЛ-20.

3. Дондиш Е.М. Оптимізація процесів вилучення сусла з виноградної м'язги / А.В. Іваненко, О.Б. Моренко, К.М. Тенюх // Наук. пр. ОДАХТ. – Одеса, 1999. – Вип. 19. – С. 99.

Здобувачем проведено аналіз існуючих стікачів. Підвищення якості сусла за допомогою зменшення питомої потужності у стікачах. Приймав участь у експериментальних роботах з регулювання режимів роботи шнекових стікачів.

4. Іваненко А.В. Технологическая механика переработки винограда / К.М. Тенюх, Ю.Н. Ртищев // “Астропринт”. – Одесса, 2000. – 304 с.

Здобувачем розроблена гіпотеза удосконалення процесів вилучення сусла з гронів винограду. Проведено експериментальні дослідження на лабораторних моделях. Вдосконалено конструкції шокових пресів. Вибір оптимальних режимів при одержанні високоякісного сусла для шампанських виноматеріалів.

5. Іваненко А.В. Переработка винограда и другого сырья / К.М. Тенюх // “Астропринт” – Одесса, 2002. – 312 с.

Здобувачем запропоновано новий критерій інтенсивності енергетичної дії на сировину Ω , за допомогою якого проведена класифікація існуючих пресів, аналіз роботи потокової лінії ВПЛ-20. Запропоновані нові технічні рішення при вдосконаленні шокових пресів.

6. Тенюх К.М. Тривалість технологічного циклу у машинах та апаратах харчових виробництв. – Наук. пр. ОНАХТ. – Одеса, 2003. – Вип. 25. – С. 161-165.

Здобувачем визначена тривалість технологічного циклу переробки винограду при вилученні сусла для виготовлення легких столових та шампанських виноматеріалів, поняття зміщеного об'єму та ліній сковзання при аналізі роботи шокового преса.

7. Іваненко А.В. Класифікація обладнання для вилучення сусла з винограду / К.М. Тенюх // Наук. пр. ОНАХТ. – Одеса, 2003. – Вип. 25. – С. 166-169.

Крім існуючих ознак класифікації обладнання, введено додаткову ознаку, інтенсивність енергетичної дії на сировину, що визначає якість сусла.

8. Заявка 99084584 Україна. Прес для вилучення сусла з винограду / Іваненко А.В., Панченко М.О., Тенюх К.М. – № 99084584. Заявл. 10.08.1999.

9. Заявка 99084585 Україна. Стікач / Іваненко А.В., Панченко М.О., Тенюх К.М. – № 99084585. Заявл. 10.08.1999.

10. ПАТ. 62854А Україна. Спосіб вилучення сусла з винограду та пристрій для його

здійснення / Іваненко А.В., Тенюх К.М. – № 2003098114. Заявл. 01.09.03.

11. Іваненко А.В., Тенюх К.М. Перспектива методики викладання курсу технологічного обладнання харчових та переробних виробництв / Науково-методична конференція викладачів № 34 “Шляхи розвитку та проблеми методичного забезпечення навчального процесу”. – Одеса, ОНАХТ, 2003. – С. 36.

Здобувачем запропоновано необхідність визначення головних параметрів технологічного обладнання як для аналізу та і для конструювання за узагальнюючим критерієм інтенсивності енергетичної дії, який тісно пов'язаний з якістю продукції і об'єднує технологічні та механічні показники обладнання.

АНОТАЦІЯ

Тенюх К.М. Удосконалення процесу пресування винограду в шоковому пресі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2005.

Дисертація присвячена питанням впровадження нового наукового напрямку переробки гронів винограду у шокових пресах і їх удосконаленню. Аналіз процесів пресування винограду здійснено за допомогою введеного критерію інтенсивності енергетичної дії на сировину Ω . Процеси деформації гронів в робочому просторі шокового преса проаналізовано з використанням зміщеного об'єму, ліній сковзання, енергії деформування в робочому просторі і енергії зовнішніх сил. Розроблені три лабораторних моделі, на яких проведені експерименти. Проведено експерименти на виробничих пресах. Видано рекомендації до використання існуючих і розробки нових шокових пресів. Проведено широку апробацію і одержано реальну економію 6,13 грн на 1 т винограду. Отримано патент України № 62854 А на спосіб вилучення сусла з винограду та пристрій для його здійснення.

Ключові слова: шоковий прес, критерій інтенсивності, зміщений об'єм, концентрація зважених часточок у суслі, сусло, м'язга.

АННОТАЦИЯ

Тенюх К.М. Усовершенствование процесса прессования винограда в щековом прессе. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, 2005.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования процессов по переработке гроздей

винограда в щековых прессах, которые являются первым воплощением нового научного направления переработки винограда. Это в первую очередь относится к шампанским и игристым винам, при изготовлении которых сушло необходимо извлекать из гроздей винограда при минимальных окислительных процессах. Разрушение структурных элементов грозди должно быть минимальным, чтобы сок отбирать преимущественно из мякоти ягод. Извлечение сушла первого отбора в существующих прессах происходит при значительных удельных мощностях 8,9 Вт/кг.

Существующие способы и устройства для извлечения сушла отличаются тем, что в них давление возрастает и деформации сдвига снижаются, это не позволяет повысить качество сушла. Щековые прессы имеют большие ещё не использованные резервы, которые могут быть реализованы путём теоретических и экспериментальных исследований.

Анализ процессов произведен с помощью рекомендованного критерия интенсивности энергетических воздействий на сырьё Ω , при деформации гроздей в рабочем пространстве щекового пресса. Введено понятие смещённого объёма, линий скольжения. Проанализированы энергия деформирования в рабочем пространстве щекового пресса и энергия внешних сил. Разработаны три лабораторных модели, на которых проведены эксперименты. Проведены эксперименты на промышленных образцах прессов. Выданы рекомендации по использованию существующих и разработке новых щековых прессов. Произведена широкая апробация предложенных разработок и получена реальная экономия – 6,13 грн на 1 т винограда. Получен патент на способ и устройство

Результаты работы представлены на соискание премии по АР Крым, и решением Президиума Верховного Совета Автономной Республики Крым присуждена премия за 2002 год.

Проведённый комплекс аналитических и экспериментальных исследований позволил рекомендовать режимы прессования гроздей винограда в щековом прессе при критерии интенсивности энергетических воздействий Ω от 5,2 до 4, а амплитуда колебаний щеки должна находиться в пределах от 5 до 50 процентов от общего угла рабочего пространства щекового пресса, количество циклов должно находиться в пределах от 3 до 40.

Исходя из анализа условий деформирования виноградной массы доказаны преимущества щековых прессов по отношению к корзиночным.

Разработана математическая модель деформирования массы винограда, в основу которой положены смещённый объём и линии скольжения, траектории которых описывают логарифмические спирали наклоненные под углом 45° к рабочим поверхностям.

Путём реверсирования транспортных шнеков в щековом прессе и их остановок получена интенсивность энергетических воздействий на этом участке $\Omega = 4-5$.

Разработана инженерная методика расчёта щековых прессов и предложены новые конструктивные решения. По интенсивности энергетического воздействия на сырьё определяют производительность, мощность и продолжительность процесса.

На основании проведённых исследований разработаны практические рекомендации по применению нового способа прессования винограда на щековых прессах, который приносит реальную экономию. Количество взвесей в сусле снижается на 12-17 г/л.

Получен патент Украины № 62854А на способ извлечения сусла из винограда и устройство для его осуществления.

Для винодельческой отрасли внедрение результатов исследований позволит значительно повысить эффективность производства.

Ключевые слова: щековый пресс, критерий интенсивности, смещённый объём, взвеси, сусло, мезга.

THE SUMMARY

Tenuch K.M. Improvement of grape pressing operations in a jaw press. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree on a speciality 05.18.12 – food, microbiological and pharmaceutical productions processes and equipment. – Odessa national academy of food technologies, Odessa, 2005.

The thesis is devoted to the problems of improving the grape clusters processing operations in jaw presses.

The research method used is described as the operations analysis made by introducing the intensity criterion of energy effects on raw material Ω , and the operations analysis using grape clusters strain in the jaw press working chamber. The concepts of displaced volume, slip lines, equality of both strain energies in the jaw press working chamber and external forces energies have been introduced.

Three laboratory models have been elaborated, the experiments being conducted there. The experiments have also been carried out on industrial standard presses.

The requests for the patents have been made. The recommendations on using the existing jaw presses and elaborating the new ones have been given.

The wide approbation has been made. The actual saving of 6,13 hrivnas per 1 ton of grape has been obtained.

Key words: jaw press, intensity criterion, displaced volume, suspensions, must, pomace.