

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

СЕМКОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 663.25.086.012.3

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИНА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Одеса-2009

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Бурдо Олег Григорович,
Одеська національна академія
харчових технологій, кафедра
процесів та апаратів, завідувач
кафедри

Офіційні опоненти:

– доктор технічних наук, старший
науковий співробітник,
Снєжкін Юрій Федорович, Інститут
технічної теплофізики НАН України,
заступник директора

– кандидат технічних наук, професор,
Титар Сергій Семенович,
Одеський національний політех-
нічний університет, кафедра теплових
електростанцій та енергозберігаючих
технологій, професор кафедри

Захист відбудеться 17 квітня 2009 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 41.088.01 в Одеській національній академії харчових технологій за
адресою: 65039, м. Одеса-39, вул. Канатна, 112 в ауд. А-234.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної
академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса-39, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий 16 березня 2009 р.

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

К. Г. Іоргачова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Тенденції споживання вина в світі свідчать про те, що інтерес до цієї продукції зростає. Посилюється конкуренція на ринках вина. Паралельно відбувається глобалізація процесів забезпечення енергетичними ресурсами. Стрімке зростання цін на енергоносії, серйозна залежність від імпорту палива вимагають нового відношення до найдорожчого зараз ресурсу - до енергії. Все це посилюється в зв'язку зі вступом України до СОТ, тому що енергоємність виробництва українських продуктів харчування в 2...4 рази вище, ніж у країнах ЄС.

У роботі обґрунтовуються шляхи вдосконалювання енергетичних технологій виноробства. Визначено комплекс першочергових завдань, розглянуті питання гідродинамічної обробки газованих вин, в основі якого використовуються принципи кавітації, гомогенізації, і струменних сатураційних систем. Сформульовано принципово новий підхід до мікробіологічної стабілізації вина. Усі ці питання аналізуються при умовах мінімізації питомих енергетичних витрат. До процесів пастеризації залучаються принципи електрофізичного впливу на потік вина.

Наукові основи запропонованих технологій відсутні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота була поставлена та виконувалась на кафедрі процесів та апаратів Одеської національної академії харчових технологій відповідно до держбюджетної тематики: (тема № 5/03 – П «Розробка стратегії, принципів та методології удосконалення енерготехнологій АПК», № держреєстрації 0103U003436).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – зниження енергоємності виноробства шляхом впровадження енергетичного моніторингу з розробкою теоретичних основ і обладнання для гідродинамічної й мікробіологічної стабілізації вина.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- виконати аналітичні дослідження сорбційних процесів у системі "вино - вуглекислота", розробити конструкцію й провести виробничі дослідження установки для гідродинамічної обробки вина, дати аналіз якісних показників зразків, оцінити інтенсивність десорбційних процесів;

- обґрунтувати механізм і провести математичне моделювання комбінованих процесів з електрофізичним впливом на продукт при мікробіологічній стабілізації вина в мікрохвильовому полі (МП);

- розробити методику розрахунково-експериментальних досліджень і провести енергетичний моніторинг виробництва вина, скласти енергетичні баланси, визначити резерви для зниження витрат ресурсів;

- розробити конструкцію пастеризаційного модуля, створити стенди та провести комплексні експериментальні дослідження пастеризації в МП. Встановити вплив конструктивних і режимних параметрів на рівень летальної температури;

- розробити конструкцію й провести випробування у виробничих умовах лабораторного зразка мікрохвильового пастеризатора, провести мікробіологічні дослідження вина після його обробки в МП, встановити доцільні режими його експлуатації за умовами енергетичних витрат і якості продукту;

- дати техніко-економічну оцінку й впровадити у виробництво проекти з зниження витрат енергетичних ресурсів.

Об'єкт дослідження: енергоємні процеси технології виноробства.

Предмет дослідження: процеси й устаткування гідродинамічної й мікробіологічної стабілізації вина, системи опалення.

Методи досліджень: фізико-математичного моделювання, теорії подібності й спеціального теплофізичного експериментального моделювання, розрахунково-експериментальні принципи енергетичного аудиту, енергетичного менеджменту з використанням сучасних повірених приладів і обладнання, обчислювальної техніки, загальноприйняті мікробіологічні.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі сформульовані й доведені нові наукові положення:

- узгодження гідродинамічних параметрів потоку з можливостями МП дає змогу використовувати відмінності в електрофізичних характеристиках мікроорганізмів і вина, ефективно реалізувати механізм селективного впливу на мікроорганізми і знизити рівень летальної температури;

- використання касет із щілинними каналами забезпечує доступність МП, що визначає перерозподіл потоків енергії безпосередньо до мікроорганізмів, призводить до підвищення якості продукту й росту енергетичного ККД пастеризатора.

У роботі вперше:

- запропоновано механізм комбінованого процесу стабілізації вина в умовах МП при організації плівкової течії продукту і заявлено спосіб низькотемпературної стабілізації вина в МП;

- складена математична модель гідродинамічного впливу на продукт, що описує кінетику сорбційних процесів у системі «вино – вуглекислота»;

- розроблена математична модель процесу пастеризації продукту в умовах дії МП і обґрунтована структура рівняння в узагальнених змінних, що встановлює залежність безрозмірної летальної температури від чисел подібності, які враховують конструктивні й режимні параметри;

- отримані приватні залежності рівнів летальних температур від величини щілинного

зазору, розходу, часу обробки вина, потужності МП й схеми руху потоків;

– встановлені експериментально гідравлічні й теплотехнічні характеристики пастеризаційних модулів, науково обґрунтовані режими пастеризації вина, отримано рівняння в узагальнених змінних для розрахунків інтенсивності процесу пастеризації при дії на потік вина мікрохвильового поля.

У роботі розширені уяви про механізми й кінетику сорбційних процесів у системі "вино – вуглекислота"; розвинуті методи енергетичного аудита в умовах обмеженого оснащення підприємства вимірювальними приладами.

Практичне значення отриманих результатів. В результаті комплексних аналітичних і експериментальних досліджень розроблена установка для мікробіологічної стабілізації вина в потоці, яка забезпечує м'які режими й підвищену якість обробки продукту. Вона рекомендована для підприємств виноробної промисловості (протокол дегустації № 26 від 17.01.08 ЗАТ "Одесавинпром" і акт мікробіологічних досліджень отриманих зразків № 26 від 08.12.07 ЗАТ "Одесавинпром").

Розроблена установка для гідродинамічної обробки вина, проведені її виробничі випробування. За результатами випробувань установка рекомендується до впровадження на підприємствах виноробства для підвищення якості насичення газованих вин вуглекислотою.

Розроблені інженерні методи розрахунків мікрохвильового пастеризатора, розрахунково-експериментальні методи проведення енергетичного аудиту. Сформульована програма поетапного підвищення ефективності використання енергії на підприємствах виноробства. Впровадження програми на підприємстві дозволило в 2007 р. в 2,5 рази знизити витрати палива, що склало 0,4 грн. на 1 дал продукції (акт впровадження програми № 26 від 08.01.08 ЗАТ "Одесавинпром").

Особистий внесок здобувача. У процесі виконання дисертаційної роботи автором самостійно виконаний критичний огляд наукової літератури за темою досліджень. Разом з д.т.н., проф. Іваненко А.В. розроблена програма проведення експериментів з гідродинамічної стабілізації вина. Разом з д.т.н., проф. Бурдо О.Г. сформульовані наукові положення з мікробіологічної стабілізації вина в МП й програма експериментальних досліджень, поставлені завдання математичного моделювання сорбційних процесів у струменних системах. Дисертантом особисто виконані роботи з енергетичного моніторингу, експериментальні дослідження з теми дисертації, науковий аналіз, математична обробка й узагальнення результатів, сформульовані висновки й пропозиції.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на наукових конференціях професорсько-викладацького складу ОНАХТ (2005... 2008 рр.), Міжнародній науково-практичній конференції "Харчові технології" (Одеса, 2005... 2008), XII Міжнародній науковій конференції "Удосконалювання процесів і обладнання харчових і

хімічних виробництв" (Одеса, 2006, 2008), Міжнародній науково-практичній конференції "Підвищення енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв" (Одеса, 2007 р.)

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи, одержані результати та рекомендації з їх використанням повністю відображені у 12 друкованих працях: з них 8 публікацій у фахових виданнях, 2 патенти України на корисну модель та тези 2 доповідей на науково-технічних та міжнародних конференціях.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, списку використаних джерел, який включає 132 найменувань (з яких 12 іноземних), і 5 додатків (19 сторінках). Матеріал дисертації викладено на 174 сторінках, містить 86 рисунків (38 сторінок), 37 таблиць (15 сторінок).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета й завдання досліджень, наукові положення, показана наукова новизна й практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів, публікації, структура та об'єм роботи.

В першому розділі «Загальна характеристика енергетичних проблем у виноробстві» проведено аналіз тенденцій розвитку виноробства. Проведені дослідження енергетичних проблем у світі, в Україні, в АПК. Визначені напрямки вдосконалювання енергетичних технологій у виноробстві. Аналізуються суперечливі відомості про режими пастеризації вин, що свідчить про відсутність наукової основи в розробці енергоефективних конструкцій. Виходячи із цих передумов, формулюються наступні етапи роботи. Методами енергетичного аудиту провести енергетичні дослідження підприємств виробництва вина, дати техніко-економічне обґрунтування енергоефективних проєктів. Виконати комплекс досліджень з вдосконалюванню технології гідродинамічної обробки вина та процесу мікробіологічної стабілізації вина в МП із використанням механізму селективної дії. Провести у виробничих умовах випробування експериментальних установок з мікробіологічними дослідженнями й дегустацією вина.

У другому розділі «Методи дослідження енерготехнологій» аналітичними методами проведені дослідження процесів гідродинамічної обробки й низькотемпературної мікробіологічної стабілізації вина. Обґрунтовані припущення про коректність одномірного запису математичної моделі з розподілом концентрацій, тисків, ентальпій й густини тільки по осьовій координаті z , при використанні тільки одного компоненту швидкості руху (осьовий складової w_z). Зроблений перехід від парціальної густини компоненту до його масової частки (m_v) і до умови $c=\text{const}$ і ($\text{div } w = 0$), тобто до квазістаціонарного потоку. Запис рівняння Нав'є-Стокса для умов руху суміші рідини й газу скоректована обліком впливу сил поверхневого натягу між фазами. Визначають вплив цих сил наступні параметри: коефіцієнт поверхневого натягу (γ), об'єм рідини в апараті (V)

і площа контакту між фазами (F_Φ). Наведені у відповідність із прийнятими припущеннями співвідношення Нав'є – Стокса, Фур'є – Кірхгофа, нерозривності й збереження маси становлять загальну систему рівнянь для всього апарату.

$$\rho \left(\frac{\partial w_z}{\partial \tau} + w_z \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left[\frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2} \right] + \frac{\sigma}{V} \frac{dF_\Phi}{dz} \quad (1)$$

$$c_p \rho \frac{dt}{d\tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} + \frac{4}{3} \mu \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2; \quad \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial z} = 0; \quad w \frac{\partial m_y}{\partial z} = D \frac{\partial^2 m_y}{\partial z^2}$$

Система (1) доповнена ще рівняннями зв'язку: стану (типу $t=t(z,\Phi)$), граничними умовами обтікання непроникної поверхні камери змішування ($r_K = f(z)$); тепло- і масообміну:

$$\frac{2\pi \lambda_B (t_{B1} - t_{B2})}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = \alpha \pi d_2 (t_B - t_y); \quad \frac{2\pi D (C_{B2} - C_{B1})}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = \beta \pi d_2 (C_{BS} - \bar{C}_B) \quad (2)$$

Модель замикається матеріальним балансом $[(G_B + G_Y) w_3 = G_B w_{B1} + G_Y w_{Y1}]$ струменного апарату, функцією коефіцієнта інжекції апарату $[u = G_Y / G_B = f(P_B, P_Y)]$ і відносною втратою кінетичної енергії на удар при змішуванні потоків.

У співвідношеннях (2) під d_1 і d_2 , відповідно, внутрішній і зовнішній діаметри циліндричного струмка, які контактують із потоком вуглекислоти. Таким чином, навіть при спрощенні завдання отримана система нелінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних другого порядку.

Аналіз модифікованого рівняння Нав'є - Стокса (1), яке враховує специфіку гідродинаміки розвиненого турбулентного двофазного потоку в струменному апараті, методами теорії подібності показало, що крім традиційних чисел Рейнольдса (Re) і Ейлера (Eu), необхідно використовувати ще й число Вебера ($We=(c \cdot w^2 \cdot l)/\gamma$). Це число характеризує вплив сил поверхневого натягу. При дослідженні задач масообміну прийнято вплив теплофізичних властивостей потоку враховувати числом Шмідта (Sc), а із граничних умов (2) одержують число Шервуда (Sh). Тоді рівняння в узагальнених змінних має вид:

$$Sh = A (Eu)^b (Re)^n (Sc)^m (We)^k \quad (3)$$

Доцільно використовувати число масообміну Стантона (St_m), що дає:

$$St_m = A (Re)^a (Eu)^b (We)^k \quad (4)$$

Моделювання процесу мікробіологічної стабілізації вина ґрунтується на положенні, що мікроорганізми й харчові рідини мають різні діелектричні характеристики. Використовувати цей чинник намагались в багатьох дослідженнях з мікрохвильової пастеризації харчових продуктів. Але, у промислових пастеризаторах реалізувати цей фактор повною мірою не вдавалося. Пояснити

причину можна так. Енергія, яка підводить до об'єму продукту, розсіюється, нагріваючи рідину, а ефективність виборчого енергопідводу різко знижується. Таким чином загальний принцип пастеризації зберігався: енергія витрачалась на нагрівання продукту, а вже від продукту передавалась до мікроорганізму.

Науково-технічна ідея роботи в тому, що, ставиться завдання реалізації паралельного підведення енергії до продукту Q_{Π} і до мікроорганізму Q_M . Енергетичний ККД буде зростати при зниженні частки Q_{Π} і підвищенні частки Q_M . Практична реалізація ідеї низькотемпературної пастеризації базується на такій гіпотезі: чим меншою буде товщина шару продукту, тим простіше можна реалізувати принцип селективного енергопідводу. Таким чином передумовами реалізації такого підходу є певна гідродинамічна ситуація в пастеризаторі. Продукт повинен рухатися у вигляді тонкої плівки. Якщо брати до уваги тільки один фактор, що визначає летальність мікроорганізмів – температурний, то поставлене завдання стає суцільно тепловим. Але розрахувати температуру окремого мікроорганізму за часом в умовах руху потоку завдання поки не розв'язуване. Загальноприйнятим способом одержання структури рівняння в узагальнених змінних для розрахунку сполучених задач гідравліки й теплопереносу є метод аналізу розмірностей. Застосування цих методів у дослідженні задач пастеризації не відомо.

У загальному випадку, вплив на летальність мікроорганізму мають діаметр каналу d , густина ρ і в'язкість потоку μ , швидкість його руху w . Група цих параметрів характеризує інерційні властивості потоку, гідродинамічну ситуацію в потоці, формування приграничного шару. Величина енергетичних витрат представляється пропорційною енергії випромінювання й тій енергії, яка необхідна для паротворення. Тобто величинам питомої теплоти паротворення g і потужності поля N_e . Усі 10 параметрів виражаються за допомогою тільки 3 розмірних одиниць. Згідно π -теореми зв'язок між цими параметрами може бути встановлено у вигляді 7 безрозмірних комплексів. Виходячи із цих положень, отримано:

$$\left. \begin{aligned} \pi_2 &= B; & \pi_3 &= \frac{l}{d}; & \pi_4 &= \frac{a\tau}{d^2}; \\ \pi_1 &= \frac{\mu}{d\rho w} & \pi_5 &= \frac{\mu}{\rho \cdot a}; & \pi_6 &= \frac{d^2 r \rho^{.2}}{\mu^{.2}}; & \pi_7 &= \frac{d\rho^{.2} N}{\mu^{.3}}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Комплекс $\pi_2 = B$ є чинником виживання – технологічним параметром, який визначає якісні характеристики процесу пастеризації. Це безрозмірне число мікроорганізмів, що виражає співвідношення числа загиблих до їхньої загальної кількості. Комплекс π_1 – це число Рейнольдса, π_4 – число Фур'є, а π_5 – число Прандтля. Вплив мікрохвильового поля враховується комбінацією: $\pi_7 (\pi_1 \pi_6)^{-1} = N (g w d^2 \rho)^{-1} = Bu$. Чим ближче число Bu до 1, тим більше енергії витрачається на нагрівання продукту, тим більше температура пастеризації, тем менше прояв селективного

енергопідводу, тим більше наближення до традиційної пастеризації.

Таким чином, одержуємо модель у вигляді зв'язку чисел подібності:
 $B = A (Re)^n (Fo)^m (Pr)^k (Bu)^g (l/d)^q$. Для умов аналізованої задачі можна знехтувати параметричним комплексом (l/d) , який є мірою турбулізації гідродинамічного приграничного шару вхідної зони й характерний для коротких каналів. Остаточно, структура рівняння в узагальнених змінних буде:

$$B = A (Re)^n (Pr)^k (Fo)^m (Bu)^g \quad (6)$$

Константи A, n, k, g визначаються експериментально. Для випадку $B = 1$ визначення часу летальності може проводитись за спрощеною моделлю:

$$Fo = A (Re)^n (Pr)^k (Bu)^g \quad (7)$$

Модель (7) відповідає умовам повної пастеризації. Запропонований підхід дозволить узагальнити численні експериментальні дані та побудувати методики розрахунку низькотемпературних пастеризаторів харчових продуктів.

У третьому розділі «Енергетичний моніторинг виробництва» проведена класифікація енергоємного обладнання підприємств вторинного виноробства і запропоновані загальні шляхи скорочення витрат енергії. Показано, що ефективна система енергомоніторингу передбачає після реалізації й впровадженні кожного етапу програми початок нового циклу досліджень. Такий підхід дозволяє оперативно вносити корисні коректування. Ілюструвався підхід на прикладі енергомоніторингу на ЗАТ "Одессавинпром". На першому етапі формуються питомі показники, що показують скільки витрачено відповідного ресурсу на випуск одиниці продукції. Для підприємства виноробства витрати ресурсів нормуються 1л вина. Інтерес представляють 4 показники. Це ефективність використання палива j_T [МДж/л], електроенергії j_E [кВт·год/л], пари j_P та води j_B [м³/л].

Ключовим моментом такого підходу є порівняння поточного показника j_P з досягнутим рівнем j_{Pd} . Якщо різниця позитивна, то система функціонує гірше, ніж вже досягнута практика. Тому слід провести аналіз, виявити причину й прийняти рішення щодо ліквідації перевитрати пари. Якщо різниця негативна, то проводиться аналіз як досягнуто найкращий результат і формується нове значення параметру j_{Pd} . Основна ідея методики оцінки витрати теплоти на технологічні потреби і на опалення полягає в тому, що на першому етапі проводиться розрахунок питомих витрат енергії на технологічні потреби (j_{TT}) для тих місяців, коли опалення не функціонує. Використовуючи отримані середні значення j_{TT} визначимо витрату теплової енергії на технологічні завдання Q_i^T . Витрати теплової енергії на опалення визначимо як різницю між сумарними й технологічними витратами. На наступному етапі, проведемо порівняльний аналіз помісячної витрати теплової енергії на технологічні потреби й на опалення підприємства (рис. 1).

Рис. 1. Порівняння питомих витрат енергії на технологічні потреби (Q_t) та опалення (Q_o).

Видно, що питомі витрати теплоти на технологічні потреби знижуються на 12...15 % у рік. Для досліджень термічного стану обладнання використана розрахунково-експериментальна методика, алгоритм якої включає етапи: вимір температур поверхні (t_c) і повітря в приміщенні (t_n), вимір відповідної площі поверхні (F), розрахунки з загальноприйнятими методиками коефіцієнтів тепловіддачі (δ).

В результаті знаходять від усіх поверхонь обладнання значення величини теплових втрат: $Q = \delta (t_c - t_n) \cdot F$. Деякі результати енергетичного аудиту представлені на рис. 2. Дані енергетичного аудиту свідчать, що, незважаючи на те, що частка спожитої електроенергії в енергетичному еквіваленті менше, ніж теплової, але обходиться підприємству цей ресурс дорожче. Структура витрат енергоносіїв протягом останніх 3 років відрізняється не більш, ніж на 2 %.

Аналогічний метод використаний для оцінки теплового стану стін будівель цеху. Заходи щодо вдосконалення теплової ізоляції будівель дозволять знизити коефіцієнт теплопередачі до 0,8 Вт/(м²·К), що знизить теплові втрати через стіни будівель в 2,5 рази. Тому, реальним завданням є досягнення рівня витрат теплоти на опалення (360 ... 375) МДж/(м² рік). Теплова ізоляція поверхонь обладнання, арматури та паропроводів до нормативних значень дозволить знизити теплові втрати в навколишнє середовище до 2,8 разів.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження процесу пастеризації вина в електромагнітному полі» наведені результати експериментального моделювання процесів мікробіологічної стабілізації вина в МП. Задачами експериментальних досліджень було вивчити вплив режимних та конструктивних факторів на рівень летальності дріжджових кліток у шампанському виноматеріалі. В результаті експериментів слід було підтвердити (або спростувати) запропоноване наукове положення про можливість зниження температури загибелі мікроорганізмів при певній комбінації параметрів мікрохвильового поля, гідродинаміки потоку продукту й конструктивних характеристик модуля пастеризатора. Вперше ставиться задача дати універсальну модель у критеріальній формі для розрахунків пастеризатора.

Дослідження процесу пастеризації проводилися на двох стендах (№ 1 та № 2). Перший – містив термостат, усередині якого розміщався продукт. Вимір поточної температури проводився хром-капелевою термопарою в комплекті із цифровим мікровольтметром РТ- 0193. Другий стенд містив камеру, у якій розміщався модуль пастеризатора, блок силової електроніки, блок керування. Витрати продукту визначалися ваговим методом. На виході з камери всередині зливального трубопроводу розміщався мідь-константанова термопара, показання якої реєструвалося цифровим мікровольтметром Щ-300. Система забезпечувала вимір температури з точністю не нижче 0,2 °С. Середньоквадратична похибка експерименту не перевищувала 7,5 %. Робочі ділянки виготовлялися двох типів – із профільованими каналами й із щільними

каналами (рис. 3). Гідравлічні випробування¹ конструкцій проведені в діапазоні тисків: $0,2 \leq \Delta P \leq 2$ кПа і витрат продукту $0,1 \leq V \cdot 10^3 \leq 10$ л/с. Установлено, що конструкції із профільованими каналами мали більший гідравлічний опір. Тому, перевага віддана касетам із щілинними каналами (табл. 1). Стійкі гідравлічні характеристики отримані на касетах із щілинними каналами при проміжку між швами 30...40 мм.

На стенді № 1 встановлено, що летальна температура рівнялась 58...60 °С. Ці результати добре узгоджуються з літературними даними.

Для жорсткості умов роботи модулів – пастеризаторів співвідношення дріжджового розчину й виноматеріалу становило $1/4 \dots 1/2$. Діапазон експериментальних досліджень наведений у табл. 2. Під летальною температурою була температура продукту на виході з камери з МП.

На першому етапі поставлені дослідження з впливу напрямку руху потоку. Дослідження проводилися на стенді № 2. Встановлено, що кращий результат досягається при подачі потоку "знизу – вверх". Всі подальші досліді проводилися за цією схемою руху.

Зазор між пластинами формує тонкоплівкову течію продукту в модулі. Щоб чітко виявити вплив величини зазору, у всіх дослідях цієї серії постійними залишалися: витрата продукту, його температура на вході, потужність МП й розташування касети. Змінювалися тільки типи касет (Р1, Р2 і Р5).

Ступінь впливу зазору зростає в міру його зменшення (рис. 4). Так, зменшення зазору в 10 раз (з 2 до 0,2 мм) знизило рівень летальної температури на 10 °С, тобто 5,5 °С/мм, а перехід до зазору від 0,2 мм до 0,1 мм дав значення –60 °С/мм (рис. 4).

Витрати, або швидкість течії рідини в модулі, можуть виявляти неоднозначний вплив на величину летальної температури.

З одного боку, з ростом швидкості руху потоку всередині касети збільшується перемішування шарів рідини, що призводить до відновлення поверхневого шару, до переміщення дріжджових кліток до поверхні, яка інтенсивно обробляється МП. Однак, з іншого боку, ріст швидкості течії обумовлює зниження часу впливу МП на об'єм рідини, і, як наслідок, на ступінь обробки потоку. Зменшується загальна кількість енергії, яка підводиться до продукту. Очевидно, існування наукового протиріччя: що суттєвіше впливає – фактор перемішування потоку, або фактор часу?

Відповідь на це питання було основною задачею досліджень наступної серії. Висновок на всіх випробуваних конструкціях у діапазоні режимних параметрів виявився однозначним. Основний вплив виявляє фактор часу (рис. 4, 5).

Досліджено вплив на мікроорганізми й параметрів МП. При цьому, змінювалась циклічність подачі МП в камеру. Результати дослідів наведені на рис. 6.

Дослідження проводилися на касеті Р2 при витраті виноматеріалу 0,22 мл/с. Безперервний

вплив на потік продукту імпульсним МП дає кращі результати. Проведене порівняння між модулем М1 (крива 1, рис. 7) і касетою КЩ4 (крива 2, рис. 7). Витрати продукту при порівнянні в дослідженнях підтримувалися однаковими (0,3 мл/с). Результати досліджень свідчать, що процес стабілізації в модулі М1 проходить при менших значеннях летальної температури. Пояснити цей факт можна, тільки одним аргументом – у модулі М1 в 3 рази більше час його обробки.

Дослідження показали, що в розроблених конструкціях модулів і діапазоні режимних параметрів, число Рейнольдса не має впливу на характеристики процесів стабілізації. Рівень швидкостей потоку, діапазон швидкостей свідчать, що режими течії обмежуються стійкими ламінарними границями. Очевидно, формування тонко плівкової ламінарної течії між пластинами касети не створює передумов перемішування потоку. Гідродинамічна ситуація в щілинних каналах касет підкоряється принципам мікропереносу. Логічно в таких умовах спробувати спростити завдання й виключити число Рейнольдса з рівняння (7). Наступним кроком спрощення задачі є такі міркування. При безперервному режимі роботи генератора МП число Bu не буде виявляти впливу на режими стабілізації виноматеріалу. При такому підході пошукова модель може бути представлена у вигляді залежності безрозмірної температури ($I = T_{\text{л}}/T_{\text{б}}$) від чисел Фур'є та Прандтля. За базову температуру прийняте значення $T_{\text{б}} = 100$ °C. У цій формі проведене узагальнення бази експериментальних даних, які відносяться до умов досягнення летальної температури.

Використовуючи відомі прийоми методу найменших квадратів визначаються константи критеріального рівняння.

$$I = 0,29 \text{ Fo}^{-0,15} \text{ Pr}^{0,43} \quad (8)$$

Співвідношення (8) має бути використане для проектування та оптимізації мікрохвильових пастеризаторів.

У п'ятому розділі «Оптимізація режимів та впровадження результатів досліджень у виробництво» захищається стратегія формування програми підвищення енергетичної ефективності.

$$Q = L \frac{t_{KY} - t_B}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2}} = L \frac{t_{KY} - t_B}{R_1 + R_2} \quad (8)$$

$$7 \quad \left| \frac{Q^p - Q^d}{Q^d} \right| \leq \varepsilon.$$

$$8| \quad b_T = Q^d / Q_H^p, \quad V_T = \rho_T \Phi C_T = V_T z_T; \quad C_i = d_i F Z_i \quad C_3 = C_T + C_i$$

$$D_{II} = D_{\max}$$

$$9| \quad \text{Друк: } d_i; t_{KY}; Q_{II}; Z_i; Z_T; C_T; C_i; C_3; \tau$$

Рис.8. Алгоритм розрахунку доцільної товщини шару теплової ізоляції.

Основна концепція програми – сформулювати етапи робіт з підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів з максимальним залученням механізмів часткового самофінансування проектів. Реалізація такої стратегії вимагає чіткої класифікації проектів на мало-витратні (роботи 1- го етапу), проекти, що вимагають середніх за обсягом інвестицій (роботи 2 - го етапу). При цьому роботи першого етапу повинні мати мінімальний термін окупності.

Типовим завданням першого етапу є вдосконалювання характеристик теплової ізоляції.

Модернізація та посилення теплоізоляційного шару діючого обладнання не тривіальна.

Запропонована процедура розрахунково-експериментального методу техніко-економічної оцінки різних проектів з посилення теплової ізоляції (рис. 8). Для паропроводів характерна багатошарова циліндрична ізоляції, а втрати теплоти (Q) визначаються відповідними коефіцієнтами теплопровідності (λ), довжиною (L) і температурами (t):

Результати теплотехнічних розрахунків дають можливість обчислити вартість ізоляції (C_i).

Загальні витрати за проектом складаються з вартості робіт з реалізації проекту та суми (C_T), яка витрачається на ту кількість палива, що необхідно для компенсації втрат теплоти в навколишнє середовище (рис. 9). Мінімум загальних витрат (C_3) і визначить доцільну товщину шару теплової ізоляції.

Якщо (рис.9) на паропроводах установити теплову ізоляцію типу ПСБС товщиною 0,02 м, то річні витрати на компенсацію теплових втрат в навколишнє середовище будуть мінімальні й менше теперішніх майже в 4 рази. При цьому, термін окупності робіт у межах 1 місяця. Результати розрахунків свідчать, що тепла ізоляція товщиною 60 мм окупиться при установці на паропроводах менш, ніж за один рік (рис. 9). Але виконані розрахунки не враховують ріст цін на природний газ. За самими скромними оцінками цей ріст становить 15 % у рік. Проведемо оцінку ефективності проектів з посилення теплової ізоляції ділянки паропроводів з урахуванням 15 % росту вартості палива за рік. У базовому варіанті (№ 1) модернізації не проводиться, наступні варіанти характеризуються збільшенням товщини шару ізоляції (варіант №2-0,02 м, варіант №3 – 0,04 м і варіант №4-0,06 м). Природно, ростуть капітальні витрати на реалізацію проектів у перший рік (рис. 10).

Розрахунки показують, що варіанти № 3 і № 4 на 4 році експлуатації паропроводів дадуть економію гарантовано більш, ніж в 10 раз. Якщо ріст цін на паливо буде рости суттєвіше, ніж на 15 % у рік (що більш ніж імовірно), то ефективність проектів стане ще вище. Так розрахунки товщини шару за алгоритмом (рис. 8) виконані для всіх елементів системи.

У виробничих умовах проведені випробування струменного абсорбера. У всіх дослідженнях вино в накопичувачі витримували протягом 6 годин, після чого подавали на фасування і пастеризацію. Пляшка з охолодженим вином встановлювали на стенді для виміру десорбції вуглекислоти. За результатами досліджень розраховували середньоарифметичні значення об'ємів газу й за цими значеннями визначали криві десорбції (рис. 11). Крива 1 (рис. 11) отримана при газуванні вина в акротофорі, крива 2 – відповідає технології насичення газом з використанням сатуратора, крива 3 – відноситься до комбінованої схеми насичення газом в сатураторі з наступною обробкою у гомогенізаторі. Порівняння проводиться з кривою 4, яка відповідає традиційній обробці виноматеріалу й одержанню шампанського вина резервуарним способом. Видно, що існує чітка різниця між "грою" зразків газованого вина й шампанського. Висновком є те, що запропоновані схеми дозволили вдвічі знизити інтенсивність десорбційних процесів, а гідродинамічні впливи є потужним фактором зміни якості й тривалості "гри" газованого вина.

У виробничих умовах проведені випробування експериментального модуля мікрохвильового пастеризатора, розрахунок якого проводився по критеріальному рівнянню(8). Остаточні висновки по ефективності запропонованого способу мікробіологічної стабілізації підтверджене традиційним для виноробства мікробіологічним аналізом (табл. 3) і висновками дегустаційної комісії.

Результати мікробіологічних аналізів

Витрати, мл/с	Час виходу на режим, хв	Летальність (%) при температурі на виході				
		32 °C	34 °C	36 °C	38 °C	40 °C
0,6	14	5	10	25	80	100
0,4	17	33	85	100	—	—
0,3	18	50	90	100	—	—

Виконані дослідження покладені в основу програми робіт з підвищення ефективності використання енергоресурсів на підприємстві. Програма передбачає три етапи. На першому етапі планується виконати роботи з удосконалення теплової ізоляції, які не вимагають серйозних інвестицій, але можуть дати відчутний економічний ефект. Економія палива за 5 років роботи складе 200 тис. грн. Прибуток, який буде отримано від реалізації проектів першого етапу, піде на реалізацію проектів другого етапу: посилення теплової ізоляції стін будівель підприємства, усунення інфільтрації, перехід на водяну систему опалення. Економія енергії сягне $3,4 \cdot 10^6$ МДж за рік. Економія витрат на опалення складе 360000 грн. На третьому етапі планується впровадження установки мікрохвильової пастеризації. Очікувана економія енергетичних витрат складе 50 % від витрат на традиційному пастеризаторі фірми "Зейц".

На підприємстві впроваджена постійно діюча система енергетичного моніторингу. За 3 роки її функціонування загальні витрати енергії на виробництво 1 л вина знизилися в 2,5 рази (рис. 12). Економічний ефект від впровадження системи енергетичного моніторингу склав 0,4 грн/дал.

Висновки

1. Показано, що ключовою проблемою, яку потрібно вирішувати Україні в стислий термін при вступі до СОТ, є зниження показників питомої енергоємності в АПК, й у виноробстві зокрема. Найбільш енергоємними об'єктами виноробства є пастеризатори, сатуратори вина й опалювальні системи. Основний метод удосконалювання енергетичних технологій – це метод енергетичного менеджменту.

2. Обґрунтовано механізм низькотемпературної мікробіологічної стабілізації вина в мікрохвильовому полі при особливій гідродинамічній структурі потоку продукту. Організація руху потоку у вигляді мікроплівки створює умови "доступності" до усіх мікроорганізмів електромагнітному полю, без зайвого розсіювання енергії поля на нагрівання продукту. Це дозволяє на 50 % знизити загальні витрати енергії на процес пастеризації при підвищенні якості готового продукту.

3. Встановлено, що значення летальної температури визначають: величина щілинного зазору й час обробки продукту в касеті. Число Рейнольдса в дослідженому діапазоні режимних і конструктивних параметрів немає самостійного практичного впливу на величину летальної температури. Експериментальні дані задовільно узагальнюються залежністю безрозмірної летальної температури від чисел Прандтля й Фур'є.

4. Визначено, що конструкції із профільними каналами мають більші гідравлічні опори, тому перевага надана касетам із щілинними каналами, стійкість гідравлічних характеристик яких забезпечується при кроці між швами 30...40 мм. Відпрацьована технологія касет з гарантованим щілинним зазором 0,1...0,2 мм.

5. Запропонована модель взаємодії потоків вина й вуглекислоти в струменному абсорбері, яка представлена системою диференціальних рівнянь, методами теорії подібності доведена до критеріального рівняння з числами дифузійної подібності. Розроблено схемні рішення додаткової обробки вина в струменному абсорбері та у кавітаційному апараті, які дозволили вдвічі знизити інтенсивність десорбційних процесів.

6. Виконано дослідження експериментальної установки для стабілізації мікрофлори вина, які встановили, що летальні умови досягаються при температурах вина 36...40 °C на виході з установки.

7. Запропоновано розрахунково-експериментальний метод оцінки теплових витрат, який виявився ефективним для проведення енергетичного аудиту в умовах, коли можливості вимірів параметрів обмежені. Визначено, що витрати теплової енергії на опалення підприємства становлять 970 ... 1100 МДж/(м²·рік). Проведена оптимізація теплової ізоляції обладнання обґрунтувала проекти зниження теплових втрат у навколишнє середовище до 2,8 разів, а стін будівель – в 2,5 рази. Економія енергії становить $3,4 \cdot 10^6$ МДж за рік.

8. Впровадження на підприємстві постійно діючої системи енергетичного моніторингу, сприяє зниженню загальних витрат енергії на виробництво 1 л вина в 2,5 рази. Економічний ефект від впровадження складає 0,4 грн/дал. Загальна економія засобів за рахунок зниження витрат палива – 418,8 тис. грн. в 2007 р.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах:

1. Семков С.В. Газовані вина – перспективний вид продукції /С.В. Семков, А.В. Іваненко, І.Н. Круковська //Зб. наук. праць ОДАХТ. – Одеса: 1997. – Вип. 17. – С. 40 – 43.

Особистий внесок здобувача: 7 літературний огляд, маркетингові дослідження ринку газованих вин.

2. Семков С.В. Процес насичення та десорбції діоксиду вуглецю при виготовленні газованих вин / С.В. Семков, І.Н. Круковська, А.В. Іваненко // Зб. наук. праць ОДАХТ. – Одеса: 1997. – Вип. 18. – С. 57 – 59.

Особистий внесок здобувача: розробив стенд, отримав криві десорбції, дав їх аналіз

3. Семков С.В., Іваненко А.В. Оптимізація роботи ізобаричної наповнюючої машини / С.В. Семков, А.В. Іваненко // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса: 2005. – Вип. 27. – С. 258 – 261.

Особистий внесок здобувача: запропонував схеми машини із використанням кавітаторів, гомогенізаторів, плівкового абсорбера, провів їх виробничі випробування.

4. Семков С.В. Энергетический аудит винзавода // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса: 2006. – Вип. 28. – С. 404 – 408.

Особистий внесок здобувача: визначив тепловий стан обладнання та будівель, розрахував втрати енергії від елементів, обґрунтував пріоритетні завдання з енергоефективності.

5. Бурдо О.Г. Применение методов теории подобия в задачах пастеризации / О.Г. Бурдо, С.В.Семков // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса: 2007. – Вип. 31. – Т.1. С. 257 – .

Особистий внесок здобувача: обґрунтував фактори, що визначають процес, методом аналізу розмірностей отримав модель в узагальнених змінних, поставив задачі експериментів.

6. Семков С.В. Энергетический мониторинг винзавода // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса: 2007. – Вип. 30. – Т.1. – С. 57 – 61.

Особистий внесок здобувача: дав техніко-економічну оцінку енергозберігаючих проектів.

7. Совершенствование режимов микробиологической стабилизации вина / О.Г. Бурдо, Е.Ф. Терземан, С.А.Малашевич, С.В. Семков // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса: 2008. – Вип. 32. – С. 192 – 197.

Особистий внесок здобувача: експериментально визначив вплив режимних та конструктивних факторів на значення летальної температури, провів мікробіологічні дослідження.

8. Бурдо О.Г. Моделирование процессов переносу в струминных массообменных аппаратах / О.Г. Бурдо, С.В. Семков, Г.С. Сталімбовська // Темат. зб. наук. пр. «Обладнання та технології харчових виробництв». – Донецьк: ДонНУЕТ, 2007. – Вип.17. – С. 8 – 14.

Особистий внесок здобувача: склав систему рівнянь, визначив крайову задачу.

9. Пат. України на корисну модель №35815. Пристрій для стерилізації та пастеризації рідких харчових продуктів /О.Г. Бурдо, С.В. Семков, О.Б. Рибіна (Україна). – У МПК (2006) А23L 3/32 Заявл.07.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл.№ 19.

Особистий внесок здобувача: запропонував принципову схему пастеризаційного модуля.

10. Пат. України на корисну модель № 35816 Спосіб пастеризації рідких харчових продуктів / О.Г. Бурдо, С.В. Семков, О.Б. Рибіна (Україна) U МПК (2006) A23L 3/32 Заявл.07.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл.№ 19.

Особистий внесок здобувача: обґрунтував корисні ефекти запропонованого способу.

11. Бурдо О.Г. Математическая модель низкотемпературного пастеризатора /О.Г. Бурдо, С.В. Семков //Мат. межд. науч. – практ. конф. «Повышение энергетической эффективности пищевых и химических производств». – Одесса: 2007. – С. 204 – 210.

Особистий внесок здобувача: запропонував алгоритм розрахунку мікрохвильового пастеризатора.

12. Режимы микробиологической стабилизации вина /О.Г. Бурдо, Е.Ф. Терземан, С.А. Малашевич, С.В. Семков //Матеріали XII Міжнародної конференції "Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв». – Одеса, 2008. – С. 285 – 290.

Особистий внесок здобувача: отримав експериментальні данні, узгодив режимні параметри.

АНОТАЦІЯ

Семков С.В. «Підвищення ефективності використання енергії при виробництві вина». – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв, Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2009.

В роботі проведено аналіз енергетичної ситуації в виноробстві, обґрунтовані загальні шляхи підвищення енергетичної ефективності виноробства в умовах глобалізації енергозабезпечення. Визначено енергоємні об'єкти виробництва, запропоновано експериментально-розрахунковий метод досліджень їх енергетичного стану. Розроблено математичні моделі взаємодії потоків вина й вуглекислоти в струменному абсорбері. Методами теорії подібності диференційні рівняння доведено до моделі в узагальнених змінних. Обґрунтовується механізм низькотемпературної мікробіологічної стабілізації вина в мікрохвильовому полі (МП), суть якого в узгодженні гідродинамічної структури потоку з дією МП. Розроблено математичну модель процесу стабілізації, в якій вперше залучено метод аналізу розмірностей для визначення безрозмірної летальної температури в функції від чисел Прандтля та Фур'є.

Розроблені конструкції пастеризаційних модулів, проведено їх гідравлічні й теплотехнічні дослідження та випробування в умовах виробництва. Мікробіологічні та дегустаційні аналізи підтвердили ефективність способу стабілізації, технічна новизна якого захищена патентом

України. Аналізуються результати впровадження на підприємстві постійно діючої системи енергетичного моніторингу.

Ключові слова: енергоефективність, виноробство, гідродинамічна обробка, мікробіологічна стабілізація, мікрохвильові технології.

АННОТАЦИЯ

Семков С.В. «Повышение эффективности использования энергии при производстве вина». – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств, Одесская национальная академия пищевых технологий, Министерство образования и науки Украины, Одесса, 2009.

В работе выполнен анализ энергетической ситуации в мире, в Украине, в виноделии. Обоснованы общие пути повышения эффективности использования энергии в АПК и в виноделии в условиях глобализации энергообеспечения и вступления в ВТО. Определены энергоемкие объекты виноделия, обоснованы удельные показатели эффективности использования энергии. Предложен экспериментально - расчетный метод энергетических исследований в условиях, когда возможности непосредственных измерений параметров на производстве ограничены.

Разработана математическая модель взаимодействия потоков вина и углекислоты в струйном абсорбере для процессов газирования вина в сатураторах. Краевая задача включает уравнения Навье-Стокса (скорректированные учетом сил поверхностного натяжения между фазами), Фурье-Кирхгофа, неразрывности потока и сохранения массы. Система дополнена уравнениями состояния, граничными условиями обтекания конической поверхности, тепло- и массообмена. Модель замыкается материальным балансом и функцией коэффициента инжекции струйного аппарата. Методами теории подобия система доведена до модели в обобщенных переменных, которая устанавливает связь между числами Стантона, Эйлера, Прандтля, Рейнольдса и Вебера.

Обосновывается механизм низкотемпературной микробиологической стабилизации вина в микроволновом поле. Новым является согласование гидродинамической структуры потока с возможностями МП. Предлагается обработку вина вести при его течении в форме тонкой пленки. Это позволит в наибольшей степени использовать отличие в электрофизических свойствах продукта и микроорганизма, реализовать селективный подвод энергии. Разработана математическая модель процесса стабилизации, в которой впервые привлекается метод анализа размерностей. Безразмерная летальная температура определяется числами Фурье, Рейнольдса, Прандтля и числом эффективности использования энергии.

Разработаны и прошли стендовые гидравлические и теплотехнические исследования пасте-

ризационные модули с профилированными и со щелевыми каналами. Установлено, что кассеты с профилированными волнистыми каналами в режиме тонкопленочного течения требуют повышенных значений давлений, характеризуются повышенным гидравлическим сопротивлением. Предпочтение получили модули со щелевыми каналами, для которых выполнен комплекс исследований. Проведена теплотехническая тарировка модулей и системы энергоподвода. Выполнены комплексные экспериментальные исследования процессов микробиологической стабилизации виноматериала. Опыты проводились на двух стендах. Стенд № 1 предусматривал традиционную тепловую технологию пастеризации. Стенд № 2 позволял изучать процессы стабилизации в МП. Тщательная градуировка и тарировка измерительной аппаратуры гарантировала допустимую погрешность измерений режимных параметров. Ошибка измерения температуры не превышала 0,2 °С. Погрешность обобщающей модели в пределах 8 %.

На стенде № 1 получены тарировочные данные, которые согласуются с литературными, по значению величин летальных температур ($t_{\text{л}}$). На стенде № 2 выполнен комплекс исследований по влиянию конструктивных и режимных параметров на значения $t_{\text{л}}$. Экспериментально установлено влияние величины щелевого зазора, скорости и направления движения потока, ориентации модуля и мощности МП на значение $t_{\text{л}}$. Исследования проводились на шампанском виноматериале с дрожжевыми клетками. Установлено, что определяющее влияние на $t_{\text{л}}$ имеют два фактора: величина щелевого зазора и время воздействия МП на поток продукта. Причем, степень влияния величины зазора возрастала с уменьшением зазора. Определено, что рациональное значение зазора в кассете составляет 0,1...0,2 мм. Именно эти значения отличаются лучшими технологическими и приемлемыми гидравлическими характеристиками. Отработана технология изготовления таких кассет из радиопрозрачного материала.

Проведено обобщение массива опытных данных. В диапазоне целесообразных скоростей потока оказалось, что в кассете развиваются только устойчивые ламинарные течения, а процессы не выходят за рамки микрокинетики. Поэтому, удалось упростить структуру обобщающей модели и исключить из неё число Рейнольдса. Все опытные точки удачно обобщились зависимостью безразмерной температуры от числа Фурье. Именно число Фурье учитывает два основных фактора: и величину зазора, и время обработки.

Конструкция пастеризационного модуля прошла испытания в условиях производства. Проведены микробиологические анализы обработанного в МП вина. Полная стабилизация достигалась при температуре вина 36 °С при рекомендуемых режимах течения потока. Дегустация образцов подтвердила эффективность предложенного способа стабилизации и конструкции модуля, техническая новизна которых защищена патентами Украины.

В условиях производства прошли испытания технология гидродинамической обработки вина в

кавитаторе и в струйном абсорбере. Качество¹ гидродинамической обработки вина определялось с помощью изготовленного стенда, который позволял измерять интенсивность процесса десорбции. Предложенные схемные решения дополнительной обработки вина в струйном абсорбере и в кавитационном аппарате позволили вдвое снизить интенсивность десорбционных процессов и приблизить качество газированных вин к шампанским винам.

Разработан алгоритм оптимизации толщины тепловой изоляции элементов термического оборудования, в котором решена нетривиальная задача совершенствования системы в условиях ее функционирования. Выполнены расчеты для разных элементов оборудования и ограждений в котельной, в бойлерной и в производственных цехах. Проекты учитывают прогноз роста цен на энергоносители. Представлены результаты вариантной оптимизации, которые отличаются величиной материальных затрат и сроком окупаемости проектов.

Анализируются результаты внедрения на предприятии постоянно действующей системы энергетического мониторинга. В рамках системы обоснована программа повышения эффективности использования энергии на предприятии. Внедрение на предприятии ЗАО «Одессавинпром» первоочередных проектов позволило за 3 года снизить удельные расходы природного газа на 1 л продукции в 2,5 раза. Экономический эффект от функционирования системы энергетического мониторинга на ЗАО «Одессавинпром» составил 0,4 грн. на 1 декалитр продукции.

Ключевые слова: энергоэффективность, виноделие, гидродинамическая обработка, микробиологическая стабилизация, микроволновые технологии.

ANNOTATION

Semkov S.V. «Increase of efficiency of the use of energy at the production of wine». – Manuscript.

The dissertation for searching a scientific degree of Candidate of Technical Sciences on speciality 05.18.12 – The processes and the equipments of food, microbiological and pharmaceutical productions, Odessa National Academy of Food Technologies of the Ministry of education and science of Ukraine, Odessa, 2009.

In work the analysis of a power situation in winemaking is carried out, the general ways of increase of power efficiency of winemaking in the conditions of power supply globalization are proved. Power-intensive objects of manufacture are defined, it is offered an experimentally-settlement method of researches of their power position. The mathematical models of interaction of streams of wine and carbonic acid are developed in a stream absorber. The differential equations are taken the methods of theory of similarity to the model in the generalized variables.

The mechanism of the low temperature microbiological stabilizing of wine is grounded in the mi-

crowave field essence of which in the concordance of hydrodynamic structure of stream with the action of the microwave field. The mathematical model of process of stabilizing in which the method of dimensional analysis is first applied for determination of dimensionless lethal temperature in a function from the numbers of Prandtlya and Fourier is developed. The constructions of the pasteurization modules are developed, their hydraulic and heating engineering researches and tests are conducted in the conditions of production. Microbiological and tasting analyses confirmed efficiency of stabilizing method the technical novelty of which is protected by the patent of Ukraine. The results of introduction on the enterprise of the constantly operating system of the power monitoring are analyzed.

Key words: energy efficiency, winemaking, hydrodynamic processing, microbiological stabilisation, microwave technologies.

Підписано до друку 05.03.2009 р. Формат 60x90/16.

Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 10

Видавничий центр Одеської національної академії харчових технологій

65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112