

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-43-2-101-110
УДК 663.236

Піддубний В. А., д-р техн.наук, професор¹
Стадник І. Я., д-р техн.наук, професор²
Федорів В. М., канд. техн. наук, доцент³
Максименко І. Ф., інженер³

- ¹ Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна.
² Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.
³ Подільський державний університет м. Кам'янець-Подільський, Україна, e-mail: fedoriv55@ukr.net.
⁴ Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ВІНОМАТЕРІАЛІВ

UDK 663.236

Piddubnyi V. A Grand PhD of Engineering Science, Professor¹
Stadnyk I. Y., Grand PhD of Engineering Science, Professor²
Fedoriv V. M. PhD in Engineering sciences, Associate Professor³
Maksymenko I. F., engineer⁴

- ¹ Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: a.poddubnaya@i.ua.
² Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.
³ Podillia State University, Kamenech-Podilsk, Ukraine, e-mail: fedoriv55@ukr.net.
⁴ National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.

INTENSIFICATION OF PROCESSES OF WINE MATERIAL PRODUCTION

Мета — дати наукове обґрунтування особливостей виробництва виноматеріалів з підвищення виходу суслу та інтенсифікацією процесів їх перебігу на основі збереження відомих класичних складових подрібнення винограду з відокремленням гребенів, одержання мезги та відокремлення мезги від суслу. Дослідити технологічну доцільність використання пресування, фільтрації тощо, фізичною основою яких є переведення середовищ в незрівноважений термодинамічний стан.

Методи. Для досліджень використано: поглиблений аналіз термодинамічних співвідношень показників газорідних систем і штучного переведення середовищ до станів нерівноваги з потенціалами швидкоплинної десатурації розчиненої газової фракції.

Результати. Встановлений позитивний вплив сатурації подрібненої маси під тиском 0,3–0,5 МПа при насиченні клітин плодів, ягід та овочів рівно як і рідинної фракції сатуруючим газом з загальним підвищенням тиску.

Розглянуто фізичне підґрунтя термодинамічних переходів на основі законів розчинності Генрі і Менделєєва-Клапейрона з представленням залежностей показників матеріальних потоків під час їх трансформацій та пропозицій щодо визначення потужностей і енергетичних потенціалів при імпульсних впливах за проходження ягідно-сокового потоку через вакуумну камеру.

Встановлено вплив різкого скидання тиску до атмосферного в приймальному бункері-резервуарі перед пресуванням, що приводить до повного руйнування оболонок клітин і до підвищення виходу соку з біологічної сировини та прискорення перебігу часу.

Надійшла до редакції 17.10.2021 р.

© В. А. Піддубний, І. Я. Стадник,
В. М. Федорів, І. Ф. Максименко, 2021

Запропоновано апаратурне забезпечення технологій з оцінкою перспектив їх розширеного використання, де одержання виноградного сусла на основі ТРЗТ досягається подвійним потенціалом енергетичного впливу, за рахунок підвищених тисків і за рахунок вакуумування.

Наведено інформація щодо розчинності CO_2 в різних середовищах.

Ключові слова: виноматеріал, інтенсифікація, вихід сусла, незрівноважений термодинамічний стан, розчинність, діоксид вуглецю, кисень.

Постановка проблеми. Відомо, що загальна технологія виноробства передбачає проведення таких процесів як подрібнення винограду з відокремленням гребенів з одержанням мезги, відокремлення мезги від сусла, обробка мезги і сусла, зброджування, пресування, фільтрування, сульфитація, егалізація тощо. При цьому очевидно, що названі процеси взаємопов'язані, а їх перебіг, послідовність і взаємозалежність визначають логіку і завдання технологій [1–3].

Вхідний сировинний потік у формі виноградних грон складається з ягід і гребенів, а самі ягоди — з оболонки, насіння і м'якоті. Співвідношення цих частин та їх склад у значній мірі визначає вихід вина і його склад [4]. Головне завдання технології стосується вилучення виноградного соку і перетворення його у вино. Однак сукупність взаємодій на цих етапах призводить до потрапляння в сік речовин, що присутні в гребенях, оболонках і насінні винограду, які впливають надалі на хімічний склад та якість вина. Зокрема на хімічний склад сусла і вина впливають дубильні речовини гребенів, а присутність самих гребенів робить мезгу більш пористою, вони затримують повітря, збільшуючи фактор аерації, що у свою чергу впливає на активацію розмноження дріжджів. Під час пресування гребені виконують роль елементів дренажу, що сприяє інтенсифікації стікання соку. На цій властивості ґрунтується пресування цілих грон для отримання виноматеріалів для шампанських та ігристих вин. Звернемо увагу на останню особливість, оскільки в ній започатковані певні втрати вихідного продукту.

Хімічний склад оболонки, м'якоті та насіння винограду також впливають на якість виноматеріалів. М'якоть ягід є головним носієм соку, а оболонки і насіння в результаті подовженої присутності в середовищі збагачують його екстрактивними речовинами. Бажані обмеження при цьому стосуються переходу в рідинну фракцію жирів насіння, через які доводиться обмежувати величину тиску пресування.

В залежності від технологій синтезу вин враховуються різні сполучення параметрів процесів. Так для одержання шампанських і хересних виноматеріалів, а також білих якісних вин необхідно, щоб кількість дубильних речовин була обмеженою. В результаті обмеженою має бути присутність в середовищі оболонки і гребенів.

Наведене спрощене і обмежене звертання до окремих аспектів одержання виноматеріалів далеко для відтворення якісної навіть початкової інформації [5], однак надає можливість прийти до висновку про доцільність оцінки перспектив ощадливих впливів на різних етапах технології отримання виноматеріалів з метою збільшення виходу кінцевої продукції без втрат її якісних показників.

Мета статті — узагальнення результатів розробки систем для інтенсифікації процесів виробництва виноматеріалів. Методи дослідження стосуються поглибленого аналізу термодинамічних співвідношень показників газорідинних систем і штучного переведення середовищ до станів нерівноваги з потенціалами швидкоплинної десатурації розчиненої газової фракції.

Виклад основного матеріалу дослідження. За умови формулювання такого завдання дослідження увага перш за все приділяється процесам подрібнення виноградних грон, організації відокремлення мезги від сусла, пресування, фільтрування тощо з наступним переходом до оцінки ефективності окремих процесів наступних етапів технологій. З фізичної точки зору останні названі процеси, у тому числі самотікання мезги без додаткового тиску або з ним, можуть розглядатися як макровпливи [6]. В наборі способів освітлення використовують відстоювання, електрофлотацію, флотацію, фільтрування, центрифугування тощо [7, 8].

Наявність перехресних зв'язків і взаємних переваг та обмежень у послідовності виконання етапів приводить до висновку про доцільність використання мікровпливів. Звернемося до їх представлення на основі запатентованих ідей. Наприклад, формула патенту України на корисну модель 10461 «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід» містить перелік операцій, який в певній мірі стосується виноробства: спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнена маса після бланшування в режимі її транспортування подається на сатурацію під тиском 0,3–0,5 МПа з наступним різким зменшенням тиску до атмосферного в приймальному буферному резервуарі перед пресуванням.

Автори такої новачки вбачали наступний причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками та технічним результатом. При сатурації подрібненої маси під тиском 0,3–0,5 МПа відбувається насичення клітин плодів, ягід та овочів рівно як і рідинної фракції сатуруючим газом з загальним підвищенням тиску. За подальшого різкого скидання тиску до атмосферного в приймальному бункері-резервуарі перед пресуванням відбувається повне руйнування оболонок клітин, що приводить до підвищення виходу соку з біологічної сировини та прискорення перебігу часу.

Запропонована ідея впливу на оброблюване середовище передбачає надання йому додаткового енергетичного потенціалу за рахунок насичення, наприклад, діоксидом вуглецю. Очевидно, що при цьому маємо два відмінні етапи. Під час сатурації відбувається насичення на CO_2 всіх вологовмістких структур практично без змін їх об'ємів. При цьому кількість поглиненого діоксиду вуглецю визначається відповідно до закону Генрі:

$$c_n = kP, \quad (1)$$

де c_n — рівень насичення середовища газовою фазою, кг/м³; k — константа Генрі, кг/(м³×Па); P — парціальний тиск газової фази, Па.

Константа Генрі відображає сукупність фізичних і хімічних властивостей розчинника і розчинюваної речовини і особливістю їх взаємодії є різке зростання розчинності зі зниженням температури (див. табл. 1).

Таблиця 1 — Залежність розчинності CO_2 від температури і тиску для різних продуктів

$t = 10^\circ\text{C}$										
$\begin{matrix} P, \text{ бар} \\ \text{CO}_2, \text{ г/л} \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пиво	2,52	5,05	7,57	10,1	12,62	15,14	17,67	20,19	22,72	25,24
Безалкогольний напій	2,38	4,76	7,14	9,52	11,9	14,28	16,66	19,04	21,42	23,8
Мінеральна вода	2,34	4,68	7,02	9,36	11,7	14,04	16,38	18,72	21,06	23,4
Ігристе вино	2,62	5,25	7,87	10,49	13,11	15,74	18,36	20,98	23,6	26,23
$t = 20^\circ\text{C}$										
$\begin{matrix} P, \text{ бар} \\ \text{CO}_2, \text{ г/л} \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пиво	1,91	3,81	5,72	7,63	9,53	11,44	13,34	15,25	17,16	19,06
Безалкогольний напій	1,81	3,63	5,44	7,25	9,07	10,88	12,7	14,51	16,32	18,14
Мінеральна вода	1,78	3,57	5,35	7,13	8,92	10,7	12,48	14,26	16,05	17,83
Ігристе вино	1,96	3,91	5,87	7,83	9,78	11,74	13,69	15,65	17,61	19,56

Продовження таблиці 1

$t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$										
$\begin{matrix} \text{Р, бар} \\ \text{CO}_2, \text{ г/л} \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пиво	1,48	2,96	4,44	5,92	7,39	8,87	10,35	11,83	13,31	14,79
Безалкогольний напій	1,42	2,84	4,26	5,67	7,09	8,51	9,93	11,35	12,77	14,18
Мінеральна вода	1,39	2,79	4,18	5,58	6,97	8,37	9,76	11,16	12,55	13,95
Ігристе вино	1,5	3	4,5	6	7,51	9,01	10,51	12,01	13,51	15,01

Очевидно, що завершенню процесу сатурації відповідає повне насичення середовища. Важливо, що час перебігу цього етапу може бути достатньо швидкоплинним або в певній мірі сповільненим. Досягнення стану термодинамічної рівноваги системи означає, що гранична насиченість досягнута і їй відповідає певний енергетичний потенціал. Останній приводиться в дію за умови різкої розгерметизації системи, яка у зв'язку з падінням тиску переходить у незрівноважений стан. Подальший плин процесу відповідає закону найбільш вірогідного стану, за якого CO_2 швидкоплинно з розчиненої форми переходить у газову і залишає середовище. Саме перехід діоксиду вуглецю у газову форму спричиняє руйнування всіх біологічних структур, у тому числі і клітинних оболонок. Очевидно, що в цьому процесі має місце повна протилежність пресуванню, оскільки в запропонованій технології співпадають напрямки силових дій, деформацій замкнених структур і перемішень утворюваних мікропотоків.

Подальший розвиток ідеї використання підвищених тисків сатурації в системах для одержання соків при переробці плодів та ягід одержав розвиток в системі для одержання дифузійного соку, на яку отримано патент України на винахід 85414 з наступною формулою: система для одержання дифузійного соку, що складається з бурякорізки, транспортної системи, ошпарювача і дифузійного апарата, яка відрізняється тим, що на ділянці між бурякорізкою і ошпарювачем послідовно встановлено сатуратор з двома шлюзовими затворами і вакуумну камеру з двома шлюзовими затворами, а об'єми вакуумної камери і сатуратора по газовій фазі з'єднані між собою магістраллю з вакуумним насосом (рис. 1).

Система для одержання дифузійного соку працює наступним чином. Бурякова стружка із бурякорізки 1 по транспортній системі 2 надходить до сатуратора 3, в якому відбувається її насичення сатураційним газом. Насичена на CO_2 бурякова стружка подається в вакуумну камеру 5, в якій сатураційний газ інтенсивно виділяється з клітин бурякової стружки, що приводить до руйнування їх оболонок. Виділений із стружки сатураційний газ по магістралі з вакуумним насосом 7 повертається в сатуратор 3, а шлюзові затвори 4 і 6 забезпечують герметизацію внутрішніх об'ємів сатуратора і вакуумної камери. Далі стружка надходить до ошпарювача 8, в якому здійснюється її теплова обробка з метою додаткового руйнування оболонок її клітин без руйнування бажаної заданої фізичної форми на користь екстракції в дифузійному апараті.

В схемі присутня логіка послідовності дій, хоча б тому, що газонасичення вологої фракції стружки доцільно здійснювати за можливої найменшої температури для одержання максимального насичення $c_{n\text{max}}$. Завдяки вакуумування значення $c_{n\text{min}}$ мінімізується. Впливи абсолютних тисків CO_2 як парціальних в загальних співвідношеннях наведено на рис. 2 для стабілізованих значень температур. Кожне значення зниження тиску на другому етапі супроводжується зниженням розчинності:

$$c_n = k(P_{\text{max}} - P_{\Delta c}) \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

Використання наведеної залежності стосовно бурякової стружки у деякій мірі ускладнено через структуру середовища і відсутність вихідних даних, але фізичній суті явища вона відповідає.

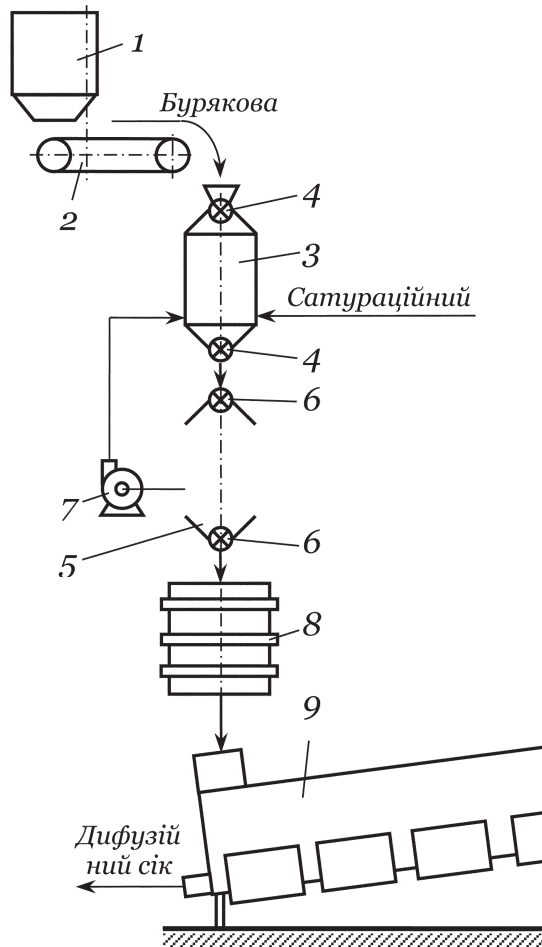


Рисунок 1 — Система для одержання дифузійного соку (патент України 85414)

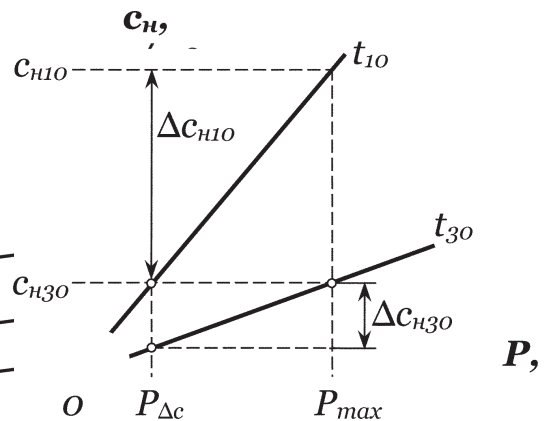


Рисунок 2 — Графіки залежностей $c_n = c_n(P)$ в умовах стабілізованих температур

Для рідинних фракцій соків, напоїв, пива, вин тощо ці показники відомі або можуть бути визначені. Швидкоплинне виділення газової фракції відображує енергетику цього процесу і залежить від кількості виділеного потоку і часу перехідного процесу. Використання термодинамічних перетворень в газонасичених середовищах можливо оцінювати у формі аналога трансформацій, які мають місце в системах, що відповідають дискретно-імпульсним технологіям, в основу яких покладено накопичення теплових енергетичних потенціалів [9].

Наведені міркування щодо можливостей розширення і нетрадиційного використання технологій різких змін тисків (ТРЗТ) в якійсь мірі були спровоковані представниками Київського заводу шампанських вин у зв'язку з проханням створити технологію з підвищеним виходом суслу без підвищення тиску пресування грон винограду. Розроблена установка повинна була відповідати мінімуму апаратурних доповнень до існуючої системи в одному з підшефних господарств на півдні України. Досліди виконувалися за участю представників Національного інституту винограду і вина «Магарач» з завершенням циклу виробництва шампанського на основі одержаних виноматеріалів. До складу установки (рис. 3) входили гребневідокремлювач 1, транспортна система 2, насос 3, ежектор-сатуратор 4, вакуумна камера 6 з шлюзовими затворами 5, прес 7 і балон з діоксидом вуглецю 8. Потік ягідно-сокової суміші насосом подавався в ежектор-сатуратор, в якому взаємодіяв з діоксидом вуглецю, що відбирався з вакуумної камери. В цій зоні і на ділянці подальшого транспортування до верхнього шлюзового затвора відбувалася інтенсивна сатурація газорідної суміші і насичення її до планового рівня. Відмітимо, що циркуляційний контур CO_2 є замкнутим, оскільки газова фракція останнього відбиралася з вакуумної камери і спрямовувалася в ежектор-сатуратор. Оброблена ягідно-сокова суміш видалялася через нижній шлюзовий затвор і передавалася на пресування.

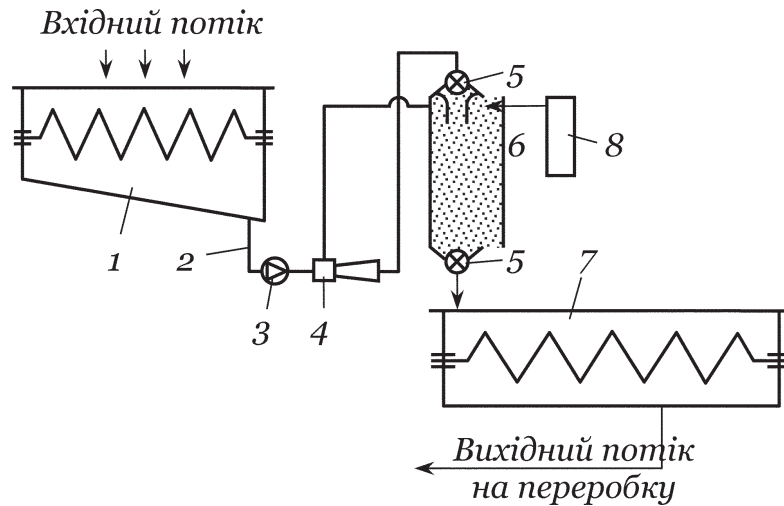


Рисунок 3 — Схема системи одержання виноградного сусла на основі ТРЗТ

Замкнутість циркуляційного контуру CO_2 гарантує відсутність втрат рідинної фракції, тоді як приріст масового потоку після проходження вакуумної камери є очікуваним. Співвідношення змін мас на вказаних етапах відображується залежністю:

$$\frac{dm_{em}}{d\tau} = \frac{dm_{nep}}{d\tau} + \frac{d(\Delta m_{em})}{d\tau}, \quad (3)$$

де $\frac{dm_{em}}{d\tau}$ — вторинний масовий потік рідинної фракції на виході з вакуумної камери, кг/с;
 $\frac{dm_{nep}}{d\tau}$ — первинний масовий потік ягідно-сокової суміші після гребеневідокремлювача, кг/с;
 $\frac{d(\Delta m_{em})}{d\tau}$ — приріст рідинного масового потоку за взаємодії у вакуумній камері, кг/с.

Умову (3) слід оцінювати на рівні першого наближення, оскільки вакуумування має подовжений фізичний вплив і під час наступних технологічних етапів: пресування і повного відділення мезги. Очевидно, що за використання традиційних технологій складова

$$\frac{d(\Delta m_{em})}{d\tau} \text{ відсутня.}$$

Загальний приріст рідинного масового потоку є наслідком енергетичного імпульсного впливу, який чиниться у внутрішньому об'ємі вакуумної камери. Такий імпульс швидкоплинного утворення і розширення газової фракції є результатом попередніх трансформацій, за яких вона стискалася і проходила етап розчинення.

Етап стискання газової фракції достатньо коректно відображується положеннями термодинаміки, які визначають співвідношення тисків, об'ємів, мас, температур і в сумі енергетичних потенціалів. Звертання до рівняння Менделєєва-Клапейрона, записане у формі газового потоку

$$P_2 V_2 = m_2 R T \quad (4)$$

за відомого значення масового потоку CO_2 , що переноситься рідинною фракцією і за фіксованого тиску P , дозволяє продовжити розробку методики розрахунків системи. Оскільки енергетичний імпульс створюється частиною газової фракції, що переноситься рідинним потоком, то масовий потік цієї частини складає:

$$m_{pid} = k P V_{pid}, \text{ кг/с} \quad (5)$$

де V_{pid} — об'ємний потік рідинної фракції, $\text{м}^3/\text{с}$.

Значення константи Генрі є стабілізованим, об'ємний потік рідинної фракції визначається виробничими умовами, а тому фактором регулювання впливу на систему залишається тиск CO_2 в системі контуру.

За наявного значення масового потоку CO_2 на рівні m_{pid} досягається можливість визначення його потужності:

$$N = kP_{\text{pid}}VRT, \text{ Вт} \quad (6)$$

і об'ємного потоку, задіяного в енергетичному імпульсі:

$$V_{\text{з.р.}} = kV_{\text{pid}}RT, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

де $R = 189,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{К})$ — газова стала діоксиду вуглецю; $V_{\text{з.р.}}$ — об'ємний потік газової фракції, що відповідає масовому потоку m_{pid} .

Для подальших міркувань звернемося до аналізу таблиці, що відображує розчинність CO_2 в різних середовищах. Залежність значень c_n в них представлена у формі функції температури і тиску і залежність $c_n = c_n(P)$ є лінійною, а кожний стовпчик за значення $P = 1$ бар відповідає величині константи Генрі k . Це означає, що за використання різних розмірностей тиску добуток kP у формулах (5) і (6) відповідає величині c_n з розмірністю $\text{кг}/\text{м}^3$.

У підрахунках значень потужності за умовою (6) виберемо значення параметрів $V_{\text{pid}} = 0,0003 \text{ м}^3/\text{с}$, $T = 283, 298, 303 \text{ К}$. Тоді відповідно маємо за $P = 5$ бар для вина:

$$N_{10\cdot} = 13,11 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 283 = 210,2 \text{ Вт};$$

$$N_{20\cdot} = 9,78 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 293 = 162,5 \text{ Вт};$$

$$N_{30\cdot} = 7,51 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 303 = 129,0 \text{ Вт}.$$

Одержані результати зниження енергетичних імпульсів є реакцією системи у формі зниження розчинності CO_2 у зв'язку з підвищенням температури оброблюваних середовищ. За вказаного значення $V_{\text{pid}} = 0,0003 \text{ м}^3/\text{с}$ годинна продуктивність системи складе:

$$M_{\text{pid}} = 3600 \cdot V_{\text{pid}} = 3600 \cdot 0,0003 = 1,1 \text{ м}^3 / \text{год.},$$

а загальні енергетичні впливи для вказаних випадків відповідають значенням:

$$E_{10\cdot} = 3600 \cdot N_{10\cdot} = 756720 \text{ Дж} = 756,2 \text{ кДж};$$

$$E_{20\cdot} = 3600 \cdot N_{20\cdot} = 584,9 \text{ кДж};$$

$$E_{30\cdot} = 3600 \cdot N_{30\cdot} = 464,5 \text{ кДж}.$$

Перехід до тисків $P = 10$ бар за інших рівних умов приводить до значень:

$$N_{10\cdot} = 26,23 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 283 = 420,9 \text{ Вт};$$

$$N_{20\cdot} = 99,56 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 293 = 336,0 \text{ Вт};$$

$$N_{30\cdot} = 15,1 \cdot 0,0003 \cdot 189 \cdot 303 = 257,9 \text{ Вт}.$$

Загальні енергетичні впливи за одну годину роботи становлять:

$$E_{10\cdot} = 1515,2 \text{ кДж};$$

$$E_{20\cdot} = 1209,7 \text{ кДж};$$

$$E_{30\cdot} = 928,3 \text{ кДж}.$$

Наведені енергетичні показники мають теоретичне завищення у зв'язку з тим, що повна десорбція газової фракції не відбувається і залежить у тому числі від остаточного тиску у вакуумній камері. Однак навіть в представлених значеннях технологія обробки ягідно-сокової суміші заслуговує на увагу.

Інший наслідок сатурації середовища пов'язаний з обмеженням негативних впливів розчиненого кисню, який вступає у контакт з суслом відразу після подрібнення і стає ка-

талізатором активності природних ферментів. Останні, як відомо, окислюють молекули фенольних речовин до рівня хінонів з утворенням коричневих полімерів у суслі та вині. Подальші їх перетворення характеризуються значною розгалуженістю, тому кисень є небажаною складовою, у зв'язку з чим технології з обмеженим контактуванням середовищ з повітрям знаходяться у процесі розвитку. Очевидно, що запропонована технологія сатурації-десатурації має обмежувальні впливи на концентрацію розчиненого кисню. Налаштування системи може бути здійснено таким чином, щоб мінімізувати присутність O_2 і забезпечити номінальну концентрацію CO_2 на наступних етапах.

Висновки. Виконаний аналіз технологій, пов'язаних з одержанням соків та напоїв показав можливість інтенсифікації і збільшення виходу соку з плодів ягід, фруктів і овочів за рахунок переведення оброблюваних середовищ до термодинамічно незрівноважених станів, за яких створюються фазові переходи або аналоги фазових переходів.

Фазові переходи супроводжують дискретно-імпульсні технології, фізичним підґрунтям яких є різниця температур середовищ в перегрітому стані і в стані рівноваги за зниженим тиском. Генеровані енергетичні імпульси в таких адіабатних переходах супроводжуються генеруванням парової фракції з фізичною дією на всі складові оброблюваних середовищ. Переведення останніх до незрівноважених станів здійснюється різким зниженням тисків від значень, більших за атмосферний, до атмосферних або від значень атмосферних до більш низьких за рахунок вакуумування.

У запропонованій технології аналога фазових переходів у виробництві виноматеріалів пропонується поєднання двох факторів переведення середовищ до незрівноважених станів за рахунок їх сатурації в умовах підвищених тисків і десатурації вакуумуванням неперервних потоків.

Теоретична частина реалізації запропонованої технології підтверджена лабораторними дослідженнями і стосується підвищення виходу цільової продукції та обмеження вмісту розчиненого кисню в одержаних виноматеріалах.

Список літератури

1. Цимбалюк К. А. Виноградарсько-виноробна галузь — стан та проблемні питання розвитку в Україні. *Інтелект XXI*. 2018. №1. С. 145—150.
2. Бoremський А. С. Проблемні питання розвитку виноградно-виноробної галузі України і шляхи їх вирішення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2014. Т. 20. № 3. С. 71—75.
3. Попова М. М. Сучасний стан виноградарства і виноробства України та роль її окремих регіонів у розвитку галузі. *Бізнес Інформ*. 2014. № 7. С. 136—142.
4. Виноробна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2019. 182 с. URL : <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/29952/1/vino.pdf>.
5. Герус Л. В., Ковальова І. А. Оцінка та створення нового вихідного матеріалу для селекції на посухостійкість. *Виноградарство і виноробство*. 2016. № 53. С. 67—73.
6. Воєвода Н. В., Шинкарук М. В., Панасенко М. М. Перспективи використання нових сортів винограду у виробництві вин в умовах фермерського (селянського) господарства «Курінь». *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. Том 31 (70). № 5. С. 178—183. doi : <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/29>.
7. Виноградов В. А. Об использовании вибрации для интенсификации суслоотделения. *Магарах. Виноградарство и виноделие*. 2014. № 1. С. 25—26.
8. Виноградов В. А., Загоруйко В. А., Сильвестров А. В. Выбор дозы газа при флотационном осветлении виноградного сусла. *Магарах. Виноградарство и виноделие*. 2006. №—3. С. 38—40.
9. Соколенко А. І. та ін. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів в харчових технологіях : монографія / під ред. д-ра техн. наук, проф. А. І. Соколенка. Київ : Фенікс, 2011. 536 с.

References

1. Tsymbaliuk, K. (2018). *Vinogradarsko-vinorobna galuz — stan ta problemni pitannya rozvytku v Ukrayini* [Viticulture industry — state and development issues in Ukraine]. *Intelekt XXI* [Intellect XXI], no.1, pp. 145–150.
2. Boremskiy, A. S. (2014). *Problemni pitannya rozvytku vinogradno-vinorobnoyi galuzi Ukrayini I shlyahi yih virishennya* [Problematic issues of development of the grape and wine industry of Ukraine and ways to solve them]. *Naukovi pratsi Natsionalnogo universitetu harchovih tehnologiy* [Scientific works of the National University of Food Technologies], no. 3 (20), pp. 71–75.
3. Popova, M. M. (2014). *Suchasniy stan vinogradarstva i vinorobstva Ukrayini ta rol yiyi okremih regioniv u rozvytku galuzi* [The current state of viticulture and winemaking in Ukraine and the role of its individual regions in the development of the industry]. *Biznes Inform* [Business Inform], no. 7, pp. 136–142.
4. Olabodi O. V. (2019). *Vinorobna promislovist: traditsiyi ta innovatsiyi. Vitchiznyaniy ta svitoviy dosvid* [Wine industry: traditions and innovations. Domestic and world experience]. 182 p. Retrieved from <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/29952/1/vino.pdf>.
5. Gerus, L. V., Kovalova, I. A. (2016). *Otsinka ta stvorennnya novogo vihidnogo materialu dlya selektsiyi na posuhostiykist* [Evaluation and creation of a new source material for selection for drought resistance]. *Vinogradarstvo i vinorobstvo* [Viticulture and winemaking], no. 53, pp. 67–73.
6. Voievoda, N. V., Shinkaruk, M. V., Panasenko, M. M. (2020). *Perspektivi vikoristannya novih sortiv vinogradu u virobnitstvi vin v umovah fermerskogo (selyanskogo) gospodarstva «Kurin»*. [Prospects of use of grape new varieties in wine production in the conditions of farm (agricultural) household “Kurin”], *Vcheni zapiski TNU imeni V. I. Vernadskogo. Seriya: tehnichni nauki* [Scientific notes of TNU named after V. I. Vernadsky. Series: technical sciences], vol. 31 (70), no. 5, pp. 178–183. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/29>.
7. Vinogradov, V. A. (2004). *Ob ispolzovanii vibratsii dlya intensifikatsii suslootdeleniya* [On the use of vibration to intensify wort separation]. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie* [Magarach. Viticulture and winemaking], no. 1, pp. 25–26.
8. Vinogradov, V. A., Zagoruyko, V. A., Silvestrov, A.V. (2006). *Vyibor dozyi gaza pri flotatsionnom osvetlenii vinogradnogo susla* [Selection of gas dose during flotation clarification of grape must], *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie* [Magarach. Viticulture and winemaking], no. 3, pp. 38–40.
9. Sokolenko, A. I. (2011). *Intensifikatsiya teplomasoobminnih protsesiv v harchovih tehnologiyah* [Intensification of heat and mass transfer processes in food technologies]. Kyiv, Phoenix Publ., 536 p.

Objective is to give a scientific substantiation of the peculiarities of wine production to increase the yield of wort and intensify the processes of their flow based on the preservation of known classical components of grape crushing with separation of ridges, pulp and separation of pulp from wort. Investigate the technological feasibility of using pressing, filtration, etc., the physical basis of which is the transfer of media into an unbalanced thermodynamic state.

Methods. The following was used for research: in-depth analysis of thermodynamic ratios of gas-liquid systems and artificial transfer of media to equilibrium states with potentials of rapid desaturation of dissolved gas fraction.

Results. The positive effect of saturation of the crushed mass under a pressure of 0.3–0.5 MPa at saturation of cells of fruits, berries and vegetables as well as the liquid fraction with saturating gas with a general increase in pressure.

The physical basis of thermodynamic transitions based on the laws of Henry and Mendeleev-Clapeyron solubility is considered, with the representation of the dependences of material fluxes during their transformations and proposals for determining capacities and energy potentials under impulse influences during berry-juice flow through a vacuum chamber.

The effect of a sharp drop in atmospheric pressure in the receiving hopper-tank before pressing, which leads to the complete destruction of cell membranes and to increase the yield of juice from biological raw materials and accelerate the passage of time.

The hardware support of technologies with an estimation of prospects of their expanded use where reception of grape must on the basis of TRZT is reached by double potential of power influence, at the expense of the raised pressures and at the expense of vacuuming is offered.

Information on the solubility of CO₂ in different media is given.

Key words: wine material, intensification, wort yield, unbalanced thermodynamic state, solubility, carbon dioxide, oxygen.

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-43-2-110-121

УДК 64.951.3:(681.5:664.8.039.4)(045)

Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор

Никифоров Р. П., канд. техн. наук, доцент

Коренець Ю. М., старший викладач

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОГО КОПЧЕННЯ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОБОТОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

UDC 664.951.3:(681.5:664.8.039.4)(045)

*Khorolskiy V. P., Grand PhD of Engineering Science,
Professor*

*Nykyforov R. P., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor*

Korenets Yu. M., Senior Lecturer

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

IMPROVEMENT OF THE HOT SMOKING OF FISH PRODUCTS USING THE INTELLIGENT WORKING AND TECHNOLOGICAL COMPLEX

Мета. Метою статті є підвищення якості готової продукції шляхом використання інтелектуальних технологій прогнозування оперативному персоналу робочих параметрів гарячого копчення рибної продукції в темні з процесом та розробка інтелектуального робототехнологічного комплексу з імпульсними ультразвуковими інтенсифікаторами процесу дифузії компонентів коптільного диму.

Методи. У статті використані експертні методи досліджень, методи імітаційного моделювання і експериментальних досліджень, які виконані на натурних об'єктах у виробничих умовах. З метою побудови бази знань і бази даних використано методологію системного підходу. Дослідження робочих характеристик копчення рибних продуктів з метою їх прогнозування оператору за допомогою штучних інтелектуальних мереж проводили на експериментальній установці, яка включає: коптільну камеру з генератором диму і системою контролю параметрів CO₂ диму, контур рециркуляції, вентилятор, автоматизовані системи регулювання температури, вологості та швидкості коптільного диму, засоби вимірювання і регулювання технологічних параметрів. З метою контролю та інтелектуального керування інтенсифікацією гарячого копчення в умовах впливу імпульсних ультразвукових коливань на продукт контролювали і вивчали дифузійні явища; дослідили раціональну довжину ультразвукової хвилі та час гарячого копчення; оцінювали параметри CO₂ коптільного диму та органолептичні показники готового продукту.

Надійшла до редакції 08.11.2021 р.

© В. П. Хорольський, Р. П. Никифоров,
Ю. М. Коренець, 2021