

РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТУВАННЯ НАТУРАЛЬНИХ СОКІВ

Н. В. РОГОВА, кандидат технічних наук, доцент;
Л. І. КУЦЬ, старший викладач
(Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»)

Анотація. Мета статті полягає в розробці нових видів натуральних купажованих соків на основі ферментованого березового соку. Для визначення тривалості ферментування (τ) березового соку, за якого можна забезпечити необхідну титровану кислотність березового соку за рахунок накопичення молочної кислоти, залежно від початкової концентрації цукрів c_0 необхідно дослідити закономірності процесу ферментування. Ураховуючи описаний характер закономірностей кінетики накопичування молочної кислоти, можна рекомендувати як раціональну тривалість процесу ферментування у 4 доби. За такої тривалості досягається достатньо високий ступінь накопичення молочної кислоти. Подальше ж збільшення тривалості призводить до значного уповільнення процесу ферментації, що не є раціональним. Аналізуючи отримані результати, слід зазначити, що навіть після термічної обробки та зберігання розроблені види соків мають значну мікробіцидну активність, знижуючи кількість мікроорганізмів досліджуваних штамів у 30 і більше разів.

Ключові слова: соки, натуральні соки, технологія переробки сировини, консервування, концентровані (згущені), висушені рослинні соки, пігментовані соки, купажовані соки, ферментація.

Постановка проблеми в загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями. Сучасним напрямом здорового харчування, очищення організму, профілактики та лікування хвороб є метод *сокотерапії*. Нині накопичений досвід оздоровлення людини за допомогою сирих рослинних соків.

Соки (лат. *Succus* – сік) – одна з найбільш повноцінних та ефективних профілактичних і лікувальних рідких пероральних лікарських форм, до складу якої входять натуральні соки з додаванням або без додавання лікарських речовин.

Доведено, що вони містять у незмінному вигляді та в оптимальній кількості корисні для організму речовини (вітаміни, легкозасвоювані органічні мінерали, мікроелементи, ензими, природні цукри, лужні метали, натуральні лікарські речовини, рослинні гормони, антибіотики тощо) [1].

Середньостатистичний українець споживає близько восьми літрів соків на рік, тоді як ро-

сіянин – 12, європейець – 30, а американець – 60 літрів.

Український ринок соків і сокових напоїв в останні роки динамічно розвивався. Об'єм виробництва щорічно зростає на 10–40 %, а експорт збільшується в середньому на 45 % [2].

В Україні в 2019 р. споживання соків, морсів, компотів і подібних напоїв зросло. Обсяги збільшувалися з кожним роком на 15–20 % після кризи 2014–2015 рр. Грошове вираження зростання ще більше, і пов'язано це з процесами інфляції в країні. Однак ці показники все ще не дотягують до показників споживання продукту на людину в європейських країнах.

У 2019 р. продажі соків виросли на 21 % (рис. 1) порівняно з попереднім роком у грошовому вираженні, в цілому ринок відновлюється та зростає після кризи. За експертними оцінками зростання продажів у натуральному вираженні знижується, однак у грошовому вираженні спостерігається позитивна динаміка, що пов'язано з підвищенням цін на продукцію.

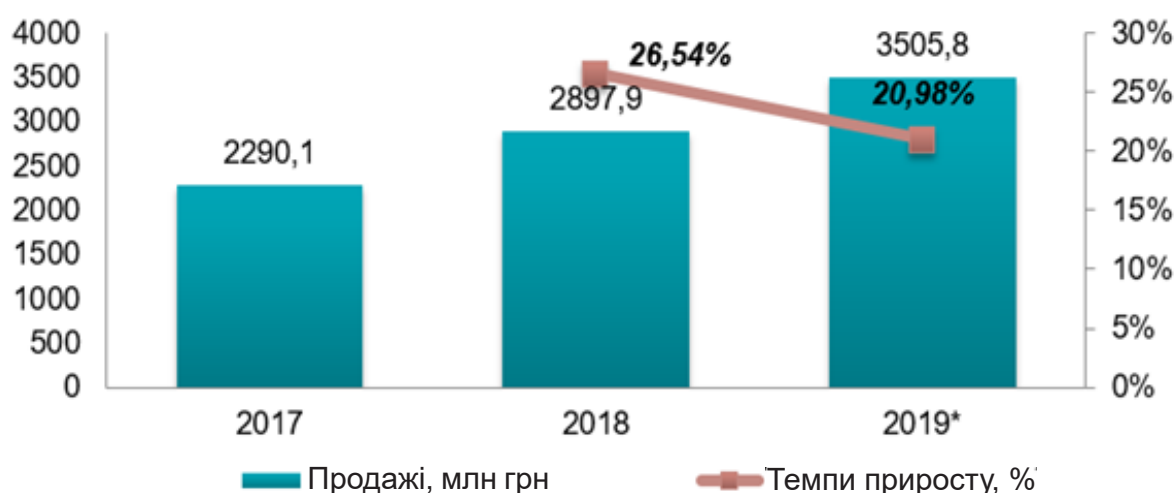


Рис. 1. Обсяги продажів соків в Україні в 2017–2019 рр., у грошовому вираженні, млн грн (Джерело: за даними Державної служби статистики України; оцінка Pro-Consultig) [2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Під час дослідження питання з'ясовано, що для вітчизняних виробників соків і сокових напоїв існує значний потенціал, використання якого обмежується такими чинниками; низький рівень купівельної спроможності українських споживачів, зростання рівня конкурентної боротьби на цьому сегменті товарного ринку, сучасні технології заготівлі сировини для виробництва березового соку з підвищеним терміном її збереження, обґрунтування рекомендацій щодо виробництва нових видів натуральних купажованих соків на основі ферментованого березового соку, оскільки переробна промисловість до останнього часу використовувала для консервування виключно свіжовироблений березовий сік. При цьому термін його зберігання до переробки надзвичайно обмежений, оскільки за високих температур він може спонтанно зброджуватися навіть під час транспортування. На превеликий жаль, цілющий продукт берези зберігається лише 3–4 дні.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає в розробці нових видів натуральних купажованих соків на основі ферментованого березового соку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рослинні соки постачають енергію у вигляді біофотонів, нормалізують функції організму та спонукають його до самовідновлення та вироблення антитіл проти вірусів, під час

захворювань та застуд сприяють нормалізації біохімічного, кислотного-лужного балансу крові та тканин, запобігають передчасному старінню. Рослинні соки, або фітосоки (лат. phyto – рослина, succus – сік) – сукупність клітинного та позаклітинного соку свіжих рослинних органів, що виділяється вільно (див. *Нектар, Пасока, Слизи, Смоли та бальзами*) або внаслідок ушкоджень рослинного тіла (див. *Падь, Латекс, камеді*), або вичавлюється штучно.

Зі свіжої рослинної сировини (плодів, ягід, овочів, трави, листя, квіток) пресуванням під високим тиском отримують натуральний сік, без додавання цукру, кислот, штучних барвників, ароматизаторів і консервантів. Вони найбільш корисні та набагато ефективніші для організму, оскільки утворюються й проходять біологічний цикл у рослинній клітині, яка має багато спільного з клітинами тварин і людей. Такі соки легко та швидко (за 10–15 хв) засвоюються організмом людини, повністю використовуються для живлення крові, регенерації, оздоровлення тканин, очищення організму та його насичення поживними речовинами.

Натуральні соки майже не викликають побічних ефектів, алергічних реакцій, не кумулюються в організмі, діють повільно, містять нативні БАР, виявляють найбільшу ферментну, вітамінну та фітонцидну активність. У разі сушіння, екстрагування та зберігання рослинної сировини БАР зазнають певних змін під впливом ферментативних процесів та інших чинників.

Із натуральних соків отримують *соки*:

– *консервовані (стабілізовані)* за допомогою оброблення хлорбутанолгідратом, спиртом етиловим чи лимонною кислотою;

– *концентровані (згущені) соки* отримують зі свіжого рослинного матеріалу у вакуум-випарювальних апаратах;

– *висушені рослинні соки* отримують методом сублімації до залишкової вологості 2–3 %. Вони більш стабільні, позбавлені баластних речовин і використовуються для швидкого та легкого приготування ліків;

– *пігментовані соки* містять, крім активних метаболітів, органічні барвні речовини (див. *Пігменти рослин*).

З лікувальною метою соки використовуються тільки дозовано, під контролем лікаря-фітотерапевта.

Одним із популярних охолоджувальних і дієтичних напоїв визнається соколиця – березовий сік, або сльози берези (див. *Пасока*) [3].

Зі стародавніх літописів відомо, що збирання березового соку (соковиці) проводилося ще у княжу добу. Не забутий цей промисел і в наші часи.

Березовий сік – популярний охолоджувальний та дієтичний напій, який споживають не тільки люди, а й бджоли, що підвищує якість меду.

Фармакологічні властивості березового соку полягають у здатності розчинення сечових камінців, здебільшого фосфатного та карбонатного походження.

Вважається, що він оздоровлює кров, активізує обмін речовин, зміцнює нервову систему, діє як сечогінний засіб. Тривале вживання сприяє видаленню ниркових каменів. Використовують його як вітамінний, протисклеротичний, глистогінний та зміцнювальний засіб. Березовий сік корисний при цинзі, подагрі та ревматизмі, хворобах нирок, печінки та шлунково-кишкового тракту. Його можна пити хворим на цукровий діабет, але без додавання цукру [4].

Щорічно в Україні заготовляють більше 5 млн л березового соку. Переробна промисловість до останнього часу використовувала для консервування виключно свіжовироблений березовий сік. При цьому термін його зберігання до переробки надзвичайно обмежений, оскільки за високих температур він може спонтанно зброджуватися навіть під час транспортуван-

ня. На жаль, цілющий продукт берези зберігається лише 3–4 дні.

Соки виготовляються за технологією, що застосовується в консервній галузі для виробництва купажованих соків. Ферментований березовий сік змішується з підготовленими соками та цукром згідно з рецептурою і підігривається до 35–40 °С. Готові консерви направляють на зберігання на складі.

Для визначення тривалості ферментування (τ) березового соку, за якого можна забезпечити необхідну титровану кислотність березового соку за рахунок накопичення молочної кислоти, залежно від початкової концентрації цукрів c_0 необхідно дослідити закономірності процесу ферментування.

Відомо, що кінетика процесу ферментування залежить від багатьох чинників. Найважливішими з них є початкова концентрація цукрів c_0 і тривалість процесу ферментування τ . Для зменшення енерговитрат на процес ферментування його бажано проводити без нагрівання соку, за кімнатної температури.

З літературних даних [5, 6] відомо, що кінетика більшості біохімічних процесів має суттєву нелінійність за тривалістю та може бути описана різними математичними моделями, до складу яких входить ряд кінетичних коефіцієнтів, що визначаються за експериментальними даними.

З урахуванням зазначеного вище, був складений план дослідів за показниками (табл. 1). У цій же таблиці наведено результати експериментального визначення титрованої кислотності ферментованого березового соку.

Отримані експериментальні дані були апроксимовані кінетичним рівнянням, близьким до відомої математичної моделі Мозера [5]:

$$T = T_m c_0^a \frac{\tau^n}{k_s + \tau^n}, \quad (1)$$

де T – титрована кислотність, %;

T_m – максимальне значення титрованої кислотності, яке може бути досягнуте в кінці процесу ферментування, %.

c_0 – початкова концентрація цукрів у березовому соці, %;

τ – тривалість ферментування, год;

a, k_s, n – кінетичні коефіцієнти, що визначаються за експериментальними даними;

Таблиця 1

**План дослідів і результати дослідження кінетики
процесу ферментування березового соку**

| Номер дослідів | Умови дослідів | | Титрована кислотність, % | | Відносна похибка, % |
|----------------|----------------|--------|--------------------------|------------|---------------------|
| | С, % | τ, год | експеримент | розрахунок | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1,4 | 0 | 0,00 | 0,00 | – |
| 2 | 1,4 | 1 | 0,12 | 0,13 | 5,45 |
| 3 | 1,4 | 2 | 0,48 | 0,49 | 1,93 |
| 4 | 1,4 | 3 | 0,78 | 0,84 | 7,10 |
| 5 | 1,4 | 4 | 1,09 | 1,06 | 2,55 |
| 6 | 1,4 | 5 | 1,25 | 1,20 | 4,21 |
| 7 | 1,4 | 6 | 1,26 | 1,28 | 1,48 |
| 8 | 0,9 | 0 | 0,00 | 0,00 | – |
| 9 | 0,9 | 1 | 0,10 | 0,09 | 9,33 |
| 10 | 0,9 | 2 | 0,38 | 0,35 | 7,75 |
| 11 | 0,9 | 3 | 0,60 | 0,60 | 0,24 |
| 12 | 0,9 | 4 | 0,75 | 0,76 | 1,48 |
| 13 | 0,9 | 5 | 0,84 | 0,86 | 2,14 |
| 14 | 0,9 | 6 | 0,90 | 0,92 | 1,80 |
| 15 | 0,4 | 0 | 0,00 | 0,00 | - |
| 16 | 0,4 | 1 | 0,05 | 0,05 | 1,64 |
| 17 | 0,4 | 2 | 0,21 | 0,19 | 9,45 |
| 18 | 0,4 | 3 | 0,34 | 0,32 | 4,51 |
| 19 | 0,4 | 4 | 0,44 | 0,41 | 6,18 |
| 20 | 0,4 | 5 | 0,45 | 0,47 | 3,42 |
| 21 | 0,4 | 6 | 0,49 | 0,50 | 1,42 |

Вказані вище кінетичні коефіцієнти a , k_s , n , що входять до кінетичного рівняння (1), були визначені нами за експериментальними даними методом найменших квадратів [5, 6], з урахуванням яких кінетичне рівняння набуло такого вигляду:

$$T = 1,131c_0^{0,754} \frac{\tau^{2,410}}{10,521 + \tau^{2,410}}. \quad (2)$$

Розрахунки були проведені в середовищі табличного процесора MS Excel з використанням процедури «Пошук рішень».

Розрахунки титрованої кислотності, проведені за одержаним рівнянням кінетики, показали хорошу наближеність до експериментальних значень, величина відносної похибки знаходиться у межах 0,24...9,45 %, що цілком прийнятно для математичного опису біохімічних процесів.

Геометрична інтерпретація залежності титрованої кислотності ферментованого березового соку від концентрації цукру та тривалості процесу ферментування, отримана за рівнянням (2), наведена на рис. 2.

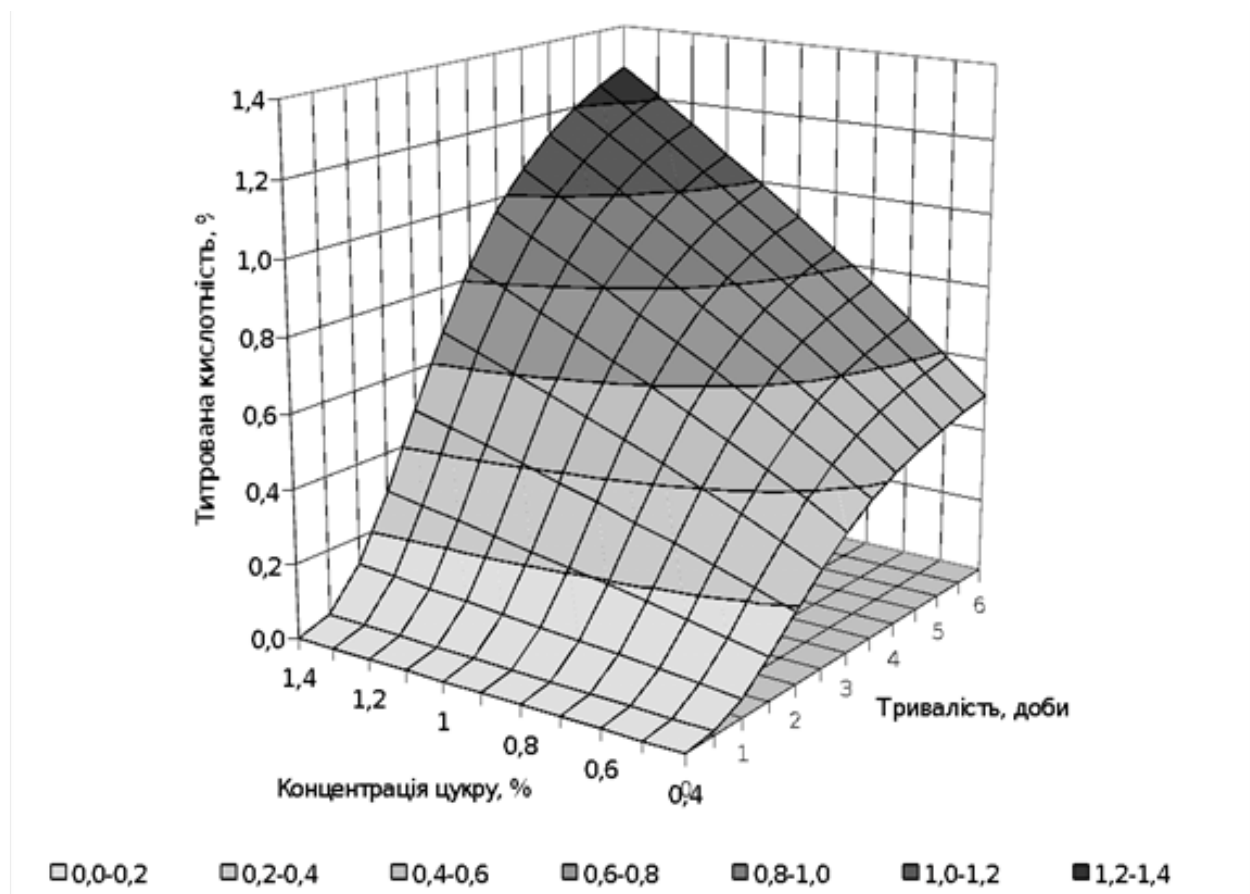


Рис. 2. Залежність титрованої кислотності ферментованого березового соку від концентрації цукру та тривалості процесу ферментування

З рис. 2 наочно видно, що залежність титрованої кислотності ферментованого березового соку від тривалості процесу ферментування має s-подібний характер, притаманний більшості ферментаційних процесів: на початку ферментування швидкість процесу дуже низька, в середній стадії вона стрімко зростає, а в кінці ферментування – суттєво уповільнюється. Видно також, що зі збільшенням початкової концентрації цукрів c_0 процес ферментування перебігає швидше та впродовж однакової тривалості процесу титрована кислотність суттєво зростає.

Залежність титрованої кислотності ферментованого березового соку від початкової концентрації цукрів c_0 незалежно від тривалості ферментування має лінійний прямопропорційний характер. Однак можна відмітити, що швидкість накопичування молочної кислоти в процесі ферментування в залежності від початкової концентрації цукрів c_0 також різна на різних етапах процесу: дуже низька на по-

чатку ферментування, більша в середній стадії та досягає найбільших значень в кінці ферментування.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Ураховуючи описаний характер закономірностей кінетики накопичування молочної кислоти, можна рекомендувати як раціональну тривалість процесу ферментування у 4 доби. За такої тривалості досягається достатньо високий ступінь накопичення молочної кислоти. Подальше ж збільшення тривалості призводить до значного уповільнення процесу ферментації, що не є раціональним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник І. В. Тенденції розвитку українського ринку соків [Електронний ресурс] / І. В. Мельник. – Режим доступу: <http://>

- magazine.faaf.org.ua/tendencii-rozvitku-ukrainskogo-rinku-sokiv.html (дата звернення: 02.11.2020). – Назва з екрана.
2. Дослідження ринку соків в Україні – прогнози на 2020 р. і ретроспектива. Компанія Pro-Consulting [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-sokov-v-ukraine-prognozy-na-2020g-i-retrospektiva> (дата звернення: 02.11.2020). – Назва з екрана.
 3. Фармакологічна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/576/soki> (дата звернення: 10.11.2020). – Назва з екрана.
 4. Кожухар В. В. Нові види натуральних купажованих соків на основі ферментованого березового соку [Електронний ресурс] / В. В. Кожухар. – Режим доступу: <http://www.harchovyk.com/content/detail/194> (дата звернення: 29.10.2020). – Назва з екрана.
 5. Rogova N. V. Manufacture technology of fermented birch sap and new combined products based / Rogova N. V., Volodko O. V. // Actual problems of the world today: Materials of collective monograph. – London, 2019. – P. 252–267.
 6. Рогова Н. В. Дослідження біологічної активності ферментованого березового соку / Н. В. Рогова, В. В. Кожухар, Л. М. Пилипенко, Я. Б. Паулина // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв», 2006. – Вип. 45. – С. 371–376.
 7. Рогова Н. В. Харчова біологічна цінність соків, їх дія на організм людини та значення в харчуванні / Н. В. Рогова, О. В. Володько, Я. М. Бичков, С. С. Рибак // Science and society: 9th Intern. conf. (Hamilton, Canada, 1st February, 2019). – Hamilton, 2019. – P. 95–98.
 8. Рогова Н. В. Технологія виробництва соку березового ферментованого / Н. В. Рогова, В. В. Кожухар, Л. М. Пилипенко, М. В. Кожухар // Збірник наукових праць ЛНАУ, 2006. – Вип. 68. – С. 169–173.
 9. Рогова Н. В. Вплив температури на термін ферментування і прозорість березового соку / Н. В. Рогова // Нові технології і обладнання харчових виробництв : міжвуз. наук.-практ. семінар. (19 квіт. 2018 року). – Полтава : ПУЕТ, 2018. – С. 21–23.
 10. Рогова Н. В. Мінеральний склад ферментованого березового соку та купажів на його основі / Н. В. Рогова, В. В. Кожухар, Г. М. Рибак // Зб. наук. праць ХДУХТ «Прогресивні техніки та технології харчових виробництв». – Харків, 2007. – № 5. – С. 177–184.

REFERENCES

1. Mel'nik I. V. Tendencii rozvitku Ukraïns'kogo rinku sokiv [Trends in the development of the Ukrainian juice market]. Retrieved from <http://magazine.faaf.org.ua/tendencii-rozvitku-ukrainskogo-rinku-sokiv.html>. (accessed 02 November 2020) [in Ukrainian].
2. Doslidzhennja rinku sokiv v Ukraïni – prognozi na 2020 r. i retrospektiva. Kompanija Pro-Consulting [Juice market research in Ukraine – forecasts for 2020 and retrospective. Pro-Consulting]. Retrieved from <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-sokov-v-ukraine-prognozy-na-2020g-i-retrospektiva>. (accessed 02 November 2020) [in Ukrainian].
3. Farmokologichna enciklopedija [Pharmacological encyclopedia]. Retrieved from <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/576/soki>. (accessed 10 November 2020) [in Ukrainian].
4. Kozhuhar V. V. Novi vidi natural'nih kupazhovanih sokiv na osnovi fermentovanogo berezovogo soku [New types of natural blended juices based on fermented birch sap]. Available at: <http://www.harchovyk.com/content/>

- detail/194. (accessed 29 October 2020) [in Ukrainian].
5. Rogova N. V. & Volodko O. V. (2019). Manufacture technology of fermented birch sap and new combined products based. *Actual problems of the world today : Materials of collective monograph*, London, 252–267 [in English].
 6. Rogova N. V., Kozhuhar V. V., Pilipenko L. M. & Paulina Ja. B. (2006). Doslidzhennja biologichnoї aktivnosti fermentovanogo berezovogo soku [Study of biological activity of fermented birch sap]. *Visnik HNTUSG im. P. Vasilenko «Suchasni naprjami tehnologii ta mehanizacii procesiv pererobnih i harchovih virobnictv» – Bulletin of KhNTUSG named after P. Vasilenko «Modern directions of technology and mechanization of processes of processing and food production»*, 45, 371–376 [in Ukrainian].
 7. Rogova N. V., Volodko O. V., Bichkov Ja. M. & Ribakova S. S. (2019). Harchova biologichna cinnist' sokiv, ih dija na organizm ljudini ta znachennja v harchuvanni [Nutritional biological value of juices, their effect on the human body and importance in nutrition]. *Science and society: 9th Intern. conf.* Canada, Hamilton, 95–98 [in Ukrainian].
 8. Rogova N. V., Kozhuhar V. V., Pilipenko L. M. & Kozhuhar M. V. (2006). Tehnologija virobnictva soku berezovogo fermentovanogo [Fermented birch sap production technology] *Zbirnik naukovih prac' LNAU – Collection of scientific works of LNAU*, 68, 169–173 [in Ukrainian].
 9. Rogova N. V. (2018). Vpliv temperaturi na termin fermentuvannja i prozorist' berezovogo soku [The effect of temperature on the fermentation period and transparency of birch sap]. *Novi tehnologii i obladnannja harchovih virobnictv : mizhvuz. nauk.-prakt. Semin – New technologies and equipment of food production: interuniversity. scientific-practical seeds*, Poltava: PUET, 21–23 [in Ukrainian].
 10. Rogova N. V., Kozhuhar V. V. & Ribak G. M. (2007). Mineral'nij sklad fermentovanogo berezovogo soku ta kupazhiv na jogo osnovi [Mineral composition of fermented birch sap and blends based on it]. *Zbirnik naukovih prac' HDUHT «Progresivni tehniki ta tehnologii harchovih virobnictv» – Collection of scientific works of KhDUHT «Progressive techniques and technologies of food production»*, 5, 177–184 [in Ukrainian].

Н. В. Роговая, кандидат технических наук, доцент (Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»). **Рациональные параметры процесса ферментации натуральных соков.**

Аннотация. Цель статьи заключается в разработке новых видов натуральных купажированных соков на основе ферментированного березового сока. Для определения длительности ферментирования (τ) березового сока, при котором можно обеспечить необходимую титрованную кислотность березового сока за счет накопления молочной кислоты, в зависимости от начальной концентрации сахаров c_0 необходимо исследовать закономерности процесса ферментирования. Учитывая описанный характер закономерностей кинетики накопления молочной кислоты, можно рекомендовать как рациональную длительность процесса ферментирования 4 суток. При этой длительности достигается достаточно высокая степень накопления молочной кислоты. Дальнейшее же увеличение длительности приводит к значительному замедлению процесса ферментации, которая не является рациональной. Анализируя полученные результаты, следует отметить, что даже после термической обработки и хранения разработанные виды соков имеют значительную микробоцидную активность, снижая количество микроорганизмов исследуемых штаммов в 30 и даже больше раз.

Ключевые слова: соки, натуральные соки, технология переработки сырья, консервирования, концентрированные (сгущенные), высушенные растительные соки, пигментированные соки, купажированные соки, ферментация.

N. Rogovaja, PhD, Associate Professor (Poltava University of Economics and Trade). **Rational parameters of the fermentation process of natural juices.**

Annotation. *The aim of the article consists in development of new types of natural juices on the basis of the fermented birch sap research. For determination of duration of fermentation (τ) of birch sap, at that it is possible to provide necessary acidity of birch sap due to the accumulation of suckling acid, depending on the initial concentration of sugars of c_0 it is necessary to investigate conformities to law of process of fermentation. Taking into account the described character of conformities to law of kinetics of accumulation of suckling acid it is possible to recommend as rational duration of process of fermentation in a 4 twenty-four hours. At this duration the high enough is arrived at degree of accumulation of suckling acid. The further increase of duration results in considerable deceleration of process of fermentation that is not rational. Analysing receipt results it should be noted that even after heat treatment and storage the worked out types of juices have considerable activity, reducing the amount of microorganisms of the investigated stamms in 30 and even more than times.*

Keywords: *juices, natural juices, technology of processing of raw material, canning concentrated (spissated), vegetable juices, juices, fermentation, are dried up.*